



anses

Probabilité d'introduction de *Bactrocera zonata* (mouche du pêcher) en France métropolitaine

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Octobre 2024



Connaître, évaluer, protéger

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 29 octobre 2024

AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif à « Demande d'évaluation du risque simplifiée (ERS) lié à l'introduction
de *Bactrocera zonata* pour la France métropolitaine »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux, l'évaluation des propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des aliments et, en évaluant l'impact des produits réglementés, la protection de l'environnement.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du Code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 17 janvier 2023 par la Direction générale de l'alimentation pour la réalisation de l'expertise suivante : Demande d'évaluation du risque simplifiée (ERS), risque lié à l'introduction de *Bactrocera zonata* pour la France métropolitaine.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

1.1. Contexte de la saisine

Bactrocera dorsalis, la mouche orientale des fruits, est capturée de façon répétée en Ile-de-France depuis 2019, à proximité du MIN de Rungis et de l'aéroport d'Orly. Un réseau de piégeage renforcé a permis la capture de 7 individus en 2019, 5 en 2020 et 16 en 2021. Une augmentation du nombre d'insectes piégés particulièrement marquée a été observée en 2022 avec 83 spécimens adultes capturés dans un périmètre élargi au Nord et à l'Est de la région parisienne. Par ailleurs des incursions ont été détectées ces dernières années en Occitanie (2020), en PACA (2021, nouvelle capture en octobre 2022), en Grand-Est (2022) et Auvergne-Rhône-Alpes (2022).

Bactrocera zonata, la mouche de la pêche, a été capturée pour la première fois sur le territoire métropolitain, en Ile-de-France, en 2020. Des individus adultes ont été capturés à nouveau en 2021 et 2022 dans la région francilienne, conduisant à qualifier sa présence d'incursion.

Organismes de quarantaine prioritaires classés en annexe IIA du règlement (UE) 2019/2072, *Bactrocera dorsalis* et *Bactrocera zonata* font l'objet d'une lutte obligatoire et d'un plan national d'intervention sanitaire d'urgence (PNISU), conformément au Règlement européen (UE) 2016/2031.

Dans la continuité des conclusions de l'avis de l'agence relatif à la saisine 2019-SA-0145 concernant « l'évaluation du risque lié à la capture de *Bactrocera dorsalis* à proximité du marché d'intérêt national de Rungis en France métropolitaine » et compte-tenu des captures répétées sur le territoire métropolitain, l'évaluation de la probabilité d'introduction de ces mouches paraît nécessaire pour adapter les mesures de gestion du risque.

1.2. Objet de la saisine

Dans ce contexte, l'Anses est sollicitée afin d'identifier les filières d'entrée et les zones d'établissement potentielles afin d'ajuster au mieux la surveillance au risque d'introduction. L'évaluation du risque d'introduction de chacune de ces deux mouches est demandée ainsi que l'examen des questions particulières suivantes, au travers des premières étapes d'une évaluation de risque simplifiée.

De ce fait, la demande a été scindée en deux parties, la première concerne *Bactrocera dorsalis* (saisine 2023-SA-0018) et la seconde concerne *Bactrocera zonata* (2023-SA-0034). Le présent avis concerne la saisine 2023-SA-0034 sur *B. zonata*. Les questions suivantes seront abordées dans chacune des saisines, pour chacune des mouches :

i. Analyse globale de l'organisme nuisible (cycle biologique, symptômes)

Quelles sont les conditions de survie hivernale des mouches ?

Quelles sont les capacités de vol de la mouche, afin d'ajuster la surveillance dans les zones où des captures sont réalisées ?

ii. Liste des plantes hôtes et leur répartition dans la zone d'analyse du risque phytosanitaire (zone ARP).

iii. Analyse des filières d'entrée

Quelles sont les filières d'entrée (végétaux, autres) en lien avec les points d'entrée et donc les zones et structures pour lesquelles la surveillance est à privilégier ainsi que les moyens éventuels à mettre en œuvre pour améliorer le dispositif de surveillance déjà mis en place ?

Il est demandé de tenir compte des flux de produits alimentaires susceptibles d'être infestés, notamment en fonction des volumes de produits importés par origine géographique et des périodes de pullulation des mouches dans les pays d'origine. L'analyse de la probabilité d'entrée vise à identifier les facteurs d'entrée favorisant par ailleurs l'établissement des insectes.

iv. Analyse de la probabilité d'établissement en France métropolitaine.

Compte tenu du cycle biologique des mouches, des filières et points d'entrée et des périodes d'introduction éventuelles de produits alimentaires infestés, les conditions éco-climatiques en France métropolitaine sont-elles propices à leur établissement ?

Quelles sont les zones d'établissement potentielles des deux espèces de mouches des fruits afin d'ajuster la surveillance en zone exempte des deux organismes nuisibles ?

Cette question de la probabilité d'établissement des mouches en France métropolitaine est cruciale étant donné les entrées répétées et les impacts que pourrait entraîner la qualification de foyer.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Janvier 2024) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Risques Biologiques pour la Santé des Végétaux » (RBSV). L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail « *Bactrocera* » ainsi qu'à deux rapporteurs dont un externe au groupe de travail. Les travaux ont été présentés au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le 01/02/2024 et le 30/09/2024. Ils ont été adoptés par le CES « Risques Biologiques pour la Santé des Végétaux » (RBSV) réuni le 24/09/2024.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

Le plan du rapport d'expertise collective est celui du schéma d'aide à la décision pour une analyse de risque phytosanitaire express émis par l'Organisation Européenne et Méditerranéenne de la Protection des Plantes (EPPO) (EPPO Standard PM 5/5(1)) en 2012. La conduite de l'expertise a suivi les lignes directrices de ce schéma à savoir une étape d'initiation, une étape d'évaluation du risque phytosanitaire plus particulièrement une évaluation de la probabilité d'entrée et d'établissement de *B. zonata*. L'EPPO Standard PM 5/5(1) prévoit une graduation qualitative de la probabilité d'entrée (faible, modérée, haute) associée à un niveau d'incertitude avec une graduation similaire. Compte tenu de la question posée par la saisine sur le volet « entrée », le GT a mis au point une méthode d'expertise plus élaborée pour répondre au mieux à la question posée, et classer les filières d'entrée (*i.e.* filières d'importation de fruits en provenance de pays infestés par *B. zonata*) en utilisant des données d'importation (pour les années 2020, 2021, 2022), de prévalence (soit le nombre moyen d'individus de *B. zonata* susceptibles d'être transportés par kg de fruit, estimée à partir de la littérature scientifique) et des données d'interceptions de *B. zonata* aux postes de contrôles frontaliers français (identification morphologique ou moléculaire réalisée par le laboratoire de référence national depuis 2010). Pour le volet « établissement » et afin de répondre à la question posée qui vise l'identification des zones d'établissement potentielles de *B. zonata*, le GT a jugé nécessaire de développer un nouveau modèle bioclimatique afin d'estimer de la manière la plus précise possible le risque d'établissement actuel et futur de cette espèce en France métropolitaine. Le GT a ainsi adopté une approche corrélative de modélisation d'aire de répartition d'espèces.

Le GT a mené deux auditions : (i) O. Rousselle et P. Farigoule (DGAI ; le 07/06/2023) pour recueillir des éléments relatifs au dispositif de surveillance en cours dans le cadre de la

Surveillance Officielle des organismes Réglementés et Emergents (SORE); (ii) R. Mouttet (LSV – Unité entomologie et botanique, Anses ; le 19/06/2023) pour recueillir des éléments relatifs au diagnostic de *B. zonata*.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES ET DU GT

3.1. Vue d'ensemble de l'organisme nuisible

Bactrocera zonata (Saunders) (Tephritidae, Diptères) est une espèce d'origine asiatique répandue sur le sous-continent indien et en Asie du Sud-Est. Elle est également présente au Moyen-Orient et dans la péninsule arabique. Elle a été introduite en Afrique où sa répartition se limite actuellement à quelques pays du nord-est de l'Afrique continentale (Égypte, Libye, Soudan), ainsi qu'à l'île Maurice et à La Réunion, dans le Sud-Ouest de l'océan Indien.

B. zonata est une espèce polyphage signalée sur une cinquantaine de plantes hôtes cultivées et sauvages appartenant à plus de 20 familles telles que des arbres fruitiers (*Mangifera indica*, espèces des genres Citrus, Prunus, ...), des légumes de la famille des Cucurbitacées et des Solanacées. Une liste complète et actualisée a été construite par le GT et figure dans le rapport.

B. zonata est une espèce multivoltine sans diapause qui, en fonction des conditions climatiques et de la disponibilité des hôtes, réalise généralement plusieurs générations par an. La femelle pond des œufs sous la peau du fruit hôte grâce à un ovipositeur. Trois stades larvaires se développent à l'intérieur du fruit, se nourrissant des tissus végétaux. Une fois mature, la larve du troisième stade quitte le fruit, pénètre dans le sol et se transforme en puppe. La mouche adulte émerge de la puppe. Les piqûres de ponte de *B. zonata* sont souvent visibles sur la peau des fruits attaqués. La ponte provoque des cicatrices brunâtres à la surface du fruit. Les larves du premier stade se développent à l'intérieur du fruit, près du site de ponte, ce qui peut ramollir la zone autour de la piqûre. Les stades larvaires 2 et 3 pénètrent généralement plus profondément dans la pulpe du fruit, causant la plupart des dégâts, qui peuvent ensuite conduire à une chute prématurée du fruit.

Bien que les informations relatives à la capacité de vol de *B. zonata* soient rares, cette espèce est citée comme ayant de grandes capacités de dissémination. Celle-ci serait principalement le résultat du vent, mais s'explique aussi en partie par les capacités de vols des adultes. Sur base d'une expérimentation menée au laboratoire pendant deux heures, la capacité de vol de *B. zonata* sur cette durée est de 700 à 2700 m. En conditions réelles, celle-ci est probablement favorisée par le vent. Les capacités de vol des femelles de *B. zonata* sont globalement inférieures à celles de *B. dorsalis*.

En France, *B. zonata* fait partie des organismes nuisibles concernés par la Surveillance officielle des organismes réglementés et émergents (SORE) et bénéficie d'un Plan national d'intervention sanitaire d'urgence (PNISU). Ces dispositifs prévoient des actions à mettre en place (examen visuel, identification, traitements insecticides, technique de l'annihilation des mâles, restrictions de circulation de matériel végétal, ...). Ces moyens impliquent, entre autres, l'utilisation de pièges à base de méthyl eugénol qui bénéficie d'une dérogation d'autorisation de mise sur le marché.

La zone ARP (analyse de risque phytosanitaire) concernée par cette évaluation de risque est la France métropolitaine.

3.2. Entrée dans la zone ARP

Compte tenu de la répartition géographique actuelle de *B. zonata* (non établie dans les pays limitrophes à la France), les filières d'entrée telles que « la dissémination naturelle », ou « le comportement autostoppeur », ne sont pas retenues. En revanche, considérant la biologie et l'écologie de cette espèce, seule la filière d'entrée de *B. zonata* par l'importation de fruits (au sens botanique, incluant les cultures fruitières et légumières) à partir de zones infestées est étudiée.

Le risque d'entrée R associé à chaque espèce hôte importée en France métropolitaine est obtenu en multipliant la quantité (masse) de fruits importés depuis les pays infestés par la prévalence de l'insecte dans les fruits. La prévalence est définie comme le nombre moyen d'individus de *B. zonata* susceptibles d'être transportés par kg de fruit. Un classement des plantes hôtes dont les fruits sont importés a ainsi été établi, en tenant compte à la fois du risque d'entrée R (nombre d'insectes importés, transformé en rang pour faciliter la lecture) et des données d'interception pour la France métropolitaine. Cette approche a permis de classer ces plantes hôtes en 4 catégories :

- en catégorie A, les fruits avec un rang < 10 et des interceptions enregistrées : risque élevé avec incertitude faible pour les mangues (*Mangifera indica*) et les goyaves (*Psidium guajava*) compte tenu des rangs qu'elles occupent et des interceptions enregistrées sur ces fruits ;
- en catégorie B, les fruits avec un rang > 10 et des interceptions enregistrées : risque modéré avec incertitude faible. Une seule espèce, le pommier cannelle (*Annona squamosa*) occupe ce rang. En dépit du fait que le rang de cette espèce est supérieur à 10 compte tenu des volumes d'importations faibles et de la prévalence faible, des interceptions réelles de *B. zonata* ont déjà été enregistrées sur *A. squamosa*, ce qui place cette espèce dans cette catégorie, la surclassant ainsi par rapport aux fruits sur lesquels aucune interception n'a été enregistrée ;
- en catégorie C, les fruits avec un rang < 10 sans interceptions enregistrées : risque modéré avec incertitude modérée. *Persea americana* (avocat) est dans cette catégorie alors qu'il présente un risque R élevé ; en effet, aucune interception n'a été réalisée sur cette espèce ;
- en catégorie D, les fruits avec un rang > 10 sans interceptions enregistrées : risque modéré avec incertitude forte.

Ces résultats reflètent les connaissances scientifiques en terme de prévalence et les données relatives aux importations et aux interceptions au moment de l'élaboration de ce rapport ; toute donnée nouvelle d'une interception enregistrée sur un fruit ou tout nouveau flux d'importation peuvent affecter grandement cette distribution et induire le glissement d'une plante d'une catégorie à une autre.

Le GT rappelle que la probabilité d'entrée de *B. zonata* dans les fruits transportés par les passagers lors de voyages notamment aériens ne doit pas être négligée, des études ayant mis en évidence l'importance de cette filière dans l'entrée d'organismes nuisibles à la santé des végétaux. De plus, la réglementation européenne relative à la santé des végétaux ne s'applique pas aux petites quantités de certains végétaux, produits végétaux et autres objets, hormis les végétaux destinés à la plantation, transportés par les voyageurs et déplacés à des fins non commerciales et non professionnelles (Règlement européen (UE) 2016/2031).

Comme l'estimation des volumes importés par les voyageurs est difficile à réaliser, notamment du fait de l'absence de données sur les volumes transportés et la présence d'insectes dans ces fruits, une étude détaillée de cette filière n'a pas pu être réalisée.

3.3. Etablissement dans la zone ARP

La probabilité d'établissement à l'extérieur de *B. zonata* dépend principalement de deux facteurs : la disponibilité des plantes hôtes et le climat.

Les plantes hôtes de *B. zonata* ne constituent pas un facteur limitant pour son établissement. En effet, *B. zonata* est suffisamment polyphage pour trouver des plantes hôtes sur le territoire de la France métropolitaine, potentiellement à tout moment de l'année. La richesse en espèces et la production en tonnes de fruits hôtes de *B. zonata* sont élevées dans des départements situés dans les régions méditerranéennes (PACA, Occitanie et Corse).

L'adéquation du climat actuel à l'établissement durable de populations de *B. zonata* a également été évaluée par une approche corrélative de modélisation d'aires de répartition d'espèces en utilisant l'algorithme BIOCLIM. Cette approche se base sur l'extraction de données climatiques aux points de présence et/ou d'absence d'une espèce afin de caractériser ses tolérances climatiques puis les compare aux valeurs des variables climatiques d'un lieu donné. La ceinture méditerranéenne de basse altitude, Corse comprise, présente actuellement des valeurs d'adéquation climatique faibles mais comparables à certaines zones où *B. zonata* est présente malgré des conditions climatiques non optimales. Cette zone est donc potentiellement favorable à un établissement durable de *B. zonata*.

Tenant compte de tous les éléments précités, la probabilité d'établissement durable de *B. zonata* dans la ceinture méditerranéenne de basse altitude, Corse comprise est jugée modérée et est justifiée par :

- des indices d'adéquation climatique faibles mais comparables à certaines zones où *B. zonata* est présente malgré des conditions climatiques non optimales (Nord de l'Inde, Pakistan) ;
- la présence de plantes hôtes dans toute la zone ARP, et particulièrement dans cette zone géographique ;
- l'absence de démonstration de populations établies malgré les entrées fréquentes sur le territoire via les importations de fruits en provenance de pays infestés.

L'incertitude est modérée ; elle est due à :

- l'indice d'adéquation climatique dans la ceinture méditerranéenne qui est proportionnellement beaucoup plus faible que ceux associés aux zones climatiques optimales de *B. zonata* ;
- hormis les facteurs limitants majeurs que sont le climat et la présence de plantes hôtes, il n'y pas à ce jour d'autres facteurs (par exemple compétition inter-spécifique ou prédation) pouvant limiter l'établissement de *B. zonata* dans la zone ARP. Toutefois, à l'avenir, l'établissement de *B. dorsalis* dans la zone ARP pourrait empêcher celui de *B. zonata* ;
- l'évolution du climat ;
- les incertitudes inhérentes au choix de la méthode de modélisation.

Le GT a également tenté d'estimer l'évolution de la compatibilité climatique potentielle de la France métropolitaine pour *B. zonata* dans un contexte de changement climatique. Le modèle prédit une augmentation modérée de l'adéquation climatique de la France dans les prochaines décennies.

Par ailleurs, la probabilité d'établissement de *B. zonata* en culture sous abris dans la zone ARP est estimée faible avec une incertitude modérée.

3.4. Recommandations de mesures de gestion

3.4.1. Filière « fruits importés »

La probabilité d'entrée de *B. zonata* par l'importation des fruits en catégorie A, à savoir *Mangifera indica* et *Psidium guajava*, est jugée élevée, avec une incertitude faible. Les efforts d'inspection devraient être dirigés prioritairement vers les importations de ces fruits. Les fruits des plantes hôtes classées dans les catégories B et C (risque et/ou interception plus faibles) devraient également faire l'objet d'inspection, dans la mesure où le risque d'entrée R peut être significatif pour des fruits importés en quantités faibles mais présentant une prévalence élevée. La réglementation actuelle concerne déjà un nombre restreint de plantes hôtes : fruits de *Citrus*, *Mangifera*, *Prunus* et *Psidium guajava*. Ainsi, le GT suggère que les espèces *P. americana*, *Annona squamosa* et *Punica granatum* (grenadier) fassent l'objet d'exigences à l'importation comparables. Les fruits présentant des prévalences élevées (tels que ceux des espèces du genre *Syzygium* spp.) devraient être considérés dans le dispositif de surveillance en cas d'importations futures à partir de pays infestés par *B. zonata*. Les périodes d'importation au cours de l'année et les pays exportateurs (statut d'infestation) doivent être considérés dans le développement du dispositif de surveillance en dressant des profils d'importation mensuels tels que ceux présentés pour les fruits à haut risque (catégorie A).

3.4.2. Filière « passagers »

Une augmentation de la sensibilisation des voyageurs aux risques générés par le déplacement de végétaux et produits végétaux est recommandée pour tenter d'atténuer le rôle joué par cette filière d'entrée. Le GT recommande même l'interdiction stricte de l'importation par les passagers des fruits de plantes hôtes appartenant aux catégories A, B et C ainsi que ceux présentant les plus fortes prévalences ; cette recommandation repose sur le très haut risque de présence de *B. zonata* sur ces fruits, qui ne font pas nécessairement l'objet de traitements phytosanitaires, comme c'est le cas des fruits destinés à l'exportation.

3.4.3. Dispositif de surveillance au sein de la zone ARP

Il est recommandé que le dispositif de surveillance actuel soit affiné à la lumière des résultats de cette expertise, en ciblant prioritairement les plantes hôtes cultivées ayant des prévalences élevées et localisées dans les régions qui présentent le climat le plus favorable à *B. zonata* (par exemple *P. americana*, *Citrus* spp.). Ce redimensionnement du réseau de surveillance permettra d'identifier au plus tôt une population de *B. zonata* en cours d'établissement et augmentera les chances de réussir l'éradication d'un foyer naissant.

3.5. Incertitudes et remarques

Les membres du GT ont souhaité lister l'ensemble des incertitudes identifiées au cours du travail d'expertise :

- les zones de production dans les pays d'origine des fruits importés ne sont pas connues dans les données exploitées issues de TRACES; de ce fait, la pression des populations de *B. zonata* dans ces zones n'est pas connue ;
- les statistiques relatives aux fruits contrôlés négatifs, c'est-à-dire exempts de *B. zonata*, ne sont pas connues ; ce qui empêche l'estimation de la proportion du nombre de lots contrôlés positifs (véhiculant des insectes) et par conséquent l'efficacité des mesures phytosanitaires appliquées à l'origine ;
- la différence de structure de corrélation des variables climatiques entre l'Asie, l'Afrique et l'Europe est une source d'incertitude lors de l'estimation du potentiel d'établissement de *B. zonata* dans la zone ARP. En effet, il est souvent assumé que l'établissement de populations de mouches des fruits en régions tempérées est principalement limité par les températures hivernales. Cependant, les régions où *B. zonata* est présente sont des zones qui sont caractérisées par une grande accumulation de chaleur annuelle (mesurée en degrés-jours). A l'inverse, beaucoup de régions de France sont caractérisées par des hivers doux et une accumulation faible de chaleur annuelle (par exemple, les régions côtières de l'ouest de la France). Il existe donc une incertitude sur la capacité de *B. zonata* à coloniser durablement ces régions dont les hivers sont doux.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) endosse les conclusions du GT « *Bactrocera* » et du CES « Risques biologiques pour la santé des végétaux ».

L'Anses rappelle que la France est à ce jour indemne de *B. zonata*. Les incursions entre 2020 et 2023 ont toujours eu lieu à proximité d'un point d'entrée de marchandises importées (aéroport d'Orly), ce qui souligne le rôle important des végétaux importés comme filières d'entrée de *B. zonata*. Les efforts d'inspection sur les fruits à haut risque d'entrée identifiés dans le cadre de cette expertise et une meilleure application de la réglementation quant au statut phytosanitaire des pays de production et aux traitements post-récolte constituent des leviers à actionner pour atténuer le risque. L'augmentation de la sensibilisation des voyageurs aux risques générés par le déplacement de végétaux et produits végétaux est recommandée. L'Agence appuie la mesure d'interdiction stricte de l'importation par les passagers de végétaux et produits végétaux pouvant constituer une voie d'entrée d'organismes nuisibles tels que les mouches des fruits.

L'Anses estime que la probabilité d'établissement durable de *B. zonata* dans la ceinture méditerranéenne de basse altitude, Corse comprise, malgré les indices d'adéquation climatique faibles, est préoccupante. Elle se trouve renforcée dans un contexte de dérèglement climatique selon les travaux de modélisation réalisés. L'occurrence des plantes hôtes potentiellement toute l'année dans cette zone est de nature à faciliter l'établissement de

cette espèce polyphage. Les efforts de surveillance, y compris le piégeage dans les unités culturales à côté des postes de contrôles frontaliers et dans la zone d'établissement potentielle en France, à savoir la ceinture méditerranéenne de basse altitude, Corse comprise en incluant des plantes non couvertes par le dispositif de surveillance actuel, sont donc fortement recommandés pour augmenter les chances de détecter l'entrée de la mouche et ainsi d'éradiquer un foyer naissant.

Enfin, l'Anses souligne que les résultats de l'expertise sur *B. zonata* rappellent ceux obtenus pour *B. dorsalis*, la mouche orientale des fruits qui a également fait l'objet d'une évaluation de sa probabilité d'introduction en France métropolitaine. De ce fait, la mutualisation des mesures de gestion recommandées (efforts d'inspection des fruits importés, meilleure application de la réglementation, sensibilisation des voyageurs au risque, dispositif de surveillance dans la zone ARP) pouvant être efficaces contre les deux mouches est à envisager.

Pr Benoît Vallet

MOTS-CLÉS

Mouche du pêcher, entrée, établissement, Tephritidae, plantes hôtes, filières, modélisation bioclimatique, invasion biologique.

Peach fruit fly, entry, establishment, Tephritidae, host plants, pathways, bioclimatic modelling, biological invasion.

CITATION SUGGÉRÉE

Anses. (2024). Avis relatif à une demande d'évaluation du risque simplifiée (ERS) lié à l'introduction de *Bactrocera zonata* pour la France métropolitaine. (Saisine 2023-SA-0034). Maisons-Alfort : Anses, 10 p.

**Demande d'évaluation du risque simplifiée (ERS) lié
à l'introduction de *Bactrocera zonata* pour la France
métropolitaine**

Saisine « n° 2023-SA-0034 *Bactrocera zonata* »

**RAPPORT
d'expertise collective**

« Comité d'Experts Spécialisé Risques Biologiques pour la Santé des Végétaux »

« GT *Bactrocera* »

Septembre 2024

Citation suggérée

Anses. (2024). Rapport concernant la demande d'évaluation du risque simplifiée (ERS) lié à l'introduction de *Bactrocera zonata* pour la France métropolitaine. (Saisine 2023-SA-0034). Maisons-Alfort : Anses, 94 p.

Mots clés

Mouche du pêcher, entrée, établissement, Tephritidae, plantes hôtes, filières, modélisation bioclimatique, invasion biologique.

Peach fruit fly, entry, establishment, Tephritidae, host plants, pathways, bioclimatic modelling, biological invasion.

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

M. François VERHEGGEN – Professeur, Université de Liège, compétences en entomologie, lutte biologique, analyses de risque phytosanitaire

Membres

M. Nicolas DESNEUX – Directeur de recherche, INRAE, compétences en écotoxicologie, espèces invasives

M. Pierre-François DUYCK – Chercheur, CIRAD, compétences en entomologie, biologie des populations et des espèces invasives, spécialiste des mouches des fruits

M. Martin GODEFROID – Contractuel chef de projet, CSIC, compétences en modélisation

M. Philippe RYCKEWAERT – Chercheur, CIRAD, compétences en entomologie agricole, gestion des ravageurs tropicaux

RAPPORTEURS

M. David MAKOWSKI – Directeur de recherche, INRAE, compétences en agronomie et en statistiques. M. Makowski a spécifiquement réalisé l'étude statistiques sur le volet « entrée » et produit le contenu des sections 2.2.8.1, 2.2.8.2.2, 2.2.8.2.3, 2.2.8.3.1, 2.2.8.3.2 et 2.2.8.3.4.

M. Martin GODEFROID – Contractuel chef de projet, CSIC, compétences en modélisation. M. GODEFROID a spécifiquement réalisé la modélisation climatique et produit le contenu des sections 2.2.9.2.1, 2.2.9.2.2, 2.2.9.2.3 et 2.2.9.2.4.

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

- CES Risques Biologiques pour la santé des végétaux (2022-2026)

Président

M. Thomas LE BOURGEOIS – Directeur de recherche, CIRAD, Malherbologie
Botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des végétations

Membres

M. Philippe CASTAGNONE – Directeur de recherche, INRAE, Centre PACA, Institut Sophia Agrobiotech

M. Thierry CANDRESSE – Directeur de recherche, INRAE, Centre Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux

M. Nicolas DESNEUX – Directeur de recherche, INRAE, Centre PACA, Institut Sophia Agrobiotech

Mme Sandrine EVEILLARD – Chargée de recherche, INRAE, Centre Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux

Mme Florence FONTAINE – Professeure des Universités, Université Reims-Champagne-Ardenne

M. Pascal GENTIT – Chef de l'Unité Bactériologie, Virologie, OGM, Laboratoire de la santé des végétaux, Anses

M. Martin GODEFROID – Postdoctorant, CSIC, Espagne (Madrid)

Mme Lucia GUERIN – Maître de Conférences, Bordeaux Sciences Agro, Bordeaux

M. Bruno HOSTACHY – Retraité, Anses

M. Hervé JACTEL – Directeur de recherche, INRAE, Centre Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux, UMR Biodiversité, Gènes & Communautés

Mme Eleni KAZAKOU – Professeure, SupAgro Montpellier

M. Christophe Le MAY – Maître de Conférences, Agrocampus Ouest, Rennes

M. Eric LOMBAERT – Ingénieur de recherche, INRAE, Centre PACA, Institut Sophia Agrobiotech

M. David MAKOWSKI – Directeur de recherche, INRAE, Centre Ile-de-France-Versailles-Grignon, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR MIA

M. Charles MANCEAU – Retraité, INRAE

M. Arnaud MONTY – Enseignant-chercheur, Université de Liège - Département Biodiversité et Paysage

Mme Maria NAVAJAS – Directrice de recherche, INRAE, Centre Occitanie-Montpellier, UMR CBGP Centre de biologie pour la gestion des populations

Mme Cécile ROBIN – Directrice de recherche, INRAE, Centre Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux

M. Aurélien SALLE – Maître de Conférences, Université d'Orléans

M. Frédéric SUFFERT – Ingénieur de recherche, INRAE, Campus Agro Paris-Saclay

M. Stéphan STEYER – Attaché scientifique, Centre wallon de Recherches Agronomiques, Département Sciences du Vivant, Responsable Virologie Végétale

M. Pierre-Yves TEYCHENEY – Directeur de recherche, Cirad, La Réunion

M. Éric VERDIN – Ingénieur de recherche, INRAE, Centre PACA Avignon, Unité de pathologie végétale

M. François VERHEGGEN – Enseignant-chercheur, Université de Liège - Unité Entomologie fonctionnelle et évolutive

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Christine TAYEH – Coordinateur scientifique – Anses

Contribution scientifique

-

Secrétariat administratif

Mme Françoise LOURENCO – Anses

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

DGAL

Mme Pauline FARIGOULE – Chargée d'études surveillance officielle, coordinatrice de la Plateforme ESV – DGAL

M. Olivier ROUSSELLE – chargé du bulletin de santé du végétal et du piégeage pour la SORE – DGAL

Anses – Laboratoire de la santé des végétaux

Mme Raphaëlle MOUTTET – Unité entomologie et botanique, LSV

CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AU(X) COLLECTIF(S)

Mise à disposition de données relatives aux interceptions de *Bactrocera zonata* sur fruits sur les frontières françaises depuis 2010 – R. MOUTTET (LSV – Unité entomologie et botanique)

Mise à disposition de données relatives aux prescriptions de piégeage pour *Bactrocera zonata* dans le cadre de la SORE pour 2022 et 2023 – P. FARIGOULE (DGAL)

Mise à disposition des données d'importation via TRACES pour les années 2020 à 2022 – P. DE JERPHANION (DGAL)

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations	8
Liste des tableaux	9
Liste des figures	10
1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise	12
1.1 Contexte	12
1.2 Objet de la saisine	12
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	13
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts	14
2 Évaluation du risque phytosanitaire simplifiée	15
2.1 Étape 1. Initiation	15
2.1.1 Raison de mener l'ARP.....	15
2.1.2 Zone ARP	15
2.2 Évaluation du risque phytosanitaire	15
2.2.1 Taxonomie.....	15
2.2.2 Vue d'ensemble de l'organisme nuisible	16
2.2.3 L'organisme est-il un vecteur ?	23
2.2.4 Un vecteur est-il nécessaire pour l'entrée et la dissémination de l'organisme nuisible ?	23
2.2.5 Situation réglementaire de l'organisme nuisible	23
2.2.6 Répartition géographique.....	24
2.2.7 Plantes hôtes et leur répartition dans la zone ARP	25
2.2.8 Filières d'entrée	27
2.2.9 Probabilité d'établissement à l'extérieur dans la zone ARP.....	42
2.2.10 Probabilité d'établissement sous abris dans la zone ARP	54
2.3 Recommandations pour la gestion du risque d'introduction de <i>Bactrocera zonata</i> en termes de surveillance.....	55
2.3.1 Filière « fruits importés ».....	55
2.3.2 Filière « passagers »	56
2.3.3 Dispositif de surveillance au sein de la zone ARP.....	56
2.4 Incertitudes et remarques	56
3 Conclusions du groupe de travail	58
4 Bibliographie	60
4.1 Publications, rapports et autres sources	60
4.2 Normes.....	66
4.3 Législation et réglementation	66

Annexe 1 : Lettre de saisine	68
Annexe 2 : Réglementation européenne vis-à-vis de <i>Bactrocera zonata</i>.....	70
Annexe 3 : Liste des plantes attaquées par <i>Bactrocera zonata</i>.....	73
Annexe 4 : Richesse en espèces de plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i> au niveau départemental pour la zone ARP.....	76
Annexe 5 : Cartes de production de fruits hôtes de <i>Bactrocera zonata</i> en France métropolitaine	86
Annexe 6 : Liste des publications sélectionnées pour extraire les données de prévalence de <i>B. zonata</i> sur fruits	90
Annexe 7 : Détails des données d'interceptions exploitées dans le cadre de cette saisine	91
Annexe 8 : Prescriptions de piégeage pour <i>Bactrocera zonata</i> dans le cadre de la Surveillance Officielle des organismes Réglementés et Emergents (SORE) en France métropolitaine	93

Sigles et abréviations

ARP	: Analyse de Risque Phytosanitaire
CES	: Comité d'Experts Spécialisé
CIPV	: Convention Internationale pour la Protection des Végétaux
CIRC	: Centre International de Recherche sur le Cancer
DGAL	: Direction Générale de l'Alimentation
ECHA	: European Chemicals Agency – Agence européenne des produits chimiques
EFSA	: European Food Safety Authority - Autorité européenne de sécurité des aliments
ERS	: Évaluation du Risque Simplifiée
GT	: Groupe de Travail
INRAE	: Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'environnement
EPPO	: European and Mediterranean Plant Protection Organization - Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes
MIN	: Marché d'Intérêt National
NIMP	: Normes Internationales pour les Mesures Phytosanitaires
ON	: Organisme Nuisible
OQP	: Organisme de Quarantaine Prioritaire
PNISU	: Plan National d'Intervention Sanitaire d'Urgence
SORE	: Surveillance Officielle des Organismes Réglementés et Emergents

Liste des tableaux

Tableau 1. Taxonomie de <i>Bactrocera zonata</i>	15
Tableau 2. Répartition mondiale de <i>Bactrocera zonata</i> en septembre 2024 selon EPPO GD	24
Tableau 3. Sources consultées pour décrire la présence et la répartition des plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i> en France métropolitaine	26
Tableau 4. Fruits hôtes classés par ordre décroissant selon la prévalence médiane de <i>B. zonata</i> (nombre d'insectes par kg de fruits).....	31
Tableau 5. Espèces de fruits classées par ordre décroissant selon le nombre d'insectes médian de <i>Bactrocera zonata</i> importés	32
Tableau 6. Rangs des espèces de fruits hôtes de <i>Bactrocera zonata</i> classées selon le risque R	34
Tableau 7. Sélection des espèces classées parmi les 10 espèces ayant le plus fort niveau de risque <i>R</i> en fonction du rang	35
Tableau 8. Nombre d'interceptions de <i>Bactrocera zonata</i> sur les espèces de fruits importés en France métropolitaine depuis 2010	36
Tableau 9. Distribution des espèces de fruits hôtes de <i>Bactrocera zonata</i> selon les valeurs de R et des interceptions (classées par ordre alphabétique au sein de chaque catégorie).....	37

Liste des figures

Figure 1. Cycle de vie de <i>Bactrocera zonata</i>	16
Figure 2. Distances de vol parcourues en moulin de vol en 2 heures par des femelles et des mâles de trois espèces de Tephritidae acclimatées à 20, 25 ou 30°C et testés à 25°C.	19
Figure 3. Surface allaire des femelles et des mâles de trois espèces de Tephritidae acclimatées à 20, 25 ou 30°C.....	19
Figure 4. Dégâts causés par <i>Bactrocera zonata</i> sur pêches.....	21
Figure 5. Dégâts causés par <i>Bactrocera zonata</i> sur mangue et pamplemousse	21
Figure 6. Distribution géographique de <i>Bactrocera zonata</i> en janvier 2024	25
Figure 7. Richesse en espèces de plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i> par département	26
Figure 8. Production en tonnes de fruits hôtes de <i>Bactrocera zonata</i> par département	27
Figure 9. Profil des importations mensuelles de mangues (<i>Mangifera indica</i>) en tonnes en France métropolitaine pour les années 2020 à 2022 à partir de pays infestés par <i>Bactrocera zonata</i>	39
Figure 10. Profil des importations mensuelles de goyaves (<i>Psidium guajava</i>) en tonnes en France métropolitaine pour les années 2020 à 2022 à partir de pays infestés par <i>Bactrocera zonata</i>	40
Figure 11. Prédications de la compatibilité climatique pour l'établissement de <i>Bactrocera zonata</i> proposées par les travaux de Ullah <i>et al.</i> (2023) (A) et de Ni <i>et al.</i> (2012) (B) qui se basent sur l'algorithme CLIMEX.....	43
Figure 12. Points d'occurrence de <i>Bactrocera zonata</i> utilisés pour ajuster des modèles bioclimatiques	45
Figure 13. Prédiction de la compatibilité climatique de la France pour un établissement durable de <i>Bactrocera zonata</i> en fonction de deux variables climatiques relatives aux températures hivernales issues de la base de données CHELSEA (période 1980-2010).....	47
Figure 14. Prédications du nombre potentiel de générations de <i>Bactrocera zonata</i> en France métropolitaine en fonction de deux variables climatiques relatives à l'accumulation de chaleur annuelle issues de la base de données CHELSEA (période 1980-2010).	49
Figure 15. Prédications de la compatibilité climatique de la France pour un établissement durable de <i>Bactrocera zonata</i> en fonction de l'accumulation de chaleur annuelle mesurée en degrés-jours issue de la base de données CHELSEA (période 1980-2010).....	50
Figure 16. Prédications de la compatibilité climatique de la France pour un établissement durable de <i>Bactrocera zonata</i> pour la période 1980-2010 en fonction de trois variables climatiques : la température moyenne du trimestre le plus froid de l'année, la température minimale du mois le plus froid de l'année et une estimation de l'accumulation de chaleur au cours de l'année (mesurée en degrés-jours – seuil théorique de température minimale de développement = 8,88°C).....	51
Figure 17. Prédications de la compatibilité climatique de la France pour un établissement durable de <i>Bactrocera zonata</i> pour la période 2010-2040 (simulations issues des modèles climatiques (A) MPI-ESM1.2 et (B) GFDL-ESM4 avec le scénario spp 5.85) en fonction de trois variables climatiques : la température moyenne du trimestre le plus froid de l'année, la température minimale du mois le plus froid de l'année et une estimation de l'accumulation de	

chaleur au cours de l'année (mesurée en degrés-jours – seuil théorique de température minimale de développement = 8,88°C).....52

1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

Les parties « contexte » et « objet de la saisine » sont issues du texte officiel de la saisine qui figure en annexe 1 et aucune modification n'y est apportée.

1.1 Contexte

Bactrocera dorsalis, la mouche orientale des fruits, est capturée de façon répétée en Ile-de-France depuis 2019, à proximité du MIN de Rungis et de l'aéroport d'Orly. Un réseau de piégeage renforcé a permis la capture de 7 individus en 2019, 5 en 2020 et 16 en 2021. Une augmentation du nombre d'insectes piégés particulièrement marquée a été observée en 2022 avec 83 spécimens adultes capturés dans un périmètre élargi au Nord et à l'Est de la région parisienne. Par ailleurs des incursions ont été détectées ces dernières années en Occitanie (2020), en PACA (2021, nouvelle capture en octobre 2022), en Grand-Est (2022) et Auvergne-Rhône-Alpes (2022).

Bactrocera zonata, la mouche de la pêche, a été capturée pour la première fois sur le territoire métropolitain, en Ile-de-France, en 2020. Des individus adultes ont été capturés à nouveau en 2021 et 2022 dans la région francilienne, conduisant à qualifier sa présence d'incursion.

Organismes de quarantaine prioritaires classés en annexe IIA du règlement (UE) 2019/2072, *Bactrocera dorsalis* et *Bactrocera zonata* font l'objet d'une lutte obligatoire et d'un plan national d'intervention sanitaire d'urgence (PNISU), conformément au Règlement européen (UE) 2016/2031.

Dans la continuité des conclusions de l'avis de l'agence relatif à la saisine 2019-SA-0145 concernant « l'évaluation du risque lié à la capture de *Bactrocera dorsalis* à proximité du marché d'intérêt national de Rungis en France métropolitaine » et compte-tenu des captures répétées sur le territoire métropolitain, l'évaluation de la probabilité d'introduction de ces mouches paraît nécessaire pour adapter les mesures de gestion du risque.

1.2 Objet de la saisine

Dans ce contexte, l'Anses est sollicitée afin d'identifier les filières d'entrée et les zones d'établissement potentielles en France métropolitaine afin d'ajuster au mieux la surveillance au risque d'introduction. L'évaluation du risque d'introduction de chacune de ces deux mouches est demandée ainsi que l'examen des questions particulières suivantes, au travers des premières étapes d'une évaluation de risque simplifiée.

De ce fait, la demande a été scindée en deux parties, la première concerne *Bactrocera dorsalis* (saisine 2023-SA-0018) et la deuxième concerne *Bactrocera zonata* (2023-SA-0034). Les questions suivantes seront abordées dans chacune des saisines, pour chacune des mouches :

i. Analyse globale de l'organisme nuisible (cycle biologique, symptômes)

Quelles sont les conditions de survie hivernale des mouches ?

Quelles sont les capacités de vol de la mouche, afin d'ajuster la surveillance dans les zones où des captures sont réalisées ?

ii. Liste des plantes hôtes et leur répartition dans la zone d'analyse du risque phytosanitaire (zone ARP).

iii. Analyse des filières d'entrée

Quelles sont les filières d'entrée (végétaux, autres) en lien avec les points d'entrée et donc les zones et structures pour lesquelles la surveillance est à privilégier ainsi que les moyens éventuels à mettre en œuvre pour améliorer le dispositif de surveillance déjà mis en place ?

Il est demandé de tenir compte des flux de produits alimentaires susceptibles d'être infestés, notamment en fonction des volumes de produits importés par origine géographique et des périodes de pullulation des mouches dans les pays d'origine. L'analyse de la probabilité d'entrée vise à identifier les facteurs d'entrée favorisant par ailleurs l'établissement des insectes.

iv. Analyse de la probabilité d'établissement en France métropolitaine.

Compte tenu du cycle biologique des mouches, des filières et points d'entrée et des périodes d'introduction éventuelles de produits alimentaires infestés, les conditions éco-climatiques en France métropolitaine sont-elles propices à leur établissement ?

Quelles sont les zones d'établissement potentielles des deux espèces de mouches des fruits afin d'ajuster la surveillance en zone exempte des deux organismes nuisibles ?

Cette question de la probabilité d'établissement des mouches en France métropolitaine est cruciale étant donné les entrées répétées et les impacts que pourrait entraîner la qualification de foyer.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié au groupe de travail « GT *Bactrocera* », rattaché au « Comité d'Experts Spécialisé Risques Biologiques pour la Santé des Végétaux » l'instruction de cette saisine.

Les travaux d'expertise du GT concernant *Bactrocera zonata* (saisine 2023-SA-0034) ont été soumis au CES pour validation le 24 septembre 2024 (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques). Le rapport produit par le GT tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) ».

Le plan du rapport d'expertise collective est celui du schéma d'aide à la décision pour une analyse de risque phytosanitaire express¹ émis par l'Organisation Européenne et Méditerranéenne de la Protection des Plantes (EPPO) (EPPO Standard PM 5/5(1)) en 2012. La conduite de l'expertise a suivi les lignes directrices de ce schéma, à savoir : une étape d'initiation, puis une étape d'évaluation du risque phytosanitaire avec plus particulièrement une évaluation de la probabilité d'entrée et d'établissement de *B. zonata*. L'EPPO Standard PM 5/5(1) prévoit une graduation qualitative de la probabilité d'entrée (faible, modérée, haute) associée à un niveau d'incertitude avec une graduation similaire ; il en est de même pour la

¹ Ou évaluation du risque simplifiée

probabilité d'établissement. Compte tenu des questions posées par la saisine sur le volet « entrée » et « établissement », le GT a mis au point une méthode d'expertise plus élaborée pour répondre au mieux aux questions posées, c'est à dire identifier avec précision les filières d'entrée et les zones d'établissement potentielles. Ces méthodes seront décrites dans le rapport.

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

2 Évaluation du risque phytosanitaire simplifiée

2.1 Étape 1. Initiation

2.1.1 Raison de mener l'ARP

La raison de mener l'Analyse de Risque Phytosanitaire (ARP) est une extraction de la saisine 2021-SA-0034 et l'extrait de texte n'a pas été modifié par le GT.

« *Bactrocera zonata*, la mouche de la pêche, a été capturée pour la première fois sur le territoire métropolitain, en Ile-de-France, en 2020. Des individus adultes ont été capturés à nouveau en 2021 et 2022 dans la région francilienne, conduisant à qualifier sa présence d'incursion.

Organisme de quarantaine prioritaire classé en annexe IIA du règlement (UE) 2019/2072 (annexe 2), *Bactrocera zonata* fait l'objet d'une lutte obligatoire et d'un plan national d'intervention sanitaire d'urgence (PNISU), conformément au Règlement européen (UE) 2016/2031.

Dans ce contexte, l'Anses est sollicitée afin d'identifier les filières d'entrée et les zones d'établissement potentielles afin d'ajuster au mieux la surveillance de *B. zonata* au risque d'introduction. L'évaluation du risque d'introduction de *B. zonata* est demandée au travers des premières étapes d'une évaluation de risque simplifiée ».

2.1.2 Zone ARP

La zone ARP est la France métropolitaine.

2.2 Évaluation du risque phytosanitaire

2.2.1 Taxonomie

La taxonomie de *Bactrocera zonata* est donnée dans le tableau 1.

Tableau 1. Taxonomie de *Bactrocera zonata*

Règne	Animal
Embranchement	Arthropodes
Sous-embranchement	Hexapodes
Classe	Insectes
Ordre	Diptères
Famille	Tephritidae
Genre	<i>Bactrocera</i>
Espèce	<i>zonata</i>
Autorité	Saunders

Synonymes de noms latins : *Bactrocera maculigera* Doleshall (mauvaise identification) ; *Chaetodacus zonatus* (Saunders) ; *Dacus ferrugineus* var. *mangiferae* Cotes ; *Dacus* (= *Strumeta*) *zonatus* ; *Dacus mangiferae* Cotes, 1893 ; *Dacus persicae* (Bigot) ; *Dacus persicus* (Bigot) ; *Dacus zonatus* (Saunders) ; *Dasyneura zonata* Saunders ; *Dasyneura zonatus* Saunders, 1942 ; *Rivellia persicae* Bigot, 1889 ; *Strumeta zonata* (Saunders) ; *Strumeta zonatus* Saunders.

Noms communs en français : mouche du pêcher

Nom commun en anglais : peach fruit fly, guava fruit fly.

2.2.2 Vue d'ensemble de l'organisme nuisible

2.2.2.1 Cycle biologique

2.2.2.1.1 Cycle de vie

Le cycle de vie de *B. zonata* est similaire à celui des autres espèces de *Bactrocera* infestant les fruits : les œufs sont pondus sous la peau du fruit hôte grâce à un ovipositeur. Trois stades larvaires se développent à l'intérieur du fruit, se nourrissant des tissus végétaux. Une fois mature, la larve du troisième stade quitte le fruit, pénètre dans le sol et se transforme en puppe. La mouche adulte émerge de la puppe (figure 1).

D'après des expériences menées à La Réunion, *B. zonata* peut terminer son cycle de vie en 61 jours en moyenne à une température constante de 25°C (Duyck *et al.*, 2007). Les femelles peuvent vivre jusqu'à 18 semaines et commencent à pondre dans les fruits 2 à 3 semaines après leur émergence. Le nombre maximum d'œufs pondus par une femelle est de 13 par jour et avoisine 303 au cours de sa vie (Duyck *et al.*, 2007). Les larves subissent deux mues avant la pupaison (trois stades) et terminent leur développement en deux semaines lorsque la plage de température se situe entre 20 et 30°C (Duyck *et al.*, 2004a; Shehata *et al.*, 2008; Abu-Ragheef & Al-Jassany, 2018). Selon Qureshi *et al.* (1993), les stades immatures ne peuvent pas se développer à des températures inférieures à 15°C. Une fois matures, les larves du troisième stade s'enfouissent dans le sol où a lieu la pupaison. La durée de développement de la puppe varie de 8 jours à 35°C à 53 jours à 15°C (Duyck *et al.*, 2004a).

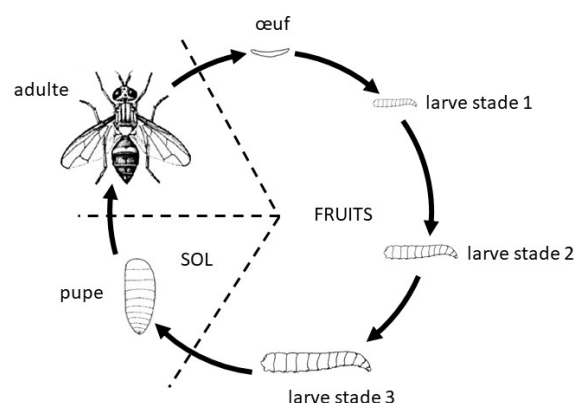


Figure 1. Cycle de vie de *Bactrocera zonata*

Source : d'après Ryckewaert & Rhino (2017)

B. zonata est une espèce multivoltine sans diapause qui, en fonction des conditions climatiques et de la disponibilité des hôtes, réalise généralement plusieurs générations par an. Dans les régions aux hivers doux, les adultes peuvent être actifs tout au long de l'année. En Égypte, *B. zonata* peut réaliser entre sept et neuf générations par an (Shehata *et al.*, 2008 ; Draz, 2016), et les adultes sont piégés tout au long de l'année avec des détections minimales, voire nulles, en janvier et février. Les pupes sont le stade d'hivernage le plus courant (Sharma *et al.*, 2015). Une phénologie similaire des adultes a lieu dans le sud de l'Asie et au Moyen-Orient (Iran, Pakistan, Inde) avec des captures d'adultes toute l'année (Qureshi *et al.*, 1992; Sharma *et al.*, 2015; Bagheri *et al.*, 2017; Khan & Naveed, 2017) et une baisse significative des captures pendant les mois les plus froids de l'année.

La maturité sexuelle est atteinte en deux semaines à 25°C (Duyck *et al.*, 2004a ; Shehata *et al.*, 2008 ; Abu-Ragheef & Al-Jassany, 2018). Les Tephritidae adultes s'alimentent principalement sur les feuilles des plantes hôtes et non-hôtes, où ils trouvent les différents nutriments dont ils ont besoin : sucres, protéines, eau et excudats de sève ainsi que des sécrétions foliaires des plantes, les colonies bactériennes, les levures, le miellat d'Homoptères ou les fientes d'oiseaux (Prokopy & Roitberg, 1984). La longévité des adultes dépend de la température et serait d'environ 60 jours dans des conditions de terrain en Irak (Abu-Ragheef & Al-Jassany, 2018). Elle peut atteindre 126 jours à 25°C au laboratoire (Duyck *et al.*, 2007). Les piqûres de ponte peuvent provoquer un exsudat résineux sur certains fruits infestés. Les œufs éclosent environ trois jours après la ponte (Duyck *et al.*, 2004a; Abu-Ragheef & Al-Jassany, 2018). Les larves se nourrissent de la chair du fruit, provoquant une détérioration souvent aggravée par des infections bactériennes et fongiques. Les larves peuvent rester proches les unes des autres pendant qu'elles se nourrissent jusqu'à ce qu'elles aient presque atteint leur pleine croissance. A l'issue du troisième stade larvaire, les larves quittent le fruit en sautant au sol, comme mûs par un véritable ressort, pour se métamorphoser à une profondeur optimale de 5 à 10 cm de la surface (Darwish *et al.*, 2015). La durée du stade pupal dépend de la température ambiante et dure environ une à deux semaines (Duyck *et al.*, 2004a; Shehata *et al.*, 2008; Abu-Ragheef & Al-Jassany, 2018).

2.2.2.1.2 Impact des températures basses sur le développement de *B. zonata*

Les températures hivernales sont souvent considérées comme la principale contrainte pour un établissement de mouches des fruits tropicales dans les régions tempérées² (Han *et al.* 2011). Il a été montré que plus de 95 % des larves de troisième stade de *B. zonata*, considéré le plus résistant au froid, présentes dans des oranges exposées à 0,94°C pendant une semaine mourraient (Hallman *et al.*, 2013). La même étude a montré des résultats extrêmement similaires pour *B. dorsalis* et *Ceratitis capitata* (Hallman *et al.*, 2013). L'étude de Myers *et al.* (2016) a montré que des moyennes de 46%, 98%, 100% et 100% des larves de stade 3, mourraient lorsqu'elles se développaient dans des oranges (variété navel) maintenues à 2°C pendant 1, 5, 8 et 12 jours respectivement. La même étude a également montré un taux de mortalité d'œufs de *B. zonata* (déposés sur une éponge humide) de 80%, 97%, 100% et 100% après exposition à une température de 2°C durant 2, 3, 6 et 7 jours respectivement.

Au Pakistan et en Inde, plusieurs auteurs ont signalé que les adultes de *B. zonata* étaient actifs tout au long de l'année dans les zones côtières et inactifs pendant les mois les plus froids de l'année (de 1 à 3 mois) dans le nord de ces pays (Syed *et al.*, 1970 ; Qureshi *et al.*, 1975;

² Des informations supplémentaires sont disponibles dans la section 2.2.9.2.2.3.

Kapoor, 1993). Dans les régions les plus froides, *B. zonata* passe l'hiver essentiellement sous forme de pupes (Kapoor, 1993 ; Sharma *et al.*, 2015), à l'instar de ce qui est observé pour *B. dorsalis* (Han *et al.*, 2011). Selon Duyck *et al.* (2004a), seulement 13% des pupes maintenues à température constante de 15°C survivent et se transforment en adultes (alors que ce taux de survie varie de 94 à 99% entre 20 et 30°C). Un faible taux de survie a également été trouvé à 15 degrés pour les œufs de *B. zonata* par Duyck *et al.* (2004a). Selon Duyck *et al.* (2004a), *B. zonata* est plus sensible au froid que les espèces *Ceratitis quilicii*³, *Ceratitis catoirii* et *Ceratitis capitata*. Cependant, de courts épisodes de stress thermiques (3°C, 38°C) subis au stade larvaire peuvent induire une augmentation de la longévité ainsi que la fécondité des femelles de *B. zonata* (Ullah *et al.*, 2022).

2.2.2.1.3 Capacité de dissémination de *B. zonata*

Bien que les informations relatives à la capacité de vol de *B. zonata* soient rares, cette espèce est décrite comme ayant de grandes capacités de dissémination. Celle-ci serait principalement le résultat du vent, mais s'explique aussi en partie par les capacités de vols des adultes (CABI, 2024).

A La Réunion, la mouche a été détectée pour la première fois en 1991 ; la zone infestée se limitait initialement au nord de l'île, avec de rares captures dans la partie sud. A partir de l'année 2000, la population avait augmenté significativement malgré un programme d'enrayement et le ravageur s'était établi près de Saint-Denis, dans les zones du nord-est (Saint-Denis, Sainte-Marie, Saint-André), du nord-ouest et à l'ouest (Hurtrel *et al.*, 2002). De même, en Égypte *B. zonata* était initialement limitée à une zone localisée dans le gouvernorat de Fayoum en 1993. Deux ans plus tard, le ravageur s'était établi dans toute l'Égypte (CABI, 2024). Qureshi *et al.* (1975) ont enregistré des individus marqués se déplaçant sur des distances allant jusqu'à 40 km.

En conclusion, ces distances de dissémination sont la conséquence de dissémination naturelle par le vol de l'adulte mais aussi par le vent et les activités humaines et surestiment donc les capacités naturelles de vol de l'insecte.

La température affecte les performances de vol de diverses espèces de Tephritidae, parmi lesquelles *B. zonata* (Malod *et al.*, 2023). En effet, une croissance larvaire réalisée à plus haute température (i.e. 30°C vs. 20°C) entraîne une augmentation de la masse corporelle et des réserves d'énergie des adultes (Ben-Yosef *et al.*, 2021), ce qui est corrélé à de meilleures capacités de dissémination. Lors de tests en moulin de vol, Malod *et al.* (2023) ont estimé que la vitesse de vol de *B. zonata* est de 0.44 ± 0.01 m/s, une vitesse corrélée positivement avec la masse de l'adulte. Plus l'adulte est lourd, moins il fait de pauses durant ses vols. Les adultes qui ont connu une vie larvaire à 20°C réalisent plus de pauses que ceux élevés à 25 ou 30°C. La durée du vol n'est par contre pas affectée par le poids des mouches.

Malod *et al.* (2023) estiment que les distances parcourues par *B. zonata* s'échelonnent de 700 à 2700 m lors d'une expérience de deux heures (en absence de vent). Ces chercheurs démontrent que les femelles de *B. zonata* parcourent des distances significativement plus courtes que les femelles de *B. dorsalis* (figure 2). Ces mêmes auteurs démontrent que la température expérimentée à l'état larvaire et le sexe de l'insecte affectaient ensemble la distance de vol de *B. zonata*. Lorsqu'elles sont acclimatées à 25°C, les femelles parcourent des distances plus courtes que les mâles. Les mâles acclimatés à 20°C parcourent des distances plus courtes qu'après une acclimatation à 25°C.

³ *Ceratitis quilicii* anciennement connue sous le nom de *Ceratitis rosa* (De Meyer *et al.*, 2016)

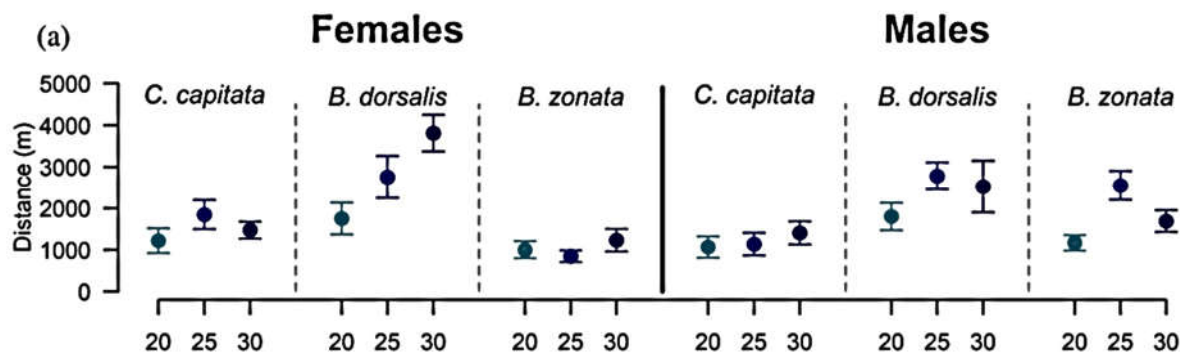


Figure 2. Distances de vol parcourues en moulin de vol en 2 heures par des femelles et des mâles de trois espèces de Tephritidae acclimatées à 20, 25 ou 30°C et testés à 25°C.

Chaque cercle représente les moyennes de 14 à 24 individus et les barres d'erreur représentent l'erreur type de la moyenne. Source : Malod *et al.* (2023)

Les capacités de vol de *B. zonata* sont plus faibles que *B. dorsalis*, probablement en raison d'une plus petite surface allaire (figure 3).

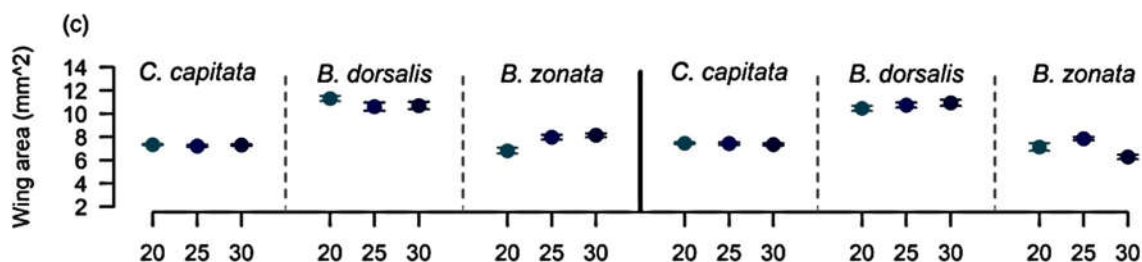


Figure 3. Surface allaire des femelles et des mâles de trois espèces de Tephritidae acclimatées à 20, 25 ou 30°C.

Chaque cercle représente la moyenne de 7 à 10 individus et les barres d'erreur représentent l'erreur type de la moyenne. Source : Malod *et al.* (2023)

Conclusion : Sur base d'expérimentation menée au laboratoire pendant deux heures, on peut conclure que la capacité de vol de *B. zonata* est de 700 à 2700 m ; en conditions réelles celle-ci est probablement favorisée par le vent. Les capacités de vol des femelles de *B. zonata* sont globalement inférieures à celles de *B. dorsalis*.

2.2.2.1.4 Compétition interspécifique

La compétition interspécifique avec les espèces de Tephritidae déjà présentes (indigènes ou précédemment introduites) sur un territoire peut limiter la probabilité d'invasion d'une nouvelle espèce de Tephritidae sur celui-ci (Duyck *et al.*, 2004b). Plusieurs formes de compétition peuvent alors être observées : dans la compétition par exploitation, la ressource utilisée par une espèce réduit sa disponibilité pour les autres ; dans la compétition par interférence, par son comportement une espèce prive une autre espèce d'accès à la nourriture ou aux sites de vie (même quand la ressource est en quantité suffisante).

Chez les Tephritidae, la compétition par exploitation peut avoir lieu au niveau du fruit. Dans ce contexte les stratégies démographiques ou les traits d'histoire de vie peuvent être une composante importante du succès relatif de certaines espèces dans la compétition (Duyck *et*

al., 2006a). Différents types de compétition par interférence sont également suspectés. Par exemple des cas de dérangement des femelles par d'autres femelles de Tephritidae pendant la ponte ont déjà été observés (Duyck *et al.*, 2006a).

Dans la hiérarchie de compétition basée sur la possibilité d'envahir un territoire en présence d'une autre espèce de Tephritidae, *B. dorsalis* se situe comme l'espèce la plus compétitive, ayant envahi de nombreux territoires en présence d'un grand nombre d'espèces de Tephritidae (Duyck *et al.*, 2022). A La Réunion où *B. zonata* était bien implantée, *B. dorsalis* bien qu'introduite postérieurement l'a quasiment supplantée (Moquet *et al.*, 2021). Cependant, *B. zonata* se situe juste en dessous dans cette hiérarchie et des invasions de nouveaux territoires en présence de plusieurs espèces du genre *Ceratitis* ont été observées à La Réunion et à Maurice (Duyck *et al.*, 2022).

La compétition interspécifique peut être modulée par les facteurs climatiques comme la température et l'humidité, ainsi que par la gamme de plantes hôtes (Duyck *et al.*, 2006b). Dans la compétition interspécifique avec les *Ceratitis* spp., *B. zonata* semble capable de dominer les autres espèces sur la plus grande partie de sa niche écologique, aussi bien dans les climats secs que humides (Duyck *et al.*, 2006b), mais *C. quilicii* est capable de dominer dans les régions les plus fraîches alors que *C. capitata* peut dominer sur certaines plantes hôtes, notamment plusieurs espèces de la famille des Solanaceae (Charlery de la Masselière *et al.*, 2017).

En conclusion, dans les zones fortement infestées par *B. dorsalis*, la probabilité de voir l'établissement de *B. zonata* est faible.

2.2.2.2 Plantes hôtes

Bactrocera zonata est une espèce polyphage signalée sur une cinquantaine de plantes hôtes cultivées et sauvages (Allwood *et al.*, 1999 ; EFSA, 2021). Le Compendium of Fruit Fly Host Information (CoFFHI) de l'USDA (Culliney *et al.*, 2017) fournit une liste d'hôtes complète avec des références détaillées.

La liste complète des plantes hôtes élaborée dans le cadre de cette expertise est détaillée et discutée au point 2.2.7 et dans l'annexe 3.

2.2.2.3 Symptômes

Les traces de ponte de *B. zonata*, communément appelées piqûres, sont souvent visibles sur la peau des fruits attaqués (CABI, 2024). La ponte sur des fruits plus durs provoque des cicatrices brunâtres à la surface du fruit (figure 4). Les larves du premier stade se développent à l'intérieur du fruit, près du site de ponte. Cela peut ramollir la zone autour de la piqûre. Les stades larvaires 2 et 3 pénètrent généralement plus profondément dans la pulpe du fruit, causant la plupart des dégâts, qui peuvent ensuite conduire à une chute prématurée du fruit (EFSA, 2021) (figure 5).

Dans les fruits juteux, du liquide s'échappe de la piqûre de ponte sous la forme d'une gouttelette qui sèche ensuite et apparaît comme un dépôt brun et résineux (CABI, 2024).



Figure 4. Dégâts causés par *Bactrocera zonata* sur pêches

(A) gomme exsudant du site de ponte ; (B) cicatrices causées par la ponte sur des fruits immatures. Source : (A) Natural History Museum, London ; (B) Rui Cardoso-Pereira dans EFSA (2021)



Figure 5. Dégâts causés par *Bactrocera zonata* sur mangue et pamplemousse

(A) mangue endommagée par les larves ; (B) dommages de ponte causés par la mouche sur les pamplemousses entraînant une exsudation. Source: Dr Preaduth Sookar, Ministère de l'agro-industrie et de la sécurité alimentaire, République de Maurice dans EFSA (2021)

2.2.2.4 Détection et identification

2.2.2.4.1 *Détection*

La surveillance de *B. zonata* peut s'effectuer soit en piégeant les adultes à l'aide d'attractifs, soit en examinant des fruits afin de détecter les stades immatures (principalement les larves).

Comme évoqué précédemment, les piqûres de ponte de *B. zonata* sont souvent visibles sur la peau des fruits attaqués. Les œufs de *B. zonata* peuvent être trouvés à l'intérieur du fruit au niveau de la piqûre, bien que celle-ci soit parfois difficile à détecter. Cependant, les larves peuvent être détectées à l'ouverture du fruit, surtout une fois qu'elles ont atteint le troisième stade (EFSA, 2021).

Les mâles de *B. zonata* sont attirés par le méthyl eugénol (4-allyl-1,2-diméthoxybenzène-carboxylate)⁴ (White & Elson Harris ; 1992 ; FAO/IAEA, 2018) et les adultes ainsi capturés dans des pièges peuvent être utilisés à des fins d'identification (EPPO, 2023).

2.2.2.4.2 Identification morphologique

Des clés d'identification morphologique de la famille des Tephritidae sont disponibles. L'identification de *B. zonata* au niveau de l'espèce repose généralement sur l'examen de spécimens adultes. L'EPPO standard « PM 7/114 (2) *Bactrocera zonata* » (EPPO, 2023) présente des clés pour une identification morphologique fiable de spécimens adultes (mâle ou femelle). Une description des larves est également fournie et peut permettre un diagnostic présomptif.

2.2.2.4.3 Identification moléculaire

Selon le protocole de diagnostic de *B. zonata* (EPPO, 2023), les tests moléculaires sont utilisés pour l'identification des œufs, des larves de premier et deuxième stades, ainsi que des pupes, ou pour soutenir l'identification morphologique des larves du troisième stade ou des adultes de *B. zonata*. Pour l'identification de *B. zonata*, un test PCR en temps réel (TaqMan) a été développé par Koochkanzade *et al.* (2018). Ce test peut être appliqué sur des larves ou des adultes. Il a été adapté et validé par le laboratoire LRUE (Laboratoire de Référence de l'Union Européenne) pour les insectes et les acariens (Annexe 2 dans EPPO, 2023). Un protocole basé sur le barcoding moléculaire ciblé sur le gène de la cytochrome oxydase I (COI) permet également l'identification de *B. zonata* (EPPO, 2021).

2.2.2.4.4 Piégeage

Divers conseils sur le piégeage des mouches des fruits du genre *Bactrocera* sont donnés dans l'annexe 1 de la NIMP⁵ 26 (FAO, 2018). Les mouches mâles étant fortement attirées par le méthyl eugénol, l'efficacité de ce composé pour le piégeage a été prouvée dans de nombreuses études (Qureshi *et al.*, 1992; Darwish *et al.*, 2015; Bagheri *et al.*, 2017). Il attire cependant aussi la plupart des autres espèces du complexe *Bactrocera dorsalis*, *B. carambolae* et *B. musae* (FAO, 2018). L'appâtage au méthyl eugénol peut également être appliqué comme technique d'annihilation des mâles pour la suppression ou l'éradication des populations sur le terrain, comme cela a été étudié pour *B. dorsalis* et *B. zonata* (Vargas *et al.*, 2010 ; CDFA, 2020).

De nombreux pièges sont utilisés en combinaison avec le méthyl eugénol, par exemple les pièges Jackson (Draz, 2016), les pièges triangulaires (Bajaj & Singh, 2018), les pièges fabriqués à partir de bouteilles en plastique vides (Hossain *et al.*, 2017) et les pièges Steriner (Cayol *et al.*, 2002). Le méthyl eugénol est très volatil et peut être appliqué sur une mèche de coton, qui est ensuite placée sur le fond ou à l'intérieur du piège (selon le type de piège).

⁴ Le méthyl eugénol présente un potentiel mutagène et cancérigène selon l'ECHA ([EU Pesticides Database - Active substances - Active substance details \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/1004/20170626/eng)), un potentiel cancérigène/génotoxique (EFSA, 2012) et il est classé en tant que carcinogène du Groupe 2A par le CIRC ([List of Classifications – IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans \(who.int\)](https://www.who.int/publications/m/item/list-of-classifications-iarc-monographs-on-the-identification-of-carcinogenic-hazards-to-humans)). Une dérogation annuelle d'utilisation de piège impliquant le méthyl eugénol est délivrée par la DGAL en France, selon les conditions d'utilisation notifiées sur décision d'utilisation de ce piège dans le cadre de l'article 53 du règlement CE 1107/2009 (DGAL/SDSPV, 2021)

⁵ Normes internationales pour les mesures phytosanitaires

Différents distributeurs et supports d'imprégnation ont été testés (Bagheri *et al.*, 2017). Les pièges doivent être placés dans les 2/3 supérieurs de la canopée des arbres, à environ 1,5 à 2 m de hauteur selon la taille de l'arbre, et du côté Est, en veillant à ce que les feuilles ne bloquent pas l'entrée du piège (Darwish *et al.*, 2015 ; Draz, 2016 ; FAO, 2018).

Les attractifs alimentaires, tels que les attractifs protéiques liquides (Torula Yeast), peuvent être utilisés pour piéger les mouches mâles et femelles et peuvent être composés de composants volatils synthétiques de substances protéiques hydrolysées ou des substances protéiques hydrolysées elles-mêmes. Les pièges contenant des attractifs alimentaires ont tendance à capturer un large éventail d'espèces non ciblées dont d'autres Tephritidae. Les pièges de type McPhail sont couramment utilisés pour piéger les mouches des fruits adultes des deux sexes (Darwish *et al.*, 2014 ; Draz, 2016). L'utilisation d'appâts alimentaires peut être bénéfique lorsqu'on cible plusieurs espèces en même temps. En général, les attractifs sexuels sont privilégiés aux attractifs alimentaires dans les enquêtes de détection précoce, en raison de leur spécificité plus élevée et de leur portée d'attraction plus longue (EFSA, 2021).

Dans la zone ARP, la Surveillance Officielle des Organismes Réglementés et Emergents (SORE) prévoit l'usage de pièges à base de méthyl eugénol positionnés dans des unités culturales (DGAL/SDSPV, 2022a et 2022b) en privilégiant des parcelles avec un environnement présentant des espèces à risque, à proximité de ports, d'aéroports, de magasins ou marchés important des fruits hôtes à *B. zonata* (DGAL/SDSPV, 2021).

2.2.3 L'organisme est-il un vecteur ?

Oui Non

Aucune référence bibliographique ne mentionne *Bactrocera zonata* comme vecteur d'autres organismes nuisibles.

2.2.4 Un vecteur est-il nécessaire pour l'entrée et la dissémination de l'organisme nuisible ?

Oui Non

Bactrocera zonata est un Diptère et ne requiert aucun vecteur pour se disséminer.

2.2.5 Situation réglementaire de l'organisme nuisible

Bactrocera zonata est listée dans l'annexe II « Liste des organismes de quarantaine de l'Union » partie A « Organismes nuisibles dont la présence n'est pas connue sur le territoire de l'Union » du Règlement d'exécution (UE) 2021/2285 de la Commission du 14 décembre 2021 modifiant le Règlement d'exécution (UE) 2019/2072. Des exigences particulières concernant les importations de fruits hôtes de *B. zonata* dans l'Union existent (annexe 2).

De plus, elle fait partie des 20 organismes de quarantaine prioritaires (OQP) définis par le Règlement européen (UE) 2016/2031 (Règlement délégué (UE) 2019/1702). Pour ces OQP, des obligations supplémentaires sont prévues par rapport aux organismes de quarantaine non prioritaires telles que la préparation de plan d'urgence, de plan d'action, d'exercices de simulation et la mise en place d'une surveillance annuelle (plutôt que pluriannuelle) dans un objectif d'empêcher l'introduction et la dissémination via des stratégies d'éradication ou d'enrayement.

En France, *B. zonata* bénéficie d'un plan national d'intervention sanitaire d'urgence (PNISU) (DGAL/SDSPV, 2021).

2.2.6 Répartition géographique

Bactrocera zonata est une espèce d'origine asiatique répandue sur le sous-continent indien et en Asie du Sud-Est. Elle est également présente au Moyen-Orient et dans la péninsule arabique. Elle a été introduite en Afrique où sa répartition se limite actuellement au nord-est de l'Afrique continentale (Égypte, Libye, Soudan), ainsi qu'à l'île Maurice et à La Réunion, dans le Sud-Ouest de l'océan Indien (EPPO, 2024).

La répartition mondiale de *B. zonata* en septembre 2024 est issue de la base EPPO GD (<https://gd.eppo.int>) et est présentée dans le tableau 2 et la figure 6.

Tableau 2. Répartition mondiale de *Bactrocera zonata* en septembre 2024 selon EPPO GD

Continent	Répartition	Statut phytosanitaire
Afrique	Égypte	Présent, largement disséminé
	Libye	Présent, pas de détails
	Ile Maurice	Présent, pas de détails
	La Réunion	Présent, distribution restreinte
	Soudan	Présent, largement disséminé
Amérique	États-Unis d'Amérique	Absent, éradiqué
	Californie	Absent, éradiqué
	Floride	Absent, éradiqué
Asie	Arabie Saoudite	Présent, distribution restreinte
	Bangladesh	Présent, pas de détails
	Bhoutan	Présent, pas de détails
	Emirats Arabes Unis	Présent, pas de détails
	Inde	Présent, largement disséminé
	Andhra Pradesh, Assam, Bihar, Chhattisgarh, Delhi, Goa, Gujarat, Haryana, Himachal Pradesh, Jammu et Kashmir, Karnataka, Kerala, Madhya Pradesh, Maharashtra, Punjab, Tamil Nadu, Telangana, Uttarakhand, Uttar Pradesh, Bengale-Occidental	Présent, pas de détails
	Indonésie	Absent, signalement peu fiable
	Sumatra	Absent, signalement peu fiable
	Iran	Présent, distribution restreinte
	Iraq	Présent, distribution restreinte
	Israël	Présent, quelques occurrences
	Laos	Présent, pas de détails
	Myanmar	Présent, pas de détails
	Népal	Présent, pas de détails
	Oman	Présent, pas de détails
	Pakistan	Présent, pas de détails
	Sri Lanka	Présent, pas de détails
	Thaïlande	Présent, pas de détails
	Vietnam	Présent, pas de détails

Continent	Répartition	Statut phytosanitaire
	Yémen	Présent, pas de détails
Europe	Autriche	Absent, confirmé par enquête
	France	Absent, confirmé par enquête
	Italie	Absent, intercepté uniquement
	Pays-Bas	Absent, pas de signalement
	Slovénie	Absent, pas de signalement
Océanie	Nouvelle Zélande	Absent, confirmé par enquête

Source : EPPO (2024). Disponible en ligne <https://gd.eppo.int>

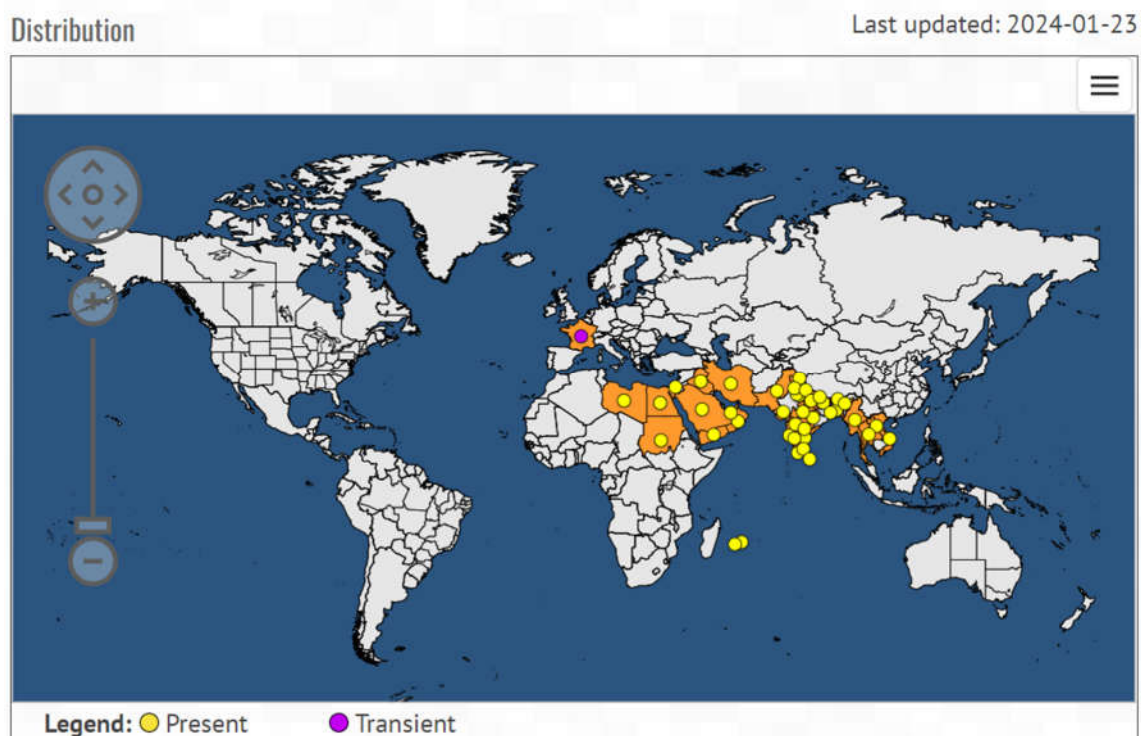


Figure 6. Distribution géographique de *Bactrocera zonata* en janvier 2024

Seules les données de présence sont indiquées par l'affichage d'un point sur le « centre » de chaque pays avec un fond orange. Le point mauve correspond au statut « transitoire ».

Dernière mise à jour : 23/01/2024

Source : EPPO (2024)

2.2.7 Plantes hôtes et leur répartition dans la zone ARP

Pour constituer la liste des plantes hôtes de *B. zonata*, le GT a construit une liste de plantes hôtes à partir de 4 sources disponibles, à savoir : EPPO GD⁶, le CPC CABI⁷, le USDA Compendium of Fruit Fly Host⁸ et l'EFSA (EFSA, 2021). Un complément à cette liste a été réalisé par le GT via une recherche bibliographique dans deux bases de données, Scopus et Web Of Science. Deux requêtes ont été utilisées : « host plants » AND « bactrocera zonata », et « host fruits » AND « bactrocera zonata ». Soixante sept publications ont ainsi été identifiées parmi lesquelles 38 ont été retenues sur la base de la lecture du résumé ; ce qui a permis

⁶ European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) Global Database. <https://gd.eppo.int/>

⁷ CABI Crop Protection Compendium. <https://www.cabidigitallibrary.org/product/QC>

⁸ USDA Compendium of Fruit Fly Host. <https://coffhi.cphst.org/>

d'ajouter 9 plantes hôtes supplémentaires à la liste initiale. La liste finale des plantes hôtes de *B. zonata* comporte 73 plantes hôtes dont 66 identifiées au niveau de l'espèce et figure en annexe 3.

Trois sources sont consultées pour décrire la présence et la répartition des plantes hôtes de *B. zonata* en France métropolitaine (tableau 3). Une plante hôte est comptabilisée comme présente dans un département dès lors qu'elle est citée par l'une des trois sources consultées.

Tableau 3. Sources consultées pour décrire la présence et la répartition des plantes hôtes de *Bactrocera zonata* en France métropolitaine

Source	Année de mise à jour	Echelle de distribution	Autres indicateurs
Statistiques agricoles annuelles https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/Chd2215/detail/	2021	département	Superficie
Tela Botanica https://www.tela-botanica.org/projets/chorologie-departementale/	2018	département	Présence/absence
Inventaire forestier https://ocre-gp.ign.fr/	2016-2020	département	Abondance

Une carte de la richesse en espèces de plantes hôtes de *B. zonata* en France métropolitaine a ainsi été dressée au niveau départemental (figure 7). Les résultats montrent que tout le territoire métropolitain présente des plantes hôtes potentielles de *B. zonata* et que la richesse en espèces est la plus élevée dans les départements méditerranéens des Alpes Maritimes (06), des Bouches-du-Rhône (13), des Pyrénées Orientales (66), du Var (83) et de la Corse (2A et 2B). La liste des espèces hôtes par département est donnée en annexe 4.

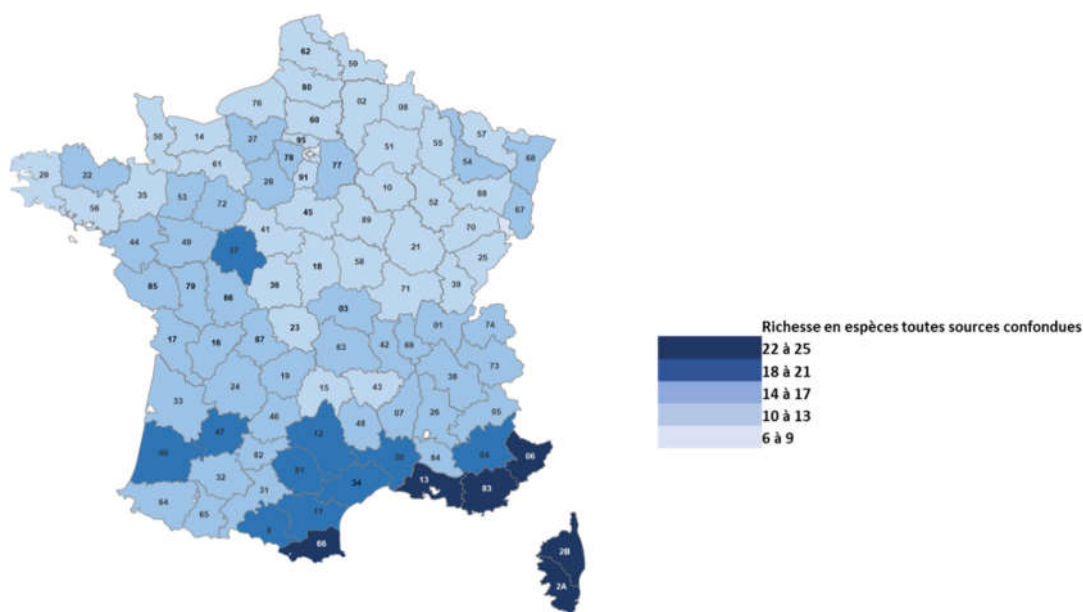


Figure 7. Richesse en espèces de plantes hôtes de *Bactrocera zonata* par département au sein de la zone ARP

Dans la mesure où *B. zonata* attaque les fruits de ses espèces hôtes, une carte présentant la production (en tonnes) de toutes les plantes hôtes cultivées de *B. zonata* est présentée dans la figure 8. Il est important de noter que les récoltes de l'année 2021 sont les plus basses de la période 2017-2022 pour l'ensemble des fruits dont le pêcher, le prunier, le poirier et l'abricotier par exemple (FranceAgriMEr, 2024). La production en tonnes au niveau départemental par plante hôte ou groupes de plantes hôtes est donnée en annexe 5.

Sur la figure 8, la production est importante dans le département des Bouches-du-Rhône (13) suivi des départements du Tarn-et-Garonne (82) et Lot-et-Garonne (47) en régions Occitanie et Nouvelle Aquitaine respectivement. Les autres départements arrivant en troisième position sont le Vaucluse (84), le Maine-et-Loire (49) et le Gard (30).

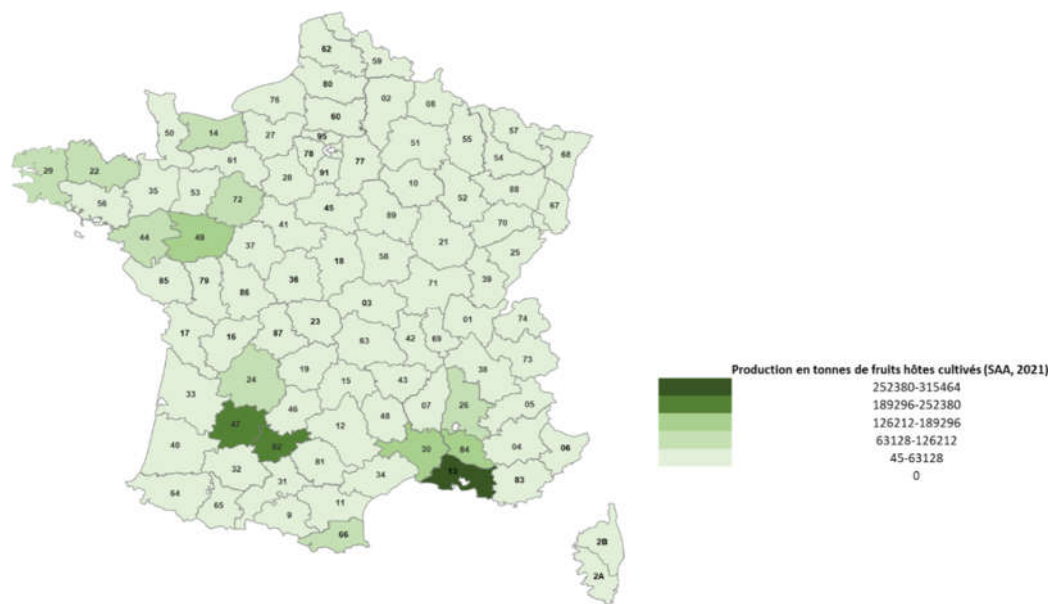


Figure 8. Production en tonnes de fruits hôtes de *Bactrocera zonata* par département au sein de la zone ARP en 2021

2.2.8 Filières d'entrée

Compte tenu de la répartition géographique actuelle de *B. zonata* (non établie dans les pays limitrophes de la France), les filières d'entrée telles que 'la dissémination naturelle', ou 'le comportement autostoppeur', ne sont pas retenues. En revanche, considérant la biologie et l'écologie de cette espèce, seule la filière d'entrée de *B. zonata* via l'importation de fruits (au sens botanique, incluant les cultures fruitières et légumières) à partir de zones infestées est étudiée dans la partie suivante. Néanmoins, le GT rappelle que la probabilité d'entrée de *B. zonata* dans les fruits transportés par les passagers lors de voyages notamment aériens ne doit pas être négligée. En effet, une étude récente menée en Italie entre 2016 et 2021 et se basant sur les interceptions de plusieurs insectes de quarantaine (*B. dorsalis*, *Anastrepha obliqua* et *Leucinodes africanensis*) souligne l'importance de cette filière dans l'entrée d'organismes nuisibles à la santé des végétaux (Pace *et al.*, 2022). De plus, la réglementation européenne relative à la santé des végétaux ne s'applique pas aux petites quantités de certains végétaux, produits végétaux et autres objets, hormis les végétaux destinés à la plantation, transportés par les voyageurs et déplacés à des fins non commerciales et non professionnelles (Règlement européen (UE) 2016/2031). Comme l'estimation des volumes importés par les voyageurs est difficile à réaliser, notamment du fait de l'absence de données

sur les volumes transportés et la présence d'insectes dans ces fruits, une étude détaillée de cette filière n'a pas pu être réalisée.

2.2.8.1 Méthodologie de travail

L'EPPO Standard PM 5/5(1) prévoit une échelle qualitative de la probabilité d'entrée (faible, modérée, haute) associée à un niveau d'incertitude avec une graduation similaire. Compte tenu de la question posée par la saisine (voir section 1.2), le GT a mis au point une méthode d'expertise plus élaborée pour répondre au mieux à la question posée, et classer les filières d'entrée (*i.e.* filières d'importation de fruits en provenance de pays infestés par *B. zonata*).

Le principe consiste à déterminer le risque d'entrée (R) associé à chaque espèce hôte importée en multipliant la quantité (masse) importée depuis les pays infestés par la prévalence de l'insecte dans les fruits. La prévalence est définie comme le nombre moyen d'individus de *B. zonata* susceptibles d'être transportés par kg de fruit :

$$\mathbf{R = \text{quantité importée} \times \text{prévalence}}$$

B. zonata est principalement transportée sous forme d'œufs et de larves présents dans les fruits. Une fraction de ces individus peut cependant se métamorphoser en pupes voire en adultes durant ce transport dans les caisses d'emballage.

La différenciation de la prévalence en fonction du pays d'origine n'a pas pu être réalisée du fait du manque de données disponibles, notamment concernant les mesures phytosanitaires mises en place dans les pays exportateurs. De la même façon, la différenciation de la prévalence en fonction de la variété n'a pas pu être réalisée par manque de données précises sur les variétés étudiées pour la prévalence ou importées.

Pour pouvoir estimer ce risque R, les données de prévalence ont été extraites d'articles scientifiques identifiés lors d'une recherche approfondie de la littérature réalisée pour différentes espèces de fruits importés en France. Ainsi, dans un premier temps, pour chaque espèce végétale, la distribution des données de prévalence (nombre d'individus par fruit) disponibles a été résumée par les valeurs minimum, 1er quartile, médiane, moyenne, 3ème quartile, et maximum. Pour les espèces disposant d'au moins trois données de prévalence (*i.e.* issues d'une même étude ou de plusieurs études), la prévalence a également été estimée à l'aide d'une méthode statistique. Dans ce cas, un intervalle de confiance à 95% a été calculé selon un modèle linéaire généralisé.

Dans un deuxième temps, les neuf différentes valeurs de prévalence ainsi obtenues (min, 1er quartile, médiane, moyenne, 3ème quartile, max, estimation statistique, bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance) ont été converties en nombre d'insectes par kg de fruit, si besoin, à l'aide d'une valeur estimée de poids moyen d'un fruit lorsque les données étaient exprimées en nombre d'insectes par fruit. Elles ont ensuite été multipliées par les volumes d'importation (en kg), calculés sur base de la moyenne de 2020, 2021 et 2022, conduisant à neuf séries de nombre d'insectes importés en France pour chaque espèce végétale considérée. Ces valeurs ont ensuite été utilisées pour classer les espèces végétales importées selon le risque R défini plus haut. Plusieurs espèces n'ont cependant pas pu être classées faute de données disponibles.

2.2.8.2 Données utilisées

2.2.8.2.1 *Données d'importation*

En première intention, le GT a souhaité utiliser les données d'importation issues d'Eurostat. Celles-ci présentent cependant deux contraintes majeures : (i) ces données sont organisées et classées en codes selon la nomenclature combinée NC8. Pour certains codes, la nature de la marchandise importée peut manquer de précision dans la mesure où le code regroupe plusieurs espèces végétales (ex : un code NC8 intitulé « goyaves, mangues et mangoustans ») ; (ii) ces données incluent les flux d'importation des végétaux pour les départements d'outre-mer. Compte tenu de ces contraintes, le GT a sollicité la DGAL pour une mise à disposition de données plus précises qui ne comportent pas ces défauts. Les données d'importation utilisées sont les données issues de TRACES⁹ et mises à disposition par la DGAL pour les années 2020, 2021 et 2022. Elles permettent notamment de résoudre les deux problèmes rencontrés avec les données issues de Eurostat. Il faut cependant rappeler que dans TRACES, seuls les produits végétaux qui font l'objet d'un DSCE-PP (Document Sanitaire Commun d'Entrée - Produit de Plantes) sont listés et donc les produits non soumis à réglementation ou pour lesquels il n'y a pas eu de contrôle n'y figurent pas¹⁰. La moyenne des importations sur trois années complètes (2020 à 2022) est calculée et utilisée. Elle est non nulle pour 30 espèces de fruits.

2.2.8.2.2 *Données de prévalence*

Une revue approfondie de la littérature a été réalisée pour rassembler les données de prévalence des plantes hôtes de *B. zonata* importées en France. Au total, 66 publications ont pu être identifiées dont 38 ont été sélectionnées sur la base du titre et du résumé afin d'en extraire des observations de « nombre d'adultes ou de larves par fruit ou par kg ». Après lecture complète, 9 publications contenaient des données exploitables et la liste est présentée en annexe 6. Aucune donnée n'a pu être obtenue pour 9 espèces de plantes hôtes, parmi les espèces importées en 2020, 2021 ou 2022. Parmi elles, seulement trois sont importées à des tonnages supérieurs à 1 tonne par an en moyenne (*Citrus paradisi*, pomélo ; *Citrus limon*, citron et *Annona muricata*, corossol). Compte tenu de la variabilité importante de la prévalence calculée sur les fruits étudiés dans la littérature, il n'a pas semblé pertinent d'attribuer une valeur de prévalence moyenne à ces espèces. Au final, 402 données de prévalence ont été utilisées pour classer 32 espèces de fruits.

2.2.8.2.3 *Données relatives au poids moyen des fruits*

Comme les données de prévalence sont parfois disponibles en nombre de larves ou d'adultes de *B. zonata* par fruit et non par kg (cas de *Prunus persica*, pêcher), et afin de pouvoir exploiter ces données, le GT a réalisé une recherche de données relatives au poids moyen des fruits. L'axe de recherche utilisé est le référentiel des filières : les fruits et légumes sur le marché sont calibrés dans des classes qui dépendent de leur taille / diamètre, impactant leur conditionnement. Les référentiels sont disponibles sur plusieurs sites (<http://www.crenoexpert.fr/flipbooks/expproduit/TABLEAUX-CALIBRES-FRUITES-2.pdf> ; <https://www.goizetik.com/correspondance-calibre-poids-co-2.html> ; <https://guiderhd.ctifl.fr/>)

⁹ https://food.ec.europa.eu/animals/traces_en

¹⁰ Il est difficile d'estimer la quantité de données manquantes. Néanmoins, les données exploitées comportent des flux de marchandises non réglementées vis-à-vis de *B. zonata* mais réglementées pour d'autres organismes nuisibles.

qui présentent des tableaux très similaires. Néanmoins, la donnée relative aux calibres les plus communs à la vente n'est pas disponible. De ce fait, le GT a opté pour le poids moyen en utilisant l'hypothèse que la distribution des végétaux sur les différents calibres est la même ; ce qui a permis d'augmenter le nombre de données de prévalence non nulles pour *P. persica*.

2.2.8.2.4 Données d'interceptions

Des données d'interceptions au niveau européen sont disponibles en libre accès sur Europhyt, néanmoins elles ne précisent pas le pays intercepteur. De ce fait, et afin d'utiliser des données d'interception aux frontières françaises continentales, le GT a sollicité l'unité d'entomologie et botanique du Laboratoire de la Santé des Végétaux (Anses). Cette dernière a mis à disposition les données d'interception depuis 2010 des individus identifiés comme *B. zonata* dans les postes de contrôles frontaliers français. Ces données incluent le pays d'origine sur une marchandise donnée (nom latin du fruit). Les identifications sont réalisées soit par voie moléculaire, soit par observation morphologique. Ces données provenant du laboratoire de référence, la fréquence des contrôles réalisés par les inspecteurs, les flux non contrôlés ou les fruits contrôlés avec des résultats négatifs ne sont pas connus.

Les données d'interceptions ont mis en évidence des larves de *B. zonata* sur deux fruits supplémentaires : *Citrus hystrix* (combava en provenance de Malaisie) et *Annona muricata* (en provenance du Vietnam). Ces deux espèces ont donc été incluses dans le spectre de plantes hôtes de *B. zonata*.

Des interceptions d'adultes de *B. zonata* sur des mangues en provenance du Congo et du Mali et d'adultes et de larves sur des fruits d'*Annona squamosa* (pomme-cannelle) en provenance du Liban ont été enregistrées. Le GT a décidé de considérer ces flux en provenance de ces pays comme étant à risque dans le cadre de cet exercice (même si ces pays ne sont pas déclarés officiellement infestés). En effet, pour le cas du Liban, il est fort probable que le pays soit infesté dans la mesure où la mouche est présente dans un pays voisin (Israël). Pour le cas du Congo et du Mali, la probabilité qu'il s'agisse d'une contamination n'est pas à exclure ; néanmoins, l'infestation enregistrée sur un petit échantillon peut refléter d'un point de vue probabiliste une présence de la mouche dans le pays.

2.2.8.3 Résultats

2.2.8.3.1 Classement en fonction de la prévalence

Un premier classement est réalisé selon la prévalence médiane (tableau 4). Il permet de classer les espèces en fonction du nombre d'individus de *B. zonata* susceptibles d'être transportés par kg de fruit, tout en s'affranchissant des fluctuations des quantités de fruits importés observées sur une période donnée.

En tête du classement, se retrouve *Terminalia catappa* (badamier ; médiane = 132 insectes par kg) suivie de loin par *Syzygium malaccense* (jambosier rouge, pomme malacca : médiane = 15 insectes par kg). Beaucoup d'espèces présentent une prévalence médiane nulle ; ceci s'explique par le fait que plus de la moitié des données de prévalence disponibles pour ces espèces est nulle. Ces données sont notamment le résultat d'une enquête de grande échelle visant plusieurs espèces de mouches réalisée à La Réunion (Moquet *et al.*, 2021).

Tableau 4. Fruits hôtes classés par ordre décroissant selon la prévalence médiane de *B. zonata* (nombre d'insectes par kg de fruits).

n : nombre de données ; N : nombre d'articles ; min, quart.1, Med, Moy, quart.3, Max : analyse descriptive des données ; Est. : estimation statistique (si n>2) ; Borne inf., sup. : bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance calculées avec un modèle linéaire généralisé (95%) ; NA : not available

Fruits hôtes	n	N	Min.	Quart.1	Med.	Moy.	Quart.3	Max	Borne inf.	Est.	Borne sup.
<i>Terminalia catappa</i>	47	2	0,0	14,2	131,9	194,3	230,8	1033,3	14,1	34,2	82,7
<i>Syzygium malaccense</i>	2	1	0,0	7,6	15,2	15,2	22,8	30,4	NA	NA	NA
<i>Persea americana</i>	3	1	3,4	5,2	7,1	12,3	16,8	26,5	0,6	8,6	112,4
<i>Psidium guajava</i>	38	2	0,0	0,0	2,4	40,8	27,7	381,8	0,8	2,2	6,1
<i>Syzygium samarangense</i>	6	1	0,0	0,0	2,0	245,5	11,4	1455,0	0,0	2,0	120,4
<i>Citrus reticulata</i>	4	1	0,0	0,0	1,9	9,7	11,6	34,8	0,0	1,0	107,9
<i>Citrus maxima</i>	2	1	0,0	0,6	1,2	1,2	1,8	2,4	NA	NA	NA
<i>Mangifera indica</i>	16	3	0,0	0,0	0,9	5,7	5,9	41,6	0,2	0,9	3,0
<i>Citrus sinensis</i>	7	2	0,0	0,0	0,4	0,3	0,5	0,6	0,0	0,2	0,5
<i>Prunus domestica</i>	2	1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	NA	NA	NA
<i>Punica granatum</i>	2	1	0,0	0,2	0,4	0,4	0,5	0,7	NA	NA	NA
<i>Malus domestica</i>	6	2	0,0	0,1	0,3	0,4	0,7	1,0	0,0	0,3	1,0
<i>Annona reticulata</i>	3	1	0,0	0,0	0,0	1,5	2,2	4,4	0,0	0,3	84,5
<i>Annona squamosa</i>	1	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA
<i>Carica papaya</i>	3	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Citrullus lanatus</i>	1	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA
<i>Coccinia grandis</i>	15	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cucumis sativus</i>	20	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cucurbita pepo</i>	7	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diospyros kaki</i>	2	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA
<i>Eriobotrya japonica</i>	6	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ficus carica</i>	2	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA
<i>Lagenaria siceraria</i>	4	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Luffa acutangula</i>	3	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mimusops elengi</i>	4	1	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	6,0	0,0	0,2	7,2
<i>Momordica charantia</i>	100	1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0
<i>Prunus persica</i>	10	2	0,0	0,0	0,0	2,7	2,2	15,2	8,2	8,7	9,2
<i>Psidium cattleianum</i>	28	1	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	61,7	0,0	0,2	0,6
<i>Solanum lycopersicum</i>	19	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Solanum melongena</i>	4	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Syzygium jambos</i>	26	1	0,0	0,0	0,0	19,9	8,2	243,8	0,2	0,7	2,4
<i>Ziziphus mauritiana</i>	9	1	0,0	0,0	0,0	19,6	17,9	86,8	0,0	1,2	14,6

2.2.8.3.2 Classement en fonction du risque ($R = \text{quantité importée} \times \text{prévalence}$)

Les espèces ont ensuite été classées selon le risque R, c'est-à-dire selon le nombre d'insectes médian importés (importations x prévalence) (tableau 5). Le même classement est présenté d'une autre manière dans le tableau 6, en utilisant les rangs des espèces plutôt que les nombres d'insectes importés pour faciliter la lecture.

Tableau 5. Espèces de fruits classées par ordre décroissant selon le nombre d'insectes médian de *Bactrocera zonata* importés

n : nombre de données ; N : nombre d'articles ; min, quart.1, Med, Moy, quart.3, Max : analyse descriptive des données ; Est. : estimation statistique (si n>2) ; Borne inf., sup. : bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance calculées avec un modèle linéaire généralisé (95%) ; NA : not available

Fruits hôtes	n	N	Min.	Quart.1	Med.	Moy.	Quart.3	Max	Borne inf.	Est.	Borne sup.
<i>Persea americana</i>	3	1	68709387,3	106148112,4	143586837,6	249458612,5	339833225,1	536079612,7	11724176,3	174944344,9	2275787541,5
<i>Citrus reticulata</i>	4	1	0,0	0,0	75627039,0	379932703,4	455559742,4	1368476735,5	0,0	38655285,9	4239793288,8
<i>Mangifera indica</i>	16	3	0,0	0,0	6563301,1	41485739,2	42880234,1	303263872,5	1693126,7	6657457,8	21795485,5
<i>Citrus sinensis</i>	7	2	0,0	0,0	6409072,4	4349013,4	7210206,5	9613608,7	217902,4	2726194,4	8691046,4
<i>Punica granatum</i>	2	1	0,0	284639,4	569278,8	569278,8	853918,2	1138557,6	NA	NA	NA
<i>Citrus maxima</i>	2	1	0,0	130810,7	261621,4	261621,4	392432,2	523242,9	NA	NA	NA
<i>Psidium guajava</i>	38	2	0,0	0,0	235701,2	4001151,7	2715701,7	37408717,6	74041,7	216064,4	598668,6
<i>Syzygium samarangense</i>	6	1	0,0	0,0	132,7	16365,7	761,8	97001,3	0,0	132,6	8024,8
<i>Prunus domestica</i>	2	1	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	NA	NA	NA
<i>Annona reticulata</i>	3	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Annona squamosa</i>	1	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA
<i>Carica papaya</i>	3	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Citrullus lanatus</i>	1	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA
<i>Coccinia grandis</i>	15	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cucumis sativus</i>	20	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cucurbita pepo</i>	7	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Diospyros kaki</i>	2	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA
<i>Eriobotrya japonica</i>	6	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ficus carica</i>	2	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA
<i>Lagenaria siceraria</i>	4	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Luffa acutangula</i>	3	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Malus domestica</i>	6	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mimusops elengi</i>	4	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Momordica charantia</i>	100	1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	61,4	0,0	0,0	0,1

<i>Prunus persica</i>	10	2	0,0	0,0	0,0	18435,6	14888,8	103905,2	55845,5	59224,8	62808,5
<i>Psidium cattleianum</i>	28	1	0,0	0,0	0,0	486,0	0,0	4111,0	1,8	13,8	42,8
<i>Solanum lycopersicum</i>	19	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Solanum melongena</i>	4	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Syzygium jambos</i>	26	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Syzygium malaccense</i>	2	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	NA	NA	NA
<i>Terminalia catappa</i>	47	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Ziziphus mauritiana</i>	9	1	0,0	0,0	0,0	18992,8	17327,4	84272,1	21,0	1198,6	14130,6

Tableau 6. Rangs des espèces de fruits hôtes de *Bactrocera zonata* classées selon le risque R

n : nombre de données ; N : nombre d'articles ; min, quart.1, Med, Moy, quart.3, Max : analyse descriptive des données ; Est. : estimation statistique (si n>2) ; Borne inf., sup. : bornes inférieures et supérieures de l'intervalle de confiance calculées avec un modèle linéaire généralisé (95%) ; NA : not available

Fruits hôtes	n	N	Min.	Quart.1	Med.	Moy.	Quart.3	Max	Borne inf.	Est.	Borne sup.
<i>Persea americana</i>	3	1	1	1	1	2	2	2	1	4	5
<i>Citrus reticulata</i>	4	1	17,5	18,5	2	1	1	1	17,5	5	4
<i>Mangifera indica</i>	16	3	17,5	18,5	3	3	3	3	2	6	6
<i>Citrus sinensis</i>	7	2	17,5	18,5	4	4	4	5	3	7	7
<i>Punica granatum</i>	2	1	17,5	2	5	6	6	6	NA	NA	NA
<i>Citrus maxima</i>	2	1	17,5	3	6	7	7	7	NA	NA	NA
<i>Psidium guajava</i>	38	2	17,5	18,5	7	5	5	4	4	8	8
<i>Syzygium samarangense</i>	6	1	17,5	18,5	8	10	10	9	17,5	11	11
<i>Prunus domestica</i>	2	1	2	4	9	12	11	13	NA	NA	NA
<i>Annona reticulata</i>	3	1	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	21	21
<i>Annona squamosa</i>	1	1	17,5	18,5	21	23	22	23	NA	NA	NA
<i>Carica papaya</i>	3	1	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	21	21
<i>Citrullus lanatus</i>	1	1	17,5	18,5	21	23	22	23	NA	NA	NA
<i>Coccinia grandis</i>	15	1	17,5	18,5	21	23	22	23	9	15	15
<i>Cucumis sativus</i>	20	1	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	2	2
<i>Cucurbita pepo</i>	7	1	17,5	18,5	21	23	22	23	10	16	16
<i>Diospyros kaki</i>	2	1	17,5	18,5	21	23	22	23	NA	NA	NA
<i>Eriobotrya japonica</i>	6	1	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	21	21
<i>Ficus carica</i>	2	1	17,5	18,5	21	23	22	23	NA	NA	NA
<i>Lagenaria siceraria</i>	4	1	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	3	3
<i>Luffa acutangula</i>	3	1	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	17	17
<i>Malus domestica</i>	6	2	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	21	21
<i>Mimusops elengi</i>	4	1	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	21	21
<i>Momordica charantia</i>	100	1	17,5	18,5	21	13	22	12	17,5	13	13
<i>Prunus persica</i>	10	2	17,5	18,5	21	9	9	8	5	9	9
<i>Psidium cattleianum</i>	28	1	17,5	18,5	21	11	22	11	7	12	12
<i>Solanum lycopersicum</i>	19	1	17,5	18,5	21	23	22	23	8	14	14
<i>Solanum melongena</i>	4	1	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	1	1
<i>Syzygium jambos</i>	26	1	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	21	21
<i>Syzygium malaccense</i>	2	1	17,5	18,5	21	23	22	23	NA	NA	NA
<i>Terminalia catappa</i>	47	2	17,5	18,5	21	23	22	23	17,5	21	21
<i>Ziziphus mauritiana</i>	9	1	17,5	18,5	21	8	8	10	6	10	10

Seules les neuf premières espèces classées selon le risque R médian présentent des rangs distincts. Treize espèces présentent des rangs distincts selon le risque par la valeur R max. Le GT a décidé de ne pas opter pour un classement unique mais d'identifier quels sont les fruits hôtes qui arrivent en haut du classement présenté dans le tableau 6 en se basant sur 6 différentes valeurs de prévalence (médiane, moyenne, 3ème quartile, max, estimation

statistique, borne supérieure de l'intervalle de confiance). Le minimum et la borne inférieure de l'intervalle de confiance n'ont cependant pas été pris en compte car ces valeurs peuvent conduire à une forte sous-estimation du risque, ce qui n'est pas souhaitable dans le cadre d'une analyse des risques. Le 1^{er} quartile n'a pas été pris en compte également car très peu discriminant. Selon les six classements conservés, sept espèces de fruits hôtes figurent toujours parmi les 10 espèces ayant les plus fortes valeurs de R (tableau 7) : *Persea americana* (avocat), *Citrus reticulata* (mandarine), *Mangifera indica* (mangue), *Citrus sinensis* (orange), *Punica granatum* (grenade), *Citrus maxima* (pamplemousse) et *Psidium guajava* (goyave).

Tableau 7. Sélection des espèces classées parmi les 10 espèces ayant le plus fort niveau de risque R en fonction du rang

n : nombre de données ; N : nombre d'articles ; quart.1, Med, Moy, quart.3, Max : analyse descriptive des données ; Est. : estimation statistique (si n>2) ; Borne sup. : borne supérieure de l'intervalle de confiance (95%) ; NA : not available ; les espèces sont ici listées en fonction du classement par la médiane ; les espèces en gras présentent un rang inférieur ou égal à 10 quelque soit la colonne utilisée pour estimer le niveau de risque R

Fruits hôtes	n	N	Med.	Moy.	Quart.3	Max	Est.	Borne sup.
<i>Persea americana</i>	3	1	1	2	2	2	4	5
<i>Citrus reticulata</i>	4	1	2	1	1	1	5	4
<i>Mangifera indica</i>	16	3	3	3	3	3	6	6
<i>Citrus sinensis</i>	7	2	4	4	4	5	7	7
<i>Punica granatum</i>	2	1	5	6	6	6	NA	NA
<i>Citrus maxima</i>	2	1	6	7	7	7	NA	NA
<i>Psidium guajava</i>	38	2	7	5	5	4	8	8
<i>Syzygium samarangense</i>	6	1	8	10	10	9	11	11
<i>Prunus domestica</i>	2	1	9	12	11	13	NA	NA

Seules les neuf premières espèces classées selon le risque R médian présentent des rangs distincts et sont présentées dans ce tableau. Les autres espèces partagent toutes le même rang 21

Plusieurs remarques sont à noter :

- De nombreuses espèces présentent une donnée de prévalence nulle ; cela est dû au fait que plus de la moitié des données disponibles pour ces espèces sont nulles ;
- *Terminalia catappa*, espèce non cultivée, présente la prévalence la plus élevée avec un nombre important de données. Elle ne se retrouve pas en haut du classement selon le risque R car elle n'est pas importée à partir de pays infestés par *B. zonata* ; *Syzygium malaccense* qui présente moins de données que *Terminalia catappa* se retrouve également dans la même situation ;
- Des plantes telles que *Persea americana*, *Citrus reticulata*, *Citrus maxima* et *Mangifera indica* présentent des prévalences inférieures à celles de *T. catappa* ou *S. malaccense* (tableau 4) se retrouvent avec des niveaux de risque élevés compte tenu des importants volumes importés à partir de pays où *B. zonata* est présente (tableau 5).

2.2.8.3.3 Classement en fonction des interceptions

Un classement des fruits en fonction du nombre d'interceptions de *B. zonata* sur les frontières françaises depuis 2010 a été réalisé. Ces données sont disponibles en annexe 7. Les résultats placent *Mangifera indica* en première position avec plus de 400 interceptions cumulées suivie par *Annona squamosa* avec 4 fois moins de mouches interceptées (tableau 8). Deux remarques sont importantes à rappeler à ce stade qui constituent des limites à considérer lors de l'interprétation des données d'interceptions : (i) les espèces de fruits qui n'ont pas été contrôlés ne sont pas connus, (ii) les contrôles ayant conduit à des résultats négatifs ne sont pas tracés.

Tableau 8. Nombre d'interceptions de *Bactrocera zonata* sur les espèces de fruits importés en France métropolitaine depuis 2010

Espèce	Somme du nombre d'interceptions
<i>Mangifera indica</i>	442
<i>Annona squamosa</i>	105
<i>Psidium guajava</i>	31
<i>Ziziphus</i> spp.	11
<i>Annona muricata</i>	2
<i>Mangifera</i> spp.	2
<i>Citrus hystrix</i>	1

2.2.8.3.4 Classement tenant compte du risque R et des interceptions

Un classement des espèces de fruit tenant compte à la fois du risque d'entrée R (R = quantité importée x prévalence) et des données d'interception est présenté dans le tableau 9. Ce classement est basé sur deux critères : rang inférieur ou supérieur à 10 en fonction de R (tableau 7) et enregistrement ou pas d'enregistrement d'interceptions (tableau 8).

Ce tableau doit être lu à la lumière des remarques suivantes :

- Tous les fruits figurant dans le tableau 9 sont potentiellement à risque ; néanmoins, afin de répondre au mieux à la question posée par la saisine, le GT a tenté de réaliser un classement pour aider le gestionnaire à prioriser sa surveillance ;
- Le tableau 9 reflète les connaissances scientifiques en termes de prévalence et les données relatives aux importations et aux interceptions au moment de l'élaboration de ce rapport ; toute donnée nouvelle d'une interception enregistrée sur un fruit ou tout nouveau flux d'importation peut affecter grandement cette distribution et induire le glissement d'une plante d'une catégorie à une autre ;
- Catégorie A (rang < 10 et interceptions enregistrées) : Risque élevé avec incertitude faible pour les mangues et les goyaves compte tenu des rangs qu'elles occupent et des interceptions enregistrées sur ces fruits ;
- Catégorie B (rang > 10 avec interceptions) : Risque modéré avec incertitude faible. Une seule espèce, le pommier cannelle (*Annona squamosa*) occupe ce rang. En dépit du fait que le rang de cette espèce est supérieur à 10 compte tenu des volumes d'importations faibles et de la prévalence faible, des interceptions réelles de *B. zonata* ont déjà été enregistrées sur *A. squamosa*, ce qui place cette espèce dans cette catégorie, la surclassant ainsi par rapport aux fruits sur lesquels aucune interception n'a été enregistrée ;

- Catégorie C (rang < 10 sans interceptions enregistrées) : Risque modéré avec incertitude modérée. *P. americana* est dans cette catégorie alors qu'il présente un risque R élevé ; en effet, aucune interception n'a été réalisée sur cette espèce.
- Catégorie D (rang > 10 sans interceptions enregistrées) : Risque modéré avec incertitude forte. La classification de *Prunus persica* (pêcher) qui est dans cette catégorie doit être interprétée avec précaution : sur les six classements adoptés, le rang médian est supérieur à 10 (Rang = 21 selon la médiane de R dans le tableau 6) du fait d'une prévalence nulle (tableau 4) ; comme évoqué plus haut, cette prévalence médiane nulle est due au fait que plus de la moitié des données disponibles pour le pêcher sont nulles. Ces données ont notamment été recueillies dans le cadre d'une enquête de grande échelle visant plusieurs espèces de mouches réalisée à La Réunion (Moquet *et al.*, 2021). Une explication possible est que le pêcher soit cultivé à La Réunion dans des zones où le climat n'est pas idéal pour *B. zonata*, modulant ainsi ses attaques sur le pêcher. Le GT a réalisé l'analyse en écartant les données nulles recueillies dans le cadre de l'étude de Moquet *et al.* (2021) (analyse non présentée dans ce rapport), *P. persica* se retrouverait alors en catégorie C, son rang médian devenant inférieur. De plus, les importations à partir de pays infestés sont absentes en 2020 et 2021 et faibles en 2022 (20 tonnes par an).

Tableau 9. Distribution des espèces de fruits hôtes de *Bactrocera zonata* selon les valeurs de R et des interceptions (classées par ordre alphabétique au sein de chaque catégorie)

	Rang <10 selon R	Rang >10 selon R
	Rang selon les 6 scénarios (tableau 7 ; R pour Risque = quantité importée x prévalence)	
Interceptions réalisées sur fruits	<u>Catégorie A</u> <i>Mangifera indica</i> <i>Psidium guajava</i>	<u>Catégorie B</u> <i>Annona squamosa</i>
Pas d'interceptions réalisées sur fruits	<u>Catégorie C</u> <i>Citrus maxima</i> <i>Citrus reticulata</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Persea americana</i> <i>Punica granatum</i>	<u>Catégorie D</u> <i>Annona reticulata</i> <i>Carica papaya</i> <i>Citrullus lanatus</i> <i>Coccinia grandis</i> <i>Cucumis sativus</i> <i>Cucurbita pepo</i> <i>Diospyros kaki</i> <i>Eriobotrya japonica</i> <i>Ficus carica</i> <i>Lagenaria siceraria</i> <i>Luffa acutangula</i> <i>Malus domestica</i> <i>Mimusops elengi</i> <i>Momordica charantia</i> <i>Prunus domestica</i> <i>Prunus persica</i> <i>Psidium cattleianum</i> <i>Solanum lycopersicum</i> <i>Solanum melongena</i> <i>Syzygium jambos</i> <i>Syzygium malaccense</i> <i>Syzygium samarangense</i> <i>Terminalia catappa</i> <i>Ziziphus mauritiana</i>

2.2.8.4 Profils des importations de fruits les plus à risque

Les profils des importations pour les fruits figurant en catégorie A sont étudiés en détail.

Les figures 9 et 10 présentent les volumes d'importations mensuelles de mangues, et de goyaves en France métropolitaine pour les années 2020 à 2022 à partir de pays infestés par *B. zonata* respectivement. Il est important de souligner que les flux d'importation ne sont pas du même ordre de grandeur.

Pour *Mangifera indica* (figure 9), les importations à partir de pays infestés ont essentiellement lieu entre juillet et septembre avec un pic d'importations en août. Les pays exportateurs sont nombreux mais la grande majorité provient d'Israël. La probabilité d'occurrence de la mouche sur les mangues récoltées en Israël pendant cette période est donc potentiellement élevée. De surcroît, plus de 70% des interceptions enregistrées depuis 2010 ont été réalisées sur mangues (tableau 8 et annexe 7). Enfin, près de 50% de cette marchandise arrive par le poste de contrôle frontalier de Marseille Fos-sur-Mer (résultat non montré obtenu par exploitation des données TRACES).

Les importations de goyaves (*Psidium guajava*) ont lieu pratiquement toute l'année, principalement en provenance d'Égypte (suivie par l'Inde) (figure 10). Des interceptions de *B. zonata* ont déjà été enregistrées sur des goyaves mais pas en provenance de l'Égypte (plutôt sur mangues) ; des interceptions sur des goyaves en provenance de l'Inde ont par ailleurs eu lieu (annexe 7). 99% des importations de goyaves arrivent par l'aéroport Roissy Charles-De-Gaulle (résultat non montré obtenu par exploitation des données TRACES).

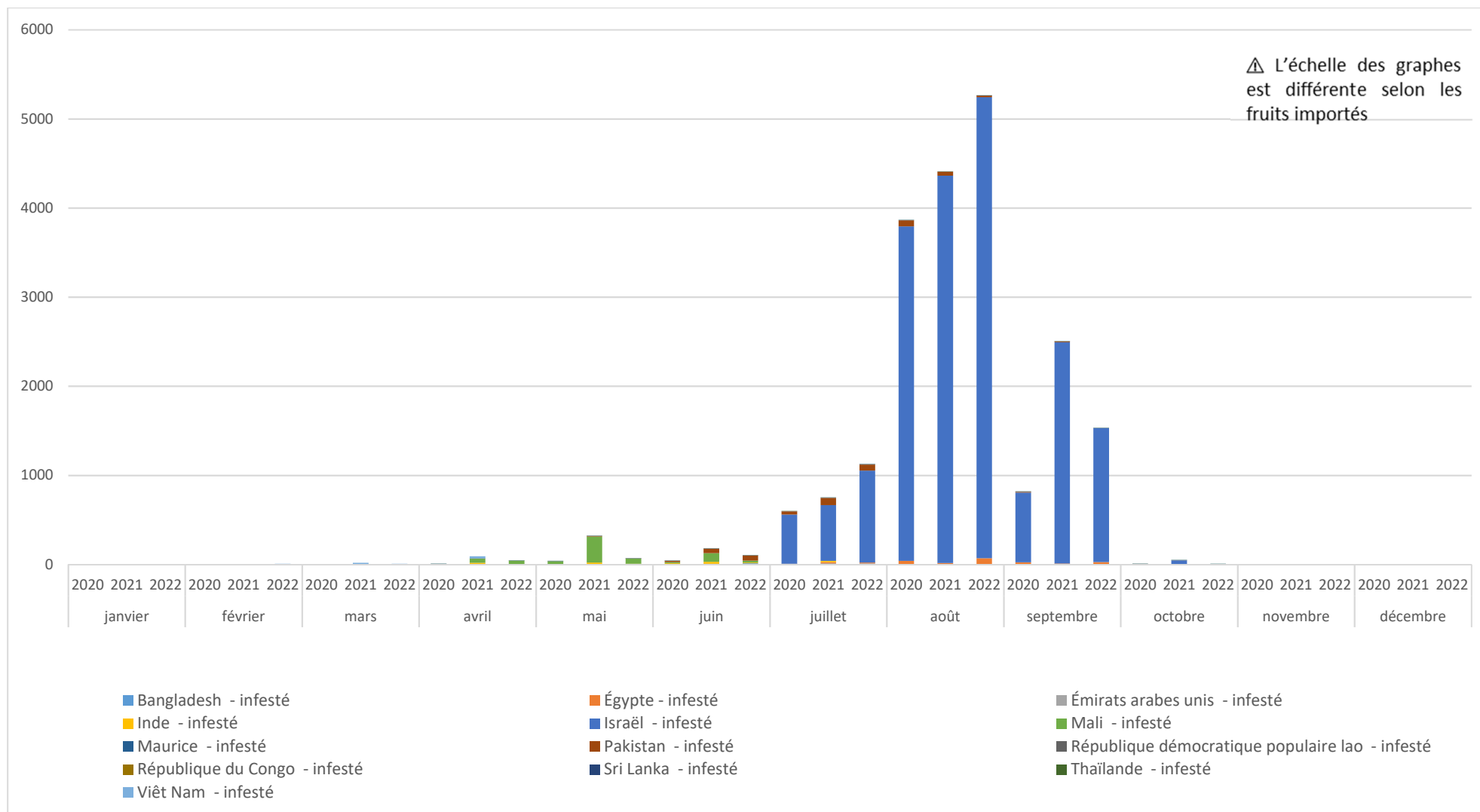


Figure 9. Profil des importations mensuelles de mangues (*Mangifera indica*) en tonnes en France métropolitaine pour les années 2020 à 2022 à partir de pays infestés par *Bactrocera zonata*

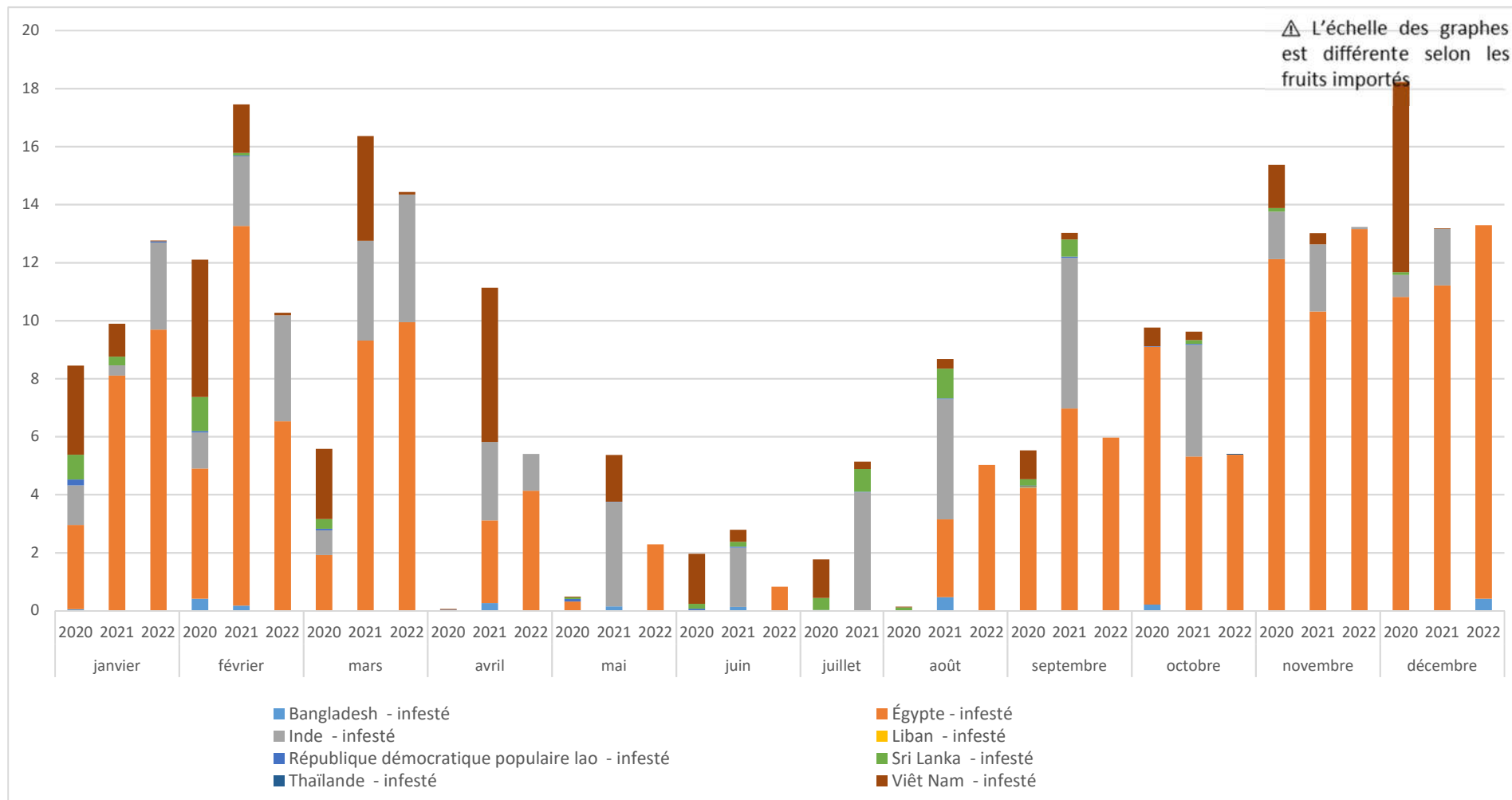


Figure 10. Profil des importations mensuelles de goyaves (*Psidium guajava*) en tonnes en France métropolitaine pour les années 2020 à 2022 à partir de pays infestés par *Bactrocera zonata*

Le GT a évalué l'intérêt d'intégrer les données relatives à la qualité du contrôle physique des marchandises en fonction du pays d'origine (données disponibles via TRACES) mais a estimé que les incertitudes au niveau des motifs de refus des marchandises d'une part et l'interprétation de ces données en matière de recommandations de gestion de risque d'autre part ne justifient pas leur inclusion dans l'analyse de risque. En effet, la marchandise dont la qualité est qualifiée d'« insatisfaisante » ne renseigne pas sur la présence de *B. zonata* dans les fruits. Le GT recommande que les données douanières relatives aux échantillons dits insatisfaisants soient détaillées (à l'espèce dans le cas de « présence d'un organisme nuisible »).

2.2.9 Probabilité d'établissement à l'extérieur dans la zone ARP

2.2.9.1 Révision de la littérature scientifique

A la connaissance du GT, cinq études portent sur l'estimation de la compatibilité climatique actuelle et/ou future de *B. zonata* en Europe, France métropolitaine incluse (Cobos-Suárez *et al.*, 2010 ; Ni *et al.*, 2012 ; EFSA, 2019 ; Zingore *et al.*, 2020 ; Ullah *et al.*, 2023). Dans ces cinq études, six cartes d'estimation de la compatibilité climatique ont été proposées.

Les articles de Zingore *et al.* (2020) et d'Ullah *et al.* (2023) se basent sur l'algorithme Maxent (Phillips *et al.*, 2006) afin d'estimer la compatibilité climatique actuelle et future de *B. zonata* dans le monde entier. Le GT s'est questionné à propos de ces différentes prédictions :

- (i) Certains paramètres des modèles sont trop peu décrits. Par exemple, la position des pseudo-absences – nommées parfois *background points* en anglais - générées pour ajuster leurs modèles n'est pas spécifiée. De même, les réponses des modèles aux différentes variables climatiques utilisées ne sont pas disponibles, ce qui rend impossible de juger de la fiabilité et de la pertinence écologique des modèles.
- (ii) Ces modèles prédisent une très faible compatibilité climatique dans des régions tropicales chaudes et humides qu'on suspecterait *a priori* favorables d'un point de vue climatique à un établissement durable de *B. zonata* au vu de la biologie de cette espèce. Par exemple, Ullah *et al.* (2023) prédisent une très faible compatibilité climatique dans la majorité de l'Afrique sub-saharienne et le sud et centre de la Chine. De même, Zingore *et al.* (2020) prédisent une très faible compatibilité climatique dans le sud et le centre de la Chine. Bien que *B. zonata* ne soit effectivement pas officiellement présente en Chine ou en Afrique sub-saharienne, le GT a émis des doutes sur ces prédictions. Il est, en effet, possible que cette absence soit le résultat de compétitions avec d'autres mouches de la famille des Tephritidae (e.g. *B. dorsalis* et *Ceratitis* spp.) plutôt que d'une faible compatibilité climatique de ces régions. Également, il est possible que *B. zonata* n'ait pas été introduite et disséminée dans ces régions.

Le rapport de l'EFSA (2019) prédit que *B. zonata* pourrait s'établir au Portugal et dans les zones côtières méditerranéennes de France, de Croatie, de Slovénie, de Grèce et de Chypre, ainsi que dans de grandes parties de l'Italie et de l'Espagne. Cependant, les auteurs de ce rapport indiquent qu'ils se basent sur les tolérances climatiques d'une autre espèce de mouche des fruits (*Anastrepha ludens*) pour arriver à cette conclusion. Le GT estime que cette méthodologie n'est pas fiable ni applicable spécifiquement pour *B. zonata*.

Trois autres prédictions se basent sur l'algorithme CLIMEX afin d'estimer la compatibilité climatique de l'Europe, France métropolitaine incluse (Cobos-Suárez *et al.*, 2010, Ni *et al.*, 2012 ; Ullah *et al.*, 2023). L'article de Cobos-Suárez *et al.* (2010) prédit que seules certaines zones du littoral méditerranéen et du sud-ouest de la France métropolitaine sont faiblement favorables à un établissement de *B. zonata*. La pertinence des prédictions proposées par Cobos-Suárez *et al.* (2010) est, cependant, difficile à juger car les auteurs ne fournissent pas la prédiction de la compatibilité climatique mondiale de *B. zonata* prédite par le modèle.

Ni *et al.* (2012) et Ullah *et al.* (2023) proposent des prédictions très similaires. Les auteurs ont utilisé des paramètres très semblables pour ajuster leur modèle CLIMEX à l'exception d'un

paramètre : le taux d'accumulation du stress hivernal. Cependant, cette légère différence de paramètre n'a pas d'impact majeur sur l'estimation de la compatibilité climatique de la France métropolitaine (figure 11). Au niveau mondial, ces prédictions annoncent les majeures parties de l'Afrique, de l'Asie du Sud-est et du sud et centre de la Chine comme compatibles d'un point de vue climatique pour un établissement de *B. zonata* (figure 11). En France métropolitaine, les deux modèles prédisent des valeurs optimales de compatibilité climatique le long de l'ensemble du littoral méditerranéen, du sud-ouest, du centre et des régions atlantiques françaises (figure 11). Cependant, le GT émet certaines réserves sur ces prédictions puisque des régions tropicales (par exemple en Asie du Sud-est et Afrique subsaharienne) et des régions tempérées sont prédites comme tout aussi compatibles d'un point de vue climatique à un établissement de *B. zonata*. Pour le GT, il est difficile de concevoir qu'une région au climat relativement frais soit considérée comme autant compatible climatiquement qu'une région au climat tropical pour l'établissement d'une mouche d'origine tropicale comme *B. zonata*, ce qui questionne la pertinence des paramètres de leurs modèles. Le GT souligne que les prédictions de Ni *et al.* (2012) et Ullah *et al.* (2023) pourraient surestimer la compatibilité climatique de la France. Selon le GT, les prédictions pour la France métropolitaine proposées par ces auteurs sont donc caractérisées par un haut niveau d'incertitude.

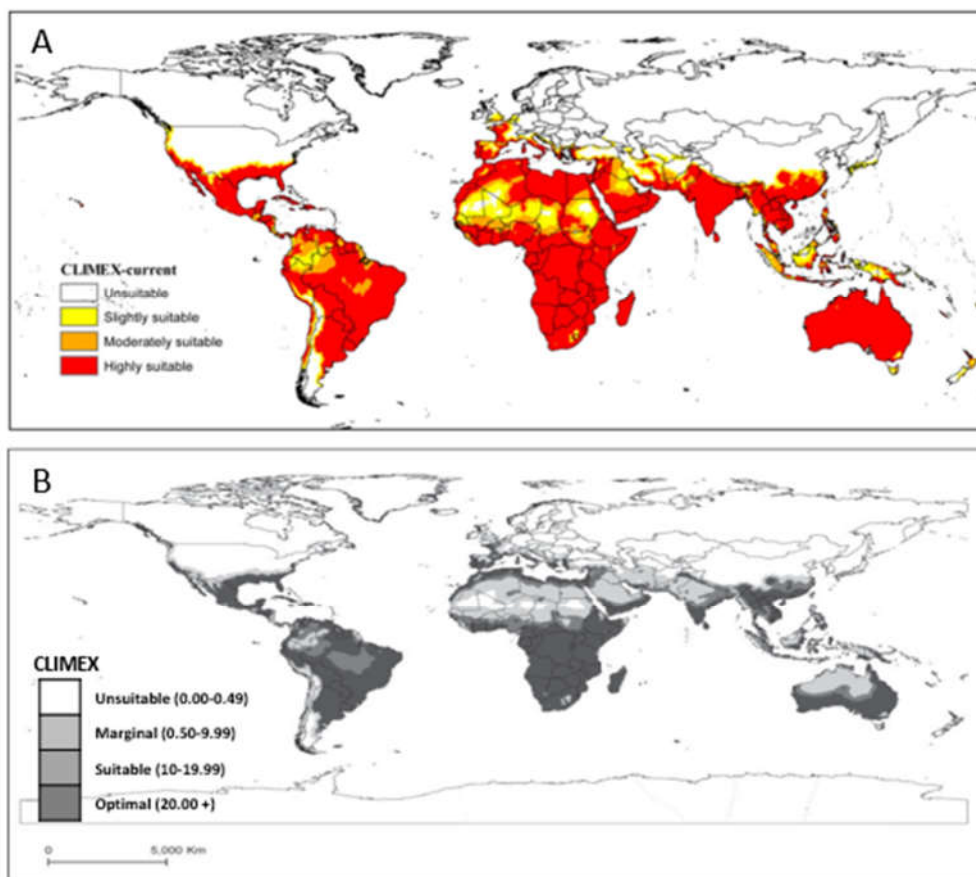


Figure 11. Prédications de la compatibilité climatique pour l'établissement de *Bactrocera zonata* proposées par les travaux de Ullah *et al.* (2023) (A) et de Ni *et al.* (2012) (B) qui se basent sur l'algorithme CLIMEX

2.2.9.2 Modélisation bioclimatique

2.2.9.2.1 *Méthode utilisée*

Considérant les incertitudes décrites dans la section 2.2.9.1, le GT a jugé nécessaire de réajuster de nouveaux modèles bioclimatiques afin d'estimer la compatibilité climatique actuelle et future de la France métropolitaine pour *B. zonata*. Pour estimer si les conditions climatiques de la France métropolitaine sont favorables à un établissement durable de *B. zonata*, le GT a adopté des approches corrélatives de modélisation bioclimatique d'aire de répartition d'espèces (Peterson, 2003). Ce type d'approche se base sur l'extraction de données climatiques aux points de présence et/ou d'absence d'une espèce afin de caractériser ses tolérances climatiques. Deux principaux types d'approches corrélatives de modélisation bioclimatique d'aire de répartition d'espèce existent :

- (1) Des approches statistiques qui discriminent des données de présence et d'absence (ou de pseudo-absence selon la méthode utilisée) en fonction de variables climatiques. Si des vraies absences ne sont pas disponibles, le modélisateur peut décider de générer des "pseudo-absences" à condition qu'elles soient générées dans un espace géographique accessible pour l'espèce et que l'absence de l'espèce dans ces zones soit due à des facteurs climatiques. Dans le cas de *B. zonata*, ces zones géographiques accessibles se situeraient en Asie et en Afrique (en partant de l'hypothèse que *B. zonata* ait été introduite dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne). Cependant, selon le GT, il est possible que *B. zonata* ait été introduite dans ces régions mais ne s'y soit pas installée principalement en raison d'interactions de compétition avec d'autres mouches des fruits, et non pour des raisons climatiques (voir la section 2.2.2.1.4 qui aborde la compétition interspécifique chez les mouches des fruits). Également, on ne peut pas exclure l'hypothèse que *B. zonata* n'ait pas été introduite et disséminée dans ces régions. En conséquence, il serait déraisonnable de générer des pseudo-absences dans ces régions et la possibilité d'utiliser une telle approche de modélisation bioclimatique a été écartée par le GT.
- (2) Une deuxième approche consiste à extraire les valeurs de variables climatiques écologiquement pertinentes (c'est-à-dire des variables climatiques qui ont un impact direct sur la biologie de l'espèce) aux points de présence de l'espèce étudiée et ne pas générer de données de pseudo-absences pour ajuster les modèles. C'est ce type d'approche qui a été préférée par le GT, qui a utilisé la version de l'algorithme BIOCLIM (Nix, 1986 ; Busby, 1991 ; Booth *et al.*, 2014) disponible dans le paquet dismo (Hijmans *et al.*, 2017) du logiciel statistique R (R core team, 2021). Cette approche compare les valeurs des variables climatiques d'un lieu donné à la distribution des percentiles de ces mêmes valeurs climatiques extraites aux points de présence de l'espèce étudiée. Plus les valeurs des variables climatiques de cet endroit donné sont proches du 50^{ème} percentile (la médiane) des valeurs extraites aux points de présence de l'espèce étudiée, et plus l'indice sera élevé (maximum =0,5). Dans la version originale de l'algorithme BIOCLIM proposée par Hijmans *et al.* (2017), les deux extrémités de la distribution des percentiles des valeurs climatiques extraites aux points de présence d'une espèce ne sont pas distinguées, c'est-à-dire que le 10^{ème} percentile est considéré comme équivalent au 90^{ème} percentile. Dans cette analyse de risque, le GT a décidé de donner un score maximum (c'est-à-dire 0,5) aux régions qui présentent des valeurs supérieures à la médiane pour les variables climatiques considérées (voir la section 2.2.9.2.2 pour la justification des variables climatiques considérées dans le modèle). Le GT a en effet décidé de faire l'hypothèse que seules les faibles valeurs de

températures hivernales ou d'accumulation de chaleur annuelle doivent être considérées comme des facteurs limitants pour un établissement durable de *B. zonata* en France métropolitaine. Cette hypothèse se justifie par le fait que *B. zonata* est une espèce tropicale qui se développe de manière optimale dans des conditions chaudes. La valeur 0 est attribuée à toutes les régions dont la valeur d'au moins une variable climatique se situe en dessous du minimum des valeurs de cette même variable climatique extraite aux points de présence de cette espèce. Lorsque plusieurs variables sont utilisées, le score minimum pour l'ensemble des variables environnementales est calculé. Finalement, la valeur finale de l'indice de compatibilité climatique est multipliée par 2, de sorte que les résultats se situent entre 0 et 1. Le GT souligne que la comparaison de ce type de modèle entre deux espèces différentes doit se faire avec une grande prudence car les indices de compatibilité climatiques fournis par ces approches corrélatives dépendent de la quantité et la nature des données disponibles pour chaque espèce.

Pour ajuster les modèles bioclimatiques, le GT a collecté exhaustivement des données d'occurrence de *B. zonata* dans la littérature scientifique et certaines bases de données (par exemple : la base de données « Global biodiversity information facility » <https://www.gbif.org/>, la base de données <https://fruitflies.africanmuseum.be/> et EPPO GD⁶). De ce jeu de données initial, le GT a éliminé les données incertaines et les données d'interceptions. Certains points situés dans des vallées de l'Himalaya ont également été écartés car les données climatiques disponibles ne sont pas assez performantes pour capturer ces microclimats à très fine résolution dans des vallées de zones montagneuses. Pour éviter les doublons, le GT a conservé une seule occurrence de *B. zonata* par cellule des images matricielles climatiques utilisées dans les modèles. Les données de présence de *B. zonata* utilisées pour ajuster les modèles bioclimatiques sont représentées dans la figure 12.

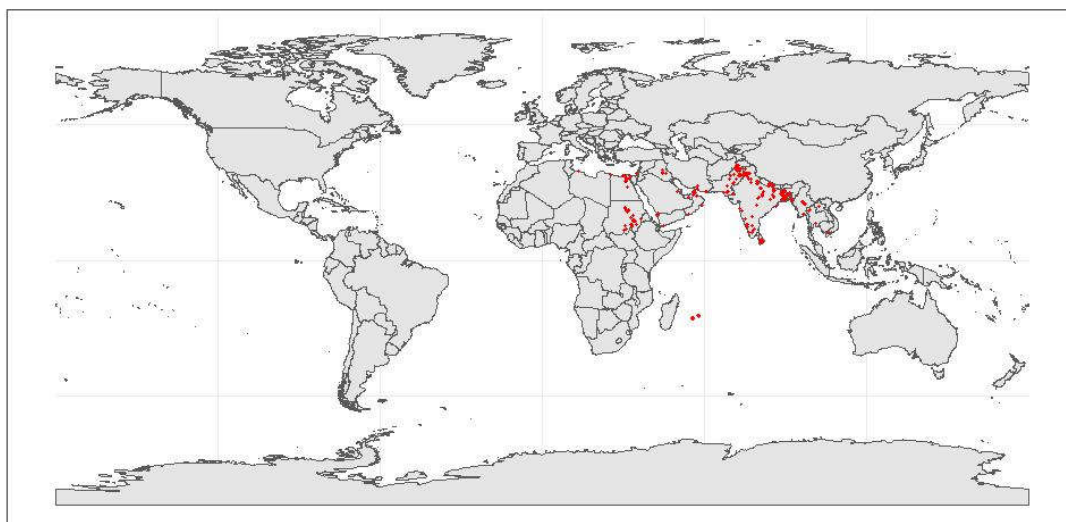


Figure 12. Points d'occurrence de *Bactrocera zonata* utilisés pour ajuster des modèles bioclimatiques

Les données climatiques ont été extraites depuis la base de données CHELSA (« *Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas* ») à une résolution de 30 arc-secondes (Brun *et al.*, 2022). Ces données bioclimatiques représentent des moyennes mondiales relatives à la période allant de 1980 à 2010. Les occurrences de *B. zonata* qui ont été enregistrées après 2010 ont été considérées dans l'ajustement des modèles

bioclimatiques pour éviter de perdre une quantité importante de données sur l'aire de répartition géographique de l'espèce et éviter une sous-estimation du risque d'établissement.

2.2.9.2.2 Facteurs de stress climatique

Trois contraintes climatiques majeures ont été identifiées par le GT comme pouvant influencer sur la compatibilité climatique de la France métropolitaine pour un établissement durable de *B. zonata*.

- Le stress hydrique
- Les températures hivernales
- L'accumulation de chaleur annuelle

2.2.9.2.2.1 Le stress hydrique

Les conditions d'humidité ont un impact important sur le développement et la survie des pupes des mouches des fruits (Neilson, 1964; Shoukry & Hafez, 1979; Eskafi & Fernandez, 1990 ; Teruya, 1990 ; Duyck *et al.*, 2004a ; Duyck *et al.*, 2006b) ainsi que sur la biologie des adultes (Ben-Yosef *et al.*, 2021). L'espèce *B. zonata* est considérée comme une espèce de Tephritidae particulièrement bien adaptée aux conditions sèches. En effet, des études de laboratoire ont montré une plus grande tolérance des pupes de *B. zonata* à la dessiccation en comparaison à d'autres mouches des fruits comme *Ceratitis quilicir*³, *Ceratitis catoirii* et *Ceratitis capitata* (Duyck *et al.*, 2006b). Des relevés de terrain effectués sur l'île de La Réunion ont également montré que *B. zonata* peut être localement dominante lorsque les conditions sont chaudes et sèches (Duyck *et al.*, 2006b). De même, *B. zonata* a également montré un plus grand taux de survie que celui de ces mêmes espèces de *Ceratitis* lorsque les pupes sont immergées dans l'eau durant plusieurs heures (Duyck *et al.*, 2006b). Une autre étude a montré que les pupes de *C. capitata*, une espèce qui s'est déjà établie dans le sud de la France¹¹, sont plus résistantes à la dessiccation que d'autres mouches des fruits comme *Bactrocera dorsalis* et *Bactrocera cucurbitae* (Vargas *et al.*, 1987).

Le GT estime que les conditions d'humidité ne devraient pas représenter une contrainte majeure pour l'établissement de *B. zonata* en France métropolitaine. Plusieurs raisons expliquent cela :

- (1) Les régions les plus sèches de la France métropolitaine – où la probabilité qu'il existe un stress hydrique pour *B. zonata* est la plus grande - sont les régions méditerranéennes. Or, la mouche des fruits *C. capitata* est établie dans le sud de la France¹¹). Etant donné que *B. zonata* est considérée comme plus tolérante que *C. capitata* à la dessiccation (Duyck *et al.*, 2006b), il est attendu que ce stress hydrique ne soit pas un facteur extrêmement limitant pour un établissement de *B. zonata* en France.
- (2) Comme nous l'avons déjà souligné dans un rapport précédent portant sur *B. dorsalis* (Anses, 2024), les régions les plus sèches de France peuvent recevoir un surplus d'eau via l'irrigation (Wriedt *et al.*, 2009). Les activités d'irrigation sont connues pour pouvoir diminuer le stress hydrique potentiel pour les mouches de fruits (De Villiers *et al.*, 2016 ; Vera *et al.*, 2002). Comme l'irrigation pourrait diminuer le stress hydrique pour un établissement de *B. zonata* en France métropolitaine durant les périodes les plus sèches

¹¹ Voir la distribution sur EPPO GD <https://gd.eppo.int>

de l'année, le GT préfère ne pas considérer ce stress hydrique comme une contrainte majeure afin d'éviter une sous-estimation potentielle du risque.

2.2.9.2.2.2 Les températures hivernales

Les températures hivernales sont souvent considérées comme la principale contrainte pour un établissement des mouches des fruits tropicales dans les régions tempérées (Han *et al.*, 2011). La tolérance au froid de *B. zonata* est décrite dans la section 2.2.2.1.2. Pour cartographier la compatibilité des températures hivernales rencontrées en France à un établissement de *B. zonata*, le GT a ajusté l'approche BIOCLIM, décrite dans la section 2.2.9.2.1, en utilisant deux variables relatives aux températures hivernales – c'est-à-dire la température moyenne du trimestre le plus froid de l'année et la température minimale du mois le plus froid de l'année. Les régions qui présentent l'indice de compatibilité le plus important sont les régions côtières méditerranéennes et atlantiques et le sud-ouest de la France (indice maximum ≈ 0.1 dans les régions de basses altitudes en Corse ; figure 13). Les régions du centre et du nord de la France de basses-altitudes montrent un indice de compatibilité faible (non-nul mais très proche de zéro). Les régions de hautes altitudes dans les Alpes, les Pyrénées, le Massif Central, le Jura et les Vosges présentent un indice de compatibilité nul (figure 13).

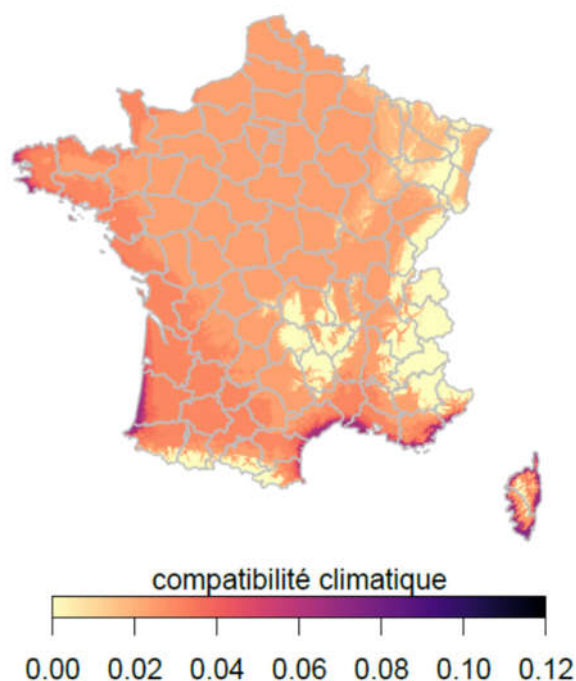


Figure 13. Prédiction de la compatibilité climatique de la France pour un établissement durable de *Bactrocera zonata* en fonction de deux variables climatiques relatives aux températures hivernales issues de la base de données CHELSEA (période 1980-2010).

Cette prédiction est issue de l'algorithme BIOCLIM ajusté avec la température moyenne du trimestre le plus froid de l'année et la température minimale du mois le plus froid de l'année. Dans cette figure, l'échelle de l'indice de compatibilité climatique va de 0 à 0,12 afin de mettre en valeur les contrastes entre différentes régions de France. Le GT rappelle que l'indice maximal de compatibilité climatique de cette approche est de 1 à l'échelle mondiale, ce qui signifie que les valeurs prédites en France sont globalement faibles.

2.2.9.2.2.3 L'accumulation de chaleur annuelle

L'accumulation de chaleur annuelle est un facteur important pour qu'une espèce puisse compléter une ou plusieurs générations. Le nombre de générations observés annuellement dans le monde chez *B. zonata* va de 3 à 9 (Delrio & Cocco, 2012).

Plusieurs seuils théoriques de température minimale de développement des différents stades biologiques accompagnés de leur constante thermique (quantité de degrés-jours nécessaires pour compléter le développement) ont été proposés dans la littérature scientifique (Mohamed, 2000 ; Duyck *et al.*, 2004a ; Younes & Akel, 2010 ; Fetoh, 2012 ; Adly, 2016 ; Ali, 2016 ; Choudhary *et al.*, 2020). Selon Duyck *et al.* (2004a), des seuils théoriques de température minimale de développement de 12,7°C, 12,6°C et 12,8°C accompagnés de quantités respectives de 25, 68 et 131 degrés-jours seraient nécessaires pour compléter les stades œufs, larves et pupes respectivement. Selon Choudhary *et al.* (2020), des seuils théoriques de température minimale de développement de 11,9°C, 12,7°C et 13,6°C accompagnés de quantités respectives de 34, 111 et 199 degrés-jours seraient nécessaires pour compléter les stades œufs, larves et pupes respectivement. Néanmoins, à l'instar des études de Adly (2016), Ali *et al.* (2016), Younes & Akel (2000) et Mohamed (2000), ces travaux ne fournissent pas de seuil théorique de température minimale de développement et de constante thermique associée relatives à la maturité sexuelle des femelles. Ces études n'ont donc pas été considérés par le GT. Les travaux de Fetoh *et al.* (2012) n'ont également pas été retenus car la présentation de la méthodologie et des résultats était difficile à interpréter.

Selon le GT, les deux études les plus complètes pour estimer la quantité de chaleur nécessaire au développement d'une génération complète de *B. zonata* sont les travaux de Ahmed *et al.* (2007) et Bayoumi *et al.* (2021). Selon Ahmed *et al.* (2007), les seuils de température minimale de développement sont de 11,83°C pour le stade embryonnaire, 12,13°C pour les stades larvaires, 12,67°C pour le stade pupal, 11,67°C pour la période de pré-oviposition et 11,84°C pour la génération complète. Selon Ahmed *et al.* (2007), l'accumulation de chaleur nécessaire pour achever ces différentes phases phénologiques sont de 28, 92, 141, 232 et 488 degrés-jour respectivement. Selon Bayoumi *et al.* (2021), les seuils de température minimale de développement sont de 12,27°C pour l'œuf, 9,06°C pour la larve, 10,48°C pour la pupa et 8,88°C pour la génération complète. Selon Bayoumi *et al.* (2021), l'accumulation de chaleur nécessaire pour achever ces différentes phases phénologiques sont de 37, 146, 164 et 617 degrés-jour respectivement.

Grâce à ces mesures, il est possible de prédire le nombre de générations potentiel de *B. zonata* dans un lieu donné, en divisant l'estimation de l'accumulation locale annuelle de degrés-jours par le nombre estimé de degrés-jours nécessaires pour compléter une génération complète. Pour faire cette prédiction, nous avons utilisé deux estimations de l'accumulation de chaleur au cours de l'année mesurée en degrés-jours en utilisant 8,88°C et 11,8°C comme seuils théoriques de température minimale de développement (Ahmed *et al.*, 2007 ; Bayoumi *et al.*, 2021). Ces estimations de l'accumulation de chaleur annuelle mesurée en degrés-jours ont été calculées à partir de données moyennes de température mensuelles de la base de données climatique CHELSA (Brun *et al.*, 2022) en utilisant la fonction `growingDegDays` du paquet R `Envirem` (Title & Bemmels, 2018). Les résultats de ces analyses sont très proches entre les deux seuils utilisés (figure 14). Ces analyses estiment un nombre potentiel de générations de *B. zonata* en France qui pourrait être nul dans les régions les plus fraîches (zones hautes altitudes ; figure 14) et pourrait dépasser 4 générations dans les régions les plus chaudes (basses altitudes en Corse et dans la zone méditerranéenne ; figure 14). L'estimation du nombre potentiel de générations de *B. zonata* oscille entre 2 et 3 dans le sud-ouest de la France selon le seuil théorique de température minimale de développement (figure

14). Nos analyses estiment un nombre de générations inférieur à 3 dans les régions du nord et centre de la France (figure 14). Le GT tient à souligner que, d'après la littérature scientifique, le nombre minimum de générations complétées par *B. zonata* dans son aire d'origine est de 3 générations (Delrio & Cocco, 2012). Le nombre potentiel de générations qui est prédit dans une partie importante du territoire est donc inférieur à ce qui est habituellement observé dans son aire d'origine.

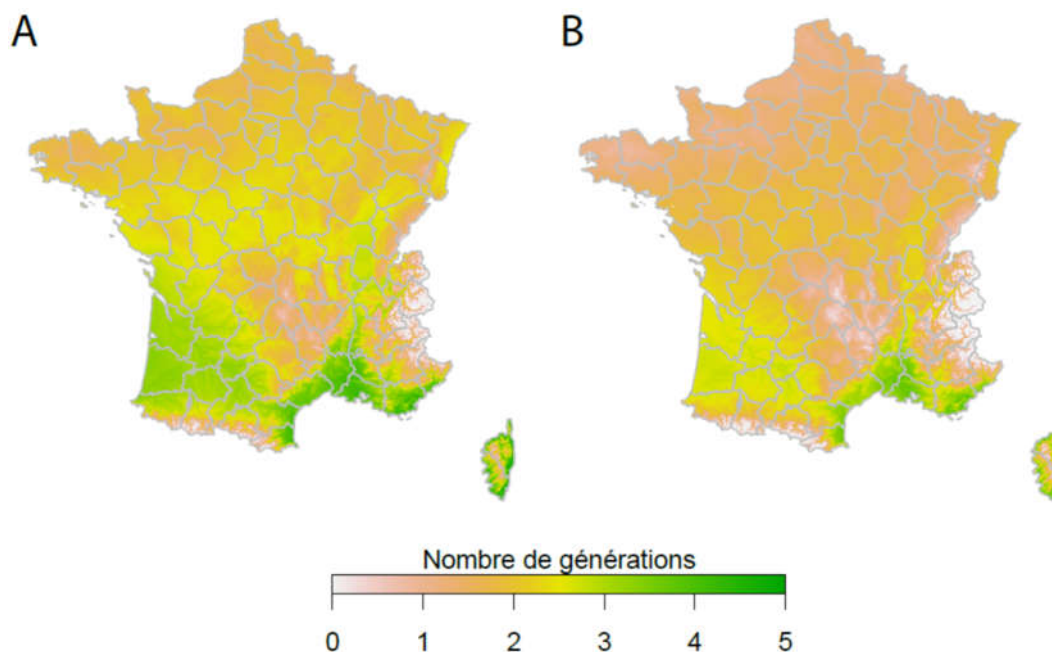


Figure 14. Prédications du nombre potentiel de générations de *Bactrocera zonata* en France métropolitaine en fonction de deux variables climatiques relatives à l'accumulation de chaleur annuelle issues de la base de données CHELSEA (période 1980-2010).

Ces prédictions se basent sur l'accumulation de 617 et 488 degrés-jours au-dessus d'un seuil théorique de température minimale de développement de (A) 8,88°C et (B) 11,8°C.

Le GT a également ajusté l'approche BIOCLIM, décrite dans la section 2.2.9.2.1, de manière indépendante pour ces deux variables relatives à l'accumulation de chaleur annuelle mesurée en degrés-jours. Les résultats sont extrêmement similaires entre les deux seuils de température minimale de développement utilisés. Ce document ne mentionne que les résultats associés au seuil théorique de température minimale de développement de 8,88°C par souci de lisibilité. Les résultats associés au seuil théorique de température minimale de développement le plus bas sont présentés afin d'éviter une sous-estimation du risque. Cette prédiction suggère que les régions méditerranéennes et le sud-ouest sont les plus favorables en termes d'accumulation de chaleur annuelle pour *B. zonata* (figure 15). Cependant, les valeurs de compatibilité climatique sont faibles (elles sont comprises entre 0 et 0.05) (figure 15). Les régions les plus favorables sont les régions côtières méditerranéennes suivies par le sud-ouest de la France. Les autres régions de la France métropolitaine ont une compatibilité climatique nulle car le minimum des valeurs d'accumulation de chaleur annuelle extraites aux points de présence de *B. zonata* n'y est pas atteint (figure 15).

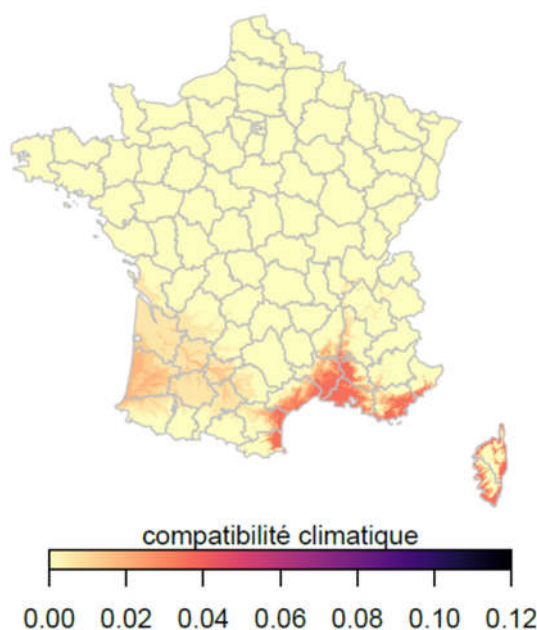


Figure 15. Prédications de la compatibilité climatique de la France pour un établissement durable de *Bactrocera zonata* en fonction de l'accumulation de chaleur annuelle mesurée en degrés-jours issue de la base de données CHELSEA (période 1980-2010).

Ces prédictions sont issues de l'algorithme BIOCLIM ajusté avec l'accumulation de degrés-jours au-dessus d'un seuil théorique de température minimale de développement de 8,88°C. Dans cette figure, l'échelle de l'indice de compatibilité climatique va de 0 à 0,12 afin de mettre en valeur les contrastes entre différentes régions de France. Le GT rappelle que l'indice maximal de compatibilité climatique de cette approche est de 1 à l'échelle mondiale, ce qui signifie que les valeurs prédites en France sont globalement faibles.

2.2.9.2.3 Modélisation bioclimatique globale et simulations de changement climatique

Après avoir analysé chaque facteur de stress climatique indépendamment (voir section ci-dessus), le GT a ajusté l'algorithme BIOCLIM en utilisant 3 variables de température simultanément c'est-à-dire (1) la température moyenne du trimestre le plus froid de l'année, (2) la température minimale du mois le plus froid de l'année et (3) une estimation de l'accumulation de chaleur au cours de l'année (mesurée en degrés-jours). Cette opération a été répétée deux fois avec deux seuils théoriques de température minimale de développement : 8,88°C (Bayoumi *et al.*, 2021) et 11,8°C (Ahmed *et al.*, 2007). Les résultats étant extrêmement similaires entre ces deux seuils théoriques, seule l'approche qui se base sur l'accumulation de chaleur (mesurée en degrés-jours) au-dessus d'un seuil théorique de 8,88°C sera présentée par souci de clarté.

Le GT a également tenté d'estimer l'évolution de la compatibilité climatique potentielle de la France métropolitaine pour *B. zonata* dans un contexte de changement climatique. Pour cela, les données de températures relatives à la période 2010-2040 ont été téléchargées depuis la base de données CHELSA (Brun *et al.*, 2022). Deux simulations de changement climatique ont été utilisées. Elles sont issues des modèles climatiques GFDL-ESM4 et MPI-ESM1.2 (Gutjahr *et al.*, 2019 ; Dunne *et al.*, 2020). Le scénario d'émissions futures de gaz à effet de serre le plus pessimiste a été choisi (le scénario spp 5.85) pour éviter une sous-estimation du risque.

La figure 16 présente les prédictions du modèle en France métropolitaine sur les couches matricielles climatiques relatives à la période 1980-2010. Le sud-ouest et les régions méditerranéennes de basse altitude sont les seules régions prédites comme potentiellement favorables à un établissement durable de *B. zonata* (figure 16). Les valeurs de compatibilité

climatiques prédites par le modèle restent globalement très faibles. Le GT rappelle que le maximum de cet indice peut atteindre la valeur de 1 dans les régions tropicales. Par souci de clarté, le GT a décidé de ne pas fournir de prédiction de compatibilité climatique à l'échelle mondiale dans ce rapport car les modèles ont été ajustés seulement avec des données de températures (les variables relatives à l'humidité et les précipitations n'ont pas été considérées dans ce modèle).

A partir de ces prédictions, le GT identifie trois groupes de régions correspondant à trois niveaux de risque d'établissement durable de *B. zonata* en France métropolitaine (figure 16).

(1) **Risque modéré** : la ceinture méditerranéenne de basse altitude, Corse comprise (indice $\approx 0,04$).

(2) **Risque faible** : la région du Sud-Ouest (indice $\approx 0,02$)

(3) **Risque très faible** : le reste de la France métropolitaine (indice nul)

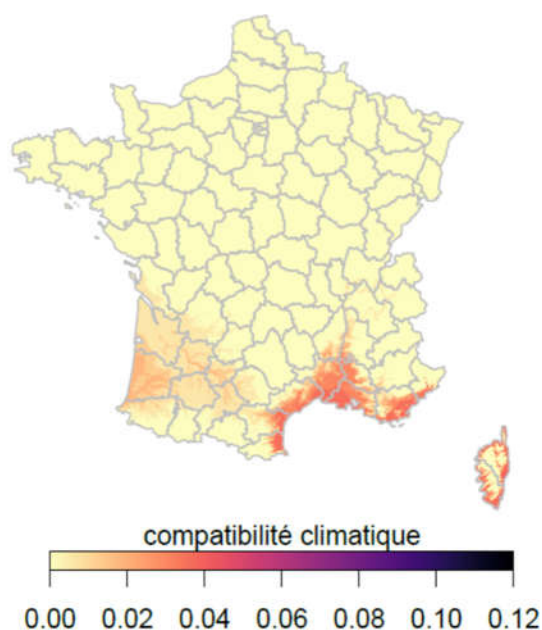


Figure 16. Prédications de la compatibilité climatique de la France pour un établissement durable de *Bactrocera zonata* pour la période 1980-2010 en fonction de trois variables climatiques : la température moyenne du trimestre le plus froid de l'année, la température minimale du mois le plus froid de l'année et une estimation de l'accumulation de chaleur au cours de l'année (mesurée en degrés-jours – seuil théorique de température minimale de développement = 8,88°C).

Ces prédictions sont issues de l'algorithme BIOCLIM. Dans cette figure, l'échelle de l'indice de compatibilité climatique va de 0 à 0,12 afin de mettre en valeur les contrastes entre différentes régions de France. Le GT rappelle que l'indice maximal de compatibilité climatique de cette approche est de 1 à l'échelle mondiale, ce qui signifie que les valeurs prédites en France sont globalement faibles.

Les modèles bioclimatiques prédisent une augmentation de cette compatibilité climatique en France métropolitaine en raison du changement climatique (figure 17). Notamment, certaines régions qui avaient une compatibilité climatique nulle pourraient devenir légèrement favorables (par exemple : certaines zones du centre/nord de la France ; figure 16) dans un contexte de réchauffement climatique. De même, certaines régions déjà prédites comme faiblement ou modérément favorables pourraient voir leur compatibilité climatique augmenter (par exemple, la région méditerranéenne et le sud-ouest de la France ; figure 17).

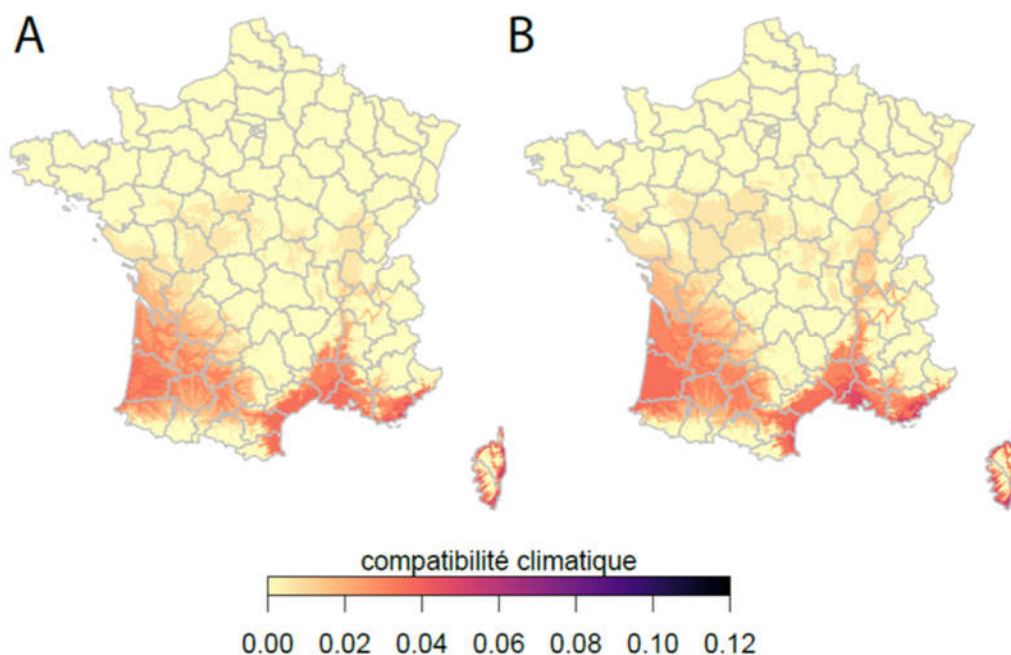


Figure 17. Prédications de la compatibilité climatique de la France pour un établissement durable de *Bactrocera zonata* pour la période 2010-2040 (simulations issues des modèles climatiques (A) MPI-ESM1.2 et (B) GFDL-ESM4 avec le scénario spp 5.85) en fonction de trois variables climatiques : la température moyenne du trimestre le plus froid de l'année, la température minimale du mois le plus froid de l'année et une estimation de l'accumulation de chaleur au cours de l'année (mesurée en degrés-jours – seuil théorique de température minimale de développement = 8,88°C).

Ces prédictions sont issues de l'algorithme BIOCLIM. Dans cette figure, l'échelle de l'indice de compatibilité climatique va de 0 à 0,12 afin de mettre en valeur les contrastes entre différentes régions de France. Le GT rappelle que l'indice maximal de compatibilité climatique de cette approche est de 1 à l'échelle mondiale, ce qui signifie que les valeurs prédites en France sont globalement faibles.

2.2.9.2.4 Sources d'incertitude

(1) Étant donné que l'aire de répartition géographique d'une espèce est influencée par ses interactions avec d'autres espèces (plante-hôte, prédateurs, compétiteurs, etc.), les activités humaines et les barrières géographiques, les modèles bioclimatiques corrélatifs ne reflètent, dans la plupart des cas, qu'un sous-ensemble de ses tolérances climatiques. Cependant, cette source d'incertitude pour *B. zonata* est estimée comme faible par le GT. En effet, *B. zonata* est une espèce polyphage dont la distribution géographique est bien documentée dans le nord de l'Inde, du Pakistan et au Népal. Les données utilisées ici reflètent donc relativement bien ses limites climatiques et il est raisonnable d'émettre l'hypothèse que cette espèce ne s'est pas répandue dans des régions de plus hautes altitudes et/ou latitudes dans les régions du nord de l'Inde, du Népal et du Pakistan pour des raisons climatiques.

(2) Les points de présence de *B. zonata* associés aux températures les plus basses de son aire de répartition d'origine se situent dans des régions de hautes altitudes du nord de l'Inde, du Népal et du Pakistan. Certains de ces points de présences sont des détections qui ont été faites par piégeage. Nous ne pouvons donc exclure que certaines de ces détections représentent des populations « transitoires » qui migrent régulièrement dans ces régions (soit naturellement, soit via l'importation de fruits infestés) mais ne s'y installent pas durablement. Cependant, le GT a considéré ces détections dans ses modèles bioclimatiques afin d'éviter une sous-estimation du risque.

(3) La littérature fournit plusieurs valeurs de seuil de température minimale de développement des différents stades phénologiques de *B. zonata*. Le GT a utilisé deux seuils pour ajuster les modèles bioclimatiques et estimer la compatibilité climatique de la France métropolitaine

(Ahmed *et al.*, 2007 ; Bayoumi *et al.*, 2021). Cependant, cette source d'incertitude est considérée comme mineure au vu de la similarité des résultats entre les deux seuils utilisés.

(4) Les modèles bioclimatiques sont ajustés avec des données climatiques disponibles à haute résolution et au niveau mondial. Ces données climatiques décrivent les grandes tendances climatiques moyennes à l'échelle de la planète sur les dernières décennies et doivent donc être interprétées avec précaution (Jiménez-Valverde *et al.*, 2021).

(5) Les données climatiques utilisées par le GT ne reflètent pas les conditions microclimatiques qui pourraient localement favoriser un établissement local d'une espèce dans un endroit particulier (par exemple, la proximité d'un fleuve, une zone ombragée ou ensoleillée, les zones urbaines, un champ irrigué, vallées dans une région montagneuse, etc.). Cette source d'incertitude est associée à la fois à l'ajustement du modèle (microclimats associés aux points de présence) et à sa prédiction (microclimats dans la région où est prédit le modèle, ici la France métropolitaine).

(6) Les variables climatiques ont été sélectionnées sur base de la littérature scientifique. Malgré la justification biologique de ces choix, le GT ne peut écarter l'hypothèse que d'autres variables bioclimatiques refléteraient mieux la biologie de *B. zonata* et les facteurs qui limitent son aire de répartition géographique. Cependant, cette source d'incertitude est estimée comme faible par le GT car ces choix ont été motivés par les connaissances actuelles de la biologie de l'espèce. Afin d'éviter une sous-estimation du risque, le GT a préféré travailler avec peu de variables climatiques.

(7) Le stress hydrique a été considéré comme une contrainte mineure par le GT. Cette conclusion se base sur les connaissances actuelles de la biologie de *B. zonata* et d'autres espèces proches et prend en compte l'impact potentiel des activités d'irrigation sur son établissement. Le GT ne peut, cependant, exclure que l'impact du stress hydrique sur la capacité d'établissement ait été sous-estimé.

(8) Le GT estime qu'une importante source d'incertitude sur les prédictions provient du fait de la corrélation entre les variables climatiques utilisées et la différence de corrélation des variables climatiques entre la zone d'ajustement du modèle (Asie, Afrique et îles de l'océan Indien) et la zone où est prédit le modèle (la France métropolitaine) (Mesgaran *et al.*, 2014). En effet, il est souvent assumé que l'établissement de populations de mouches des fruits en régions tempérées est principalement limité par les températures hivernales (Han *et al.*, 2011). Cependant, les régions où *B. zonata* est présente sont des zones qui sont caractérisées par une grande accumulation de chaleur annuelle (mesurée en degrés-jours). A l'inverse, beaucoup de régions de France sont caractérisées par des hivers doux et une accumulation faible de chaleur annuelle (par exemple, les régions côtières de l'ouest de la France). Dans ce contexte, la source d'incertitude identifiée par le GT peut se formuler par la question suivante : serait-il envisageable qu'une région à hiver doux en France soit colonisée par *B. zonata* même si l'accumulation de chaleur durant le reste de l'année est relativement faible ? Comme décrit dans la section 2.2.9.2.2, certaines régions de France (par exemple le nord-ouest et le centre de la France) ont des températures hivernales similaires à celles observées dans l'aire de répartition de *B. zonata* (voir figure 13) mais n'accumulent pas autant de chaleur durant le reste de l'année (voir figures 14 et 15). Certaines de ces régions du nord-ouest de la France sont d'ailleurs prédites par d'autres auteurs comme favorables à l'établissement de *B. zonata* (Ni *et al.*, 2012 ; Ullah *et al.*, 2023 ; voir figure 11). Dans plusieurs régions du nord et du centre de la France, le GT estime un nombre de générations potentielles de *B. zonata* relativement faible (aux alentours de 1 à 2 générations dans le nord de la France - voir figure 15), ce qui pourrait être un facteur limitant pour son établissement à long-terme. La méthode de

modélisation utilisée dans ce travail empêche de répondre de manière inéquivoque à cette question.

2.2.9.3 Conclusion sur la probabilité d'établissement à l'extérieur

La probabilité d'établissement durable de *B. zonata* dans la zone ARP est jugée modérée avec une incertitude modérée. Cette estimation concerne particulièrement la ceinture méditerranéenne de basse altitude, Corse comprise, et est justifiée par :

- des indices d'adéquation climatique faibles mais comparables à certaines zones où *B. zonata* est présente malgré des conditions climatiques non optimales (Nord de l'Inde, Pakistan) ;
- la présence de plantes hôtes dans toute la zone ARP, et particulièrement dans cette zone géographique ;
- l'absence de démonstration de populations établies malgré les entrées fréquentes sur le territoire via les importations de fruits en provenance de pays infestés.

L'incertitude est modérée ; elle est due à :

- l'indice d'adéquation climatique dans la ceinture méditerranéenne qui est proportionnellement beaucoup plus faible que ceux associés aux zones climatiques optimales de *B. zonata* ;
- hormis les facteurs limitants majeurs que sont le climat et la présence de plantes hôtes, il n'y pas à ce jour d'autres facteurs (par exemple compétition inter-spécifique ou prédation) pouvant limiter l'établissement de *B. zonata* dans la zone ARP. Toutefois, à l'avenir l'établissement de *B. dorsalis* dans la zone ARP pourrait empêcher celui de *B. zonata* ;
- l'évolution du climat ;
- les incertitudes inhérentes au choix de la méthode de modélisation.

Notation de la probabilité d'établissement à l'extérieur	Faible <input type="checkbox"/>	Modérée <input checked="" type="checkbox"/>	Haute <input type="checkbox"/>
Notation de l'incertitude	Faible <input type="checkbox"/>	Modérée <input checked="" type="checkbox"/>	Haute <input type="checkbox"/>

2.2.10 Probabilité d'établissement sous abris dans la zone ARP

La probabilité d'établissement de *B. zonata* sous abris dans la zone ARP est estimée faible avec une incertitude modérée, et est justifiée par :

- la succession d'évènements nécessaires pour un établissement sous abris à savoir : l'entrée d'adultes de *B. zonata* dans l'abri, la disponibilité de plantes hôtes, la ponte, la réalisation complète d'un cycle de développement de la descendance, qui doit pouvoir à son tour, conduire à une seconde génération d'insecte sous abri.
- l'absence de données dans la littérature scientifique indiquant un établissement de *B. zonata* dans des cultures sous abris

- l'occurrence de plantes hôtes de *B. zonata* cultivées sous abris telles que les tomates (2050 ha) (comptabilisées par les sources officielles (Agreste, 2022) mais certainement d'autres telles que les concombres, les courgettes et les aubergines non comptabilisées officiellement ;
- la faible prévalence de *B. zonata* sur ces plantes (tableau 4) ;
- la présence des plantes hôtes de *B. zonata* en plein air telles que les pêchers, les agrumes, les pruniers qui attirent plus la mouche et lui confèrent une source de nourriture ;
- l'existence de vides sanitaires dans les serres, notamment en été, qui ne permettent pas un établissement suite à une première éventuelle infestation
- le fait que les surfaces concernées sont généralement restreintes et soumises à diverses méthodes de gestion des bioagresseurs : les traitements phytosanitaires sont fréquemment appliqués afin de contrôler d'autres bioagresseurs.

L'incertitude est due à la diversité des environnements sous abris (itinéraire technique, plantes hôtes, méthodes de lutte contre les ravageurs appliquées).

Notation de la probabilité d'établissement sous abris	Faible <input checked="" type="checkbox"/>	Modérée <input type="checkbox"/>	Haute <input type="checkbox"/>
Notation de l'incertitude	Faible <input type="checkbox"/>	Modérée <input checked="" type="checkbox"/>	Haute <input type="checkbox"/>

2.3 Recommandations pour la gestion du risque d'introduction de *Bactrocera zonata* en termes de surveillance

2.3.1 Filière « fruits importés »

L'évaluation du risque réalisée dans ce rapport d'expertise a mis en évidence les filières par lesquelles *B. zonata* est susceptible d'entrer en France métropolitaine. Des recommandations relatives à la surveillance peuvent être formulées.

En termes d'inspection, les efforts devraient se concentrer sur les fruits des plantes à haut risque c'est-à-dire celles qui appartiennent à la catégorie A et dans une moindre mesure celles des catégories B et C. La réglementation actuelle concerne déjà un nombre restreint de plantes hôtes : fruits de *Citrus*, *Mangifera*, *Prunus* et *Psidium guajava* (annexe 2). Ainsi, le GT suggère que les espèces *P. americana*, *A. squamosa* et *P. granatum* fassent l'objet d'exigences comparables à l'importation. Les fruits présentant des prévalences élevées (tels que *Syzygium* spp.) devraient être considérés dans le dispositif de surveillance en cas d'importations futures à partir de pays infestés par *B. zonata*. Le GT suggère, au-delà des plantes hôtes, que les périodes d'importation au cours de l'année et les pays exportateurs (statut d'infestation) soient considérés dans le développement du dispositif de surveillance en dressant des profils d'importation mensuels tels que ceux présentés dans la partie 2.2.8.4.

Le GT recommande de réaliser des piégeages à proximité des postes de contrôle frontaliers qui connaissent les flux de marchandises les plus importants et qui sont situés dans les zones d'établissement potentielles de *B. zonata*, à savoir la ceinture méditerranéenne de basse altitude y compris la Corse.

2.3.2 Filière « passagers »

Le GT recommande une augmentation de la sensibilisation des voyageurs aux risques générés par le déplacement de végétaux et produits végétaux pour tenter d'atténuer le rôle documenté joué par cette filière d'entrée. Le GT recommande même l'interdiction stricte de l'importation par les passagers des fruits de plantes hôtes appartenant aux catégories A, B et C ainsi que ceux présentant les plus fortes prévalences (tableau 4) ; cette recommandation repose sur le très haut risque de présence de *B. zonata* sur ces fruits, qui ne font pas nécessairement l'objet de traitements phytosanitaires, comme c'est le cas des fruits destinés à l'exportation.

2.3.3 Dispositif de surveillance au sein de la zone ARP

La modélisation climatique réalisée dans le cadre de ce rapport et l'étude de la distribution des plantes hôtes de *B. zonata* dans la zone ARP ont mis en évidence les zones d'établissement potentielles de *B. zonata*, à savoir la ceinture méditerranéenne de basse altitude, Corse comprise. Le dispositif de surveillance 2022-2023 a été présenté par O. Rousselle et P. Farigoule (DGAL) au GT lors de leur audition le 07/06/2023 (annexe 8). Il concerne le clémentinier, le pêcher et l'abricotier. Il pourrait être affiné à la lumière des résultats de cette expertise en privilégiant les plantes hôtes cultivées ayant des prévalences élevées (selon l'annexe 5 et le tableau 4) et localisées dans les régions qui présentent le climat le plus favorable à *B. zonata* (par exemple *Persea americana*, *Citrus* spp.). Ce redimensionnement du réseau de surveillance permettrait d'identifier au plus tôt une population de *B. zonata* en cours d'établissement et d'augmenter les chances d'éradiquer un foyer naissant. Une mutualisation des efforts de surveillance dans la zone ARP peut être réalisée en tenant compte des recommandations faites récemment par l'Anses sur le dispositif ciblant *B. dorsalis* (Anses, 2023).

2.4 Incertitudes et remarques

Les membres du GT ont souhaité lister l'ensemble des incertitudes identifiées au cours du travail d'expertise :

- les zones de production dans les pays d'origine des fruits importés ne sont pas connues dans les données exploitées issues de TRACES; de ce fait, la pression des populations de *B. zonata* dans ces zones n'est pas connue ;
- les statistiques relatives aux fruits contrôlés négatifs, c'est-à-dire exempts de *B. zonata*, ne sont pas connues ; ce qui empêche l'estimation de la proportion du nombre de lots contrôlés positifs (véhiculant des insectes) et par conséquent l'efficacité des mesures phytosanitaires appliquées à l'origine ;
- la différence de structure de corrélation des variables climatiques entre l'Asie, l'Afrique et l'Europe est une source d'incertitude lors de l'estimation du potentiel d'établissement de *B. zonata* dans la zone ARP. En effet, il est souvent assumé que l'établissement de populations de mouches des fruits en régions tempérées est principalement limité par les températures hivernales. Cependant, les régions où *B. zonata* est présente sont des zones qui sont caractérisées par une grande accumulation de chaleur annuelle (mesurée en degrés-jours). A l'inverse, beaucoup de régions de France sont

caractérisées par des hivers doux et une accumulation faible de chaleur annuelle (par exemple, les régions côtières de l'ouest de la France). Il existe donc une incertitude sur la capacité de *B. zonata* à coloniser durablement ces régions dont les hivers sont doux.

3 Conclusions du groupe de travail

L'évaluation de la probabilité d'introduction de *Bactrocera zonata* en France métropolitaine a été réalisée. Seule la filière d'entrée de *B. zonata* via l'importation de fruits (au sens botanique, incluant les cultures fruitières et légumières) à partir de zones infestées a été étudiée. Un classement des plantes hôtes dont les fruits sont importés a été établi, en tenant compte à la fois du risque d'entrée R (quantité importée x prévalence) et des données d'interception. Il a permis de classer ces plantes hôtes en 4 catégories. Les fruits des plantes hôtes classées dans la catégorie A présentent un risque R élevé et ont déjà fait l'objet d'interceptions de *B. zonata*, il s'agit de *Mangifera indica* (mangue) et *Psidium guajava* (goyave). La probabilité d'entrée de *B. zonata* par l'importation de ces fruits est jugée élevée, avec une incertitude faible. Les efforts d'inspection devraient être dirigés prioritairement vers les importations de ces fruits. Les fruits des plantes hôtes classées dans les catégories B et C (risque et/ou interception plus faibles) devraient également faire l'objet d'inspections, dans la mesure où R peut être significatif pour des fruits importés en quantités faibles mais présentant une prévalence élevée. Les périodes d'importation au cours de l'année et les pays exportateurs (statut d'infestation) doivent être considérés dans le développement du dispositif de surveillance en dressant des profils d'importation mensuels tels que ceux présentés pour les fruits à haut risque (catégorie A).

L'entrée de *B. zonata* dans les fruits transportés par les passagers lors de voyages notamment aériens ne doit pas être négligée, même si elle n'a pas pu être étudiée en détail compte tenu de l'absence de données sur les volumes importés. Néanmoins, une augmentation de la sensibilisation des voyageurs aux risques générés par le déplacement de végétaux et produits végétaux est recommandée pour tenter d'atténuer le rôle joué par cette filière d'entrée. Le GT recommande même l'interdiction stricte de l'importation par les passagers des fruits de plantes hôtes appartenant aux catégories A, B et C ainsi que ceux présentant les plus fortes prévalences ; cette recommandation repose sur le très haut risque de présence de *B. zonata* dans ces fruits, qui ne font pas nécessairement l'objet de traitements phytosanitaires, comme le sont les fruits destinés à l'exportation.

La probabilité d'établissement à l'extérieur de *B. zonata* a également été évaluée. Elle dépend principalement de deux facteurs : la disponibilité des plantes hôtes et le climat.

Les plantes hôtes de *B. zonata* ne constituent pas un facteur limitant pour son établissement. En effet, *B. zonata* est suffisamment polyphage pour trouver des plantes hôtes sur le territoire de la France métropolitaine, potentiellement à tout moment de l'année. La richesse en espèces et la production en tonnes de fruits hôtes de *B. zonata* sont élevées dans des départements situés dans les régions méditerranéennes (PACA, Occitanie et Corse).

L'adéquation du climat actuel à l'établissement durable de populations de *B. zonata* a également été évaluée par une approche corrélative de modélisation d'aires de répartition d'espèces. La ceinture méditerranéenne de basse altitude, Corse comprise, présente actuellement des valeurs d'adéquation climatique faibles mais comparables à certaines zones où *B. zonata* est présente malgré des conditions climatiques non optimales. Cette zone est donc potentiellement favorable à un établissement durable de *B. zonata*.

Tenant compte de tous les éléments précités, la probabilité d'établissement durable de *B. zonata* dans la ceinture méditerranéenne de basse altitude, Corse comprise est jugée modérée avec une incertitude modérée. Par ailleurs, la probabilité d'établissement de *B.*

zonata en cultures sous abris dans la zone ARP est estimée faible avec une incertitude modérée.

Il est recommandé que le dispositif de surveillance actuel soit affiné à la lumière des résultats de cette expertise, en ciblant prioritairement les plantes hôtes cultivées ayant des prévalences élevées et localisées dans les régions qui présentent le climat le plus favorable à *B. zonata* (par exemple *Persea americana*, *Citrus* spp.). Ce redimensionnement du réseau de surveillance permettra d'identifier au plus tôt une population de *B. zonata* en cours d'établissement et augmentera les chances de réussir une éradication d'un foyer naissant.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail et le CES :
24/09/2024

4 Bibliographie

- **Sources** : Scopus, Google Scholar, Web Of Science et Google
- **Date de début** : 14/02/2024
- **Date de fin** : 10/09/2024

4.1 Publications, rapports et autres sources

Abu-Ragheef A.H. & Al-Jassany R.F. (2018). Study some biological aspects of peach fruit fly *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae) in laboratory and field. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 8:67-74.

Adly D. (2016). Thermal requirements of the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders)(Diptera: Tephritidae), and its exotic parasitoid species *Aganaspis daci* (Weld)(Hymenoptera: Eucoilidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*, 9(2):89-96.

Agreste. (2022). Statistique agricole annuelle 2021 (Version corrigée) - Chiffres définitifs SAA 2020 rebasé - 2021 définitif. N°2022-15 <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/Chd2215/detail/>

Ahmed A.A., El-Din S., El-Din E., El-Shazly A. & AF M. (2007). Contribution to the effect of temperature on some biological aspects of the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders)(Diptera: Tephritidae) reared on artificial diet. *Bulletin of Entomological Society of Egypt*, 84:121-134.

Ali M.A. (2016). Effect of temperature on the development and survival of immature stages of the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders)(Diptera: Tephritidae). *African Journal of Agricultural Research*, 11(36):3375-3381.

Allwood A.J., Chinajariyawong A., Drew R.A.I., Hamacek E.L., Hancock D.L., Hengsawad C., Jipanin C.J., Jirasurat M., Kong Krong C., Kritsaneepaiboon S., Leong C.T.S. & Vijaysegaran S. (1999). Host plant records for fruit flies (Diptera: Tephritidae) in South East Asia. *The Raffles Bulletin of Zoology suppl*, 7:1-92.

Anses. (2024). AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la demande d'évaluation du risque simplifiée (ERS) lié à l'introduction de *Bactrocera dorsalis* pour la France métropolitaine. (Saisine 2023-SA-0018). Maisons-Alfort : Anses, 144 pp.

Bagheri A., Kolyaee R., Askari Seyahooei M., Najafabadi S.S.M. & Faraji G. (2017). Efficacy of methyl eugenol bait traps for controlling the mango fruit fly *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Crop Protection*, 6:181-189.

Bajaj K. & Singh S. (2018). Response of fruit flies, *Bactrocera* spp. (Diptera: Tephritidae) to different shapes of methyl eugenol based traps in guava orchards of Punjab. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6:2435-2438.

Bayoumy M H., Michaud J.P., Badr F.A. & Ghanim N.M. (2021). Validation of degree-day models for predicting the emergence of two fruit flies (Diptera: Tephritidae) in northeast Egypt. *Insect science*, 28(1):153-164.

- Ben-Yosef M., Verykoui E., Altman Y., Nemni-Lavi E., Papadopoulos N.T. & Nestel D. (2021). Effects of thermal acclimation on the tolerance of *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae) to hydric stress. *Frontiers in Physiology*, 12:686424.
- Booth T.H., Nix H.A., Busby J.R. & Hutchinson M.F. (2014). BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. *Diversity and Distributions*, 20(1):1-9.
- Brun P., Zimmermann N.E., Hari C., Pellissier L. & Karger D.N. (2022). Global climate-related predictors at kilometer resolution for the past and future. *Earth System Science Data*, 14(12):5573-5603.
- Busby J.R. (1991). BIOCLIM-a bioclimate analysis and prediction system. *Plant protection quarterly (Australia)*.
- CABI. (2024). *Bactrocera zonata* In: Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/cpc.
- Cayol J.P., Rössler Y., Weiss M., Bahdousheh M., Omari M., Hamalawi M., Almughayyar A. & Barnes B. (2002). Fruit fly control and monitoring in the Near East: shared concern in a regional transboundary problem. In: Proceedings, Symposium: 6th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, 6–10 May 2002, Stellenbosch, South Africa, p.155-171.
- CDFA (California Department of Food and Agriculture). (2020). Notice of Treatment for The Peach Fruit Fly – Official Notice for The City Of Chowchilla. Available online: <https://www.cdfa.ca.gov/plant/PDEP/treatment/notices/2020/MaderaCounty/PFF-NOT-ChowchillaMaderaCounty2020Oct2.pdf>
- Charlery De La Masseliere M., Ravigné V., Facon B., Lefeuvre P., Massol F., Quilici S. & Duyck, P.F. (2017). Changes in phytophagous insect host ranges following the invasion of their community: Long-term data for fruit flies. *Ecology and evolution*, 7(14):5181-5190.
- Choudhary J.S., Mali S.S., Naaz N., Mukherjee D., Moanaro L., Das B., ... & Bhatt B.P. (2020). Predicting the population growth potential of *Bactrocera zonata* (Saunders)(Diptera: Tephritidae) using temperature development growth models and their validation in fluctuating temperature condition. *Phytoparasitica*, 48(1):1-13.
- Cobos-Suárez J.M., Catalán D. & Guitián-Castrillón J.M. (2010). The potential geographic distribution of *Bactrocera zonata* (Saunders) in Europe and the Mediterranean Basin.
- Culliney T.W., Liquido N.J., McQuate G.M., Hanlin M.A., Tateno A.P.K., Lee K.L.K., Birnbaum A.L., Ching A.J., Nakamichi K.A., Inskeep J.R. & Marnell S.A. (2017). A review of recorded host plants of peach fruit fly, *Bactrocera (Bactrocera) zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae), Version 1.3. Available online at: USDA Compendium of Fruit Fly Host Information (CoFFHI), Edition 3.0, <https://coffhi.cphst.org/> [accessed 2023-08-03]
- Darwish D.Y., Rizk M.M., Abdel-Galil F.A. & Temerak S.A. (2014). Seasonal population trend of the peach fruit fly (PFF), *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae), in Assiut, Northern Upper Egypt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(10):1158-1165.
- Darwish D.Y., Rizk M.M., Abdel-Galil F.A. & Temerak S.A. (2015). Analysis of factors influencing population density of the peach fruit fly (PFF), *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae) in Assiut, Northern Upper Egypt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48:62-72.
- De Villiers M., Hattingh V., Kriticos D.J., Brunel S., Vayssieres J.F., Sinzogan A., Billah M.K., Mohamed M.A., Mwatawala M., Abdelgader H., Salah F.E.E. & De Meyer M. (2016). The

potential distribution of *Bactrocera dorsalis*: considering phenology and irrigation patterns. Bulletin of Entomological Research, 106:19-33.

De Meyer M., Mwatawala M., Copeland R. S. & Virgilio M. (2016). Description of new *Ceratitis species* (Diptera: Tephritidae) from Africa, or how morphological and DNA data are complementary in discovering unknown species and matching sexes. European Journal of Taxonomy, 233:1-23.

Delrio G. & Cocco A. (2012). Tephritidae. Chapter 15. Tephritidae. In: Vincenzo Vacante and Uri Gerson (ed.). Integrated Control of Citrus Pests in the Mediterranean Region. pp 206-222.

Draz K.A. (2016). Population activity of peach fruit fly *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae) at fruits orchards in Kafer El-Shikh Governorate, Egypt. Arthropods, 5:28-43.

Dunne J.P., Horowitz L.W., Adcroft A.J., Ginoux P., Held I.M., John J.G., ... & Zhao M. (2020). The GFDL Earth System Model version 4.1 (GFDL-ESM 4.1): Overall coupled model description and simulation characteristics. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 12(11), e2019MS002015.

Duyck P.F., Sterlin J.F. & Quilici, S. (2004a). Survival and development of different life stages of *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures compared to other fruit fly species. Bulletin of Entomological Research, 94(1):89-93.

Duyck P.F., David P. & Quilici, S. (2004b). A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). Ecological Entomology, 29(5):511-520.

Duyck P.F., David P., Junod G., Brunel C., Dupont R. & Quilici S. (2006a). Importance of competition mechanisms in successive invasions by polyphagous tephritids in La Réunion. Ecology, 87(7):1770-1780.

Duyck P.F., David P. & Quilici S. (2006b). Climatic niche partitioning following successive invasions by fruit flies in La Réunion. Journal of Animal Ecology, 75(2):518-526.

Duyck P.F., David P. & Quilici S. (2007). Can more K-selected species be better invaders? A case study of fruit flies in La Reunion. Diversity and Distributions, 13:535-543.

Duyck P.F., Jourdan H. & Mille C. (2022). Sequential invasions by fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Pacific and Indian Ocean islands: A systematic review. Ecology and Evolution, 12(5):e8880.

EFSA (European Food Safety Authority). (2012). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance eugenol. EFSA Journal, 10(11):2914. 46 pp. doi:10.2903/j.efsa.2012.2914.

EFSA (European Food Safety Authority), Baker R., Gilioli G., Behring C., Candiani D., Gogin A., Kaluski T., Kinkar M., Mosbach-Schulz O., Neri F.M., Preti S., Rosace M.C., Siligato R., Stancanelli G. & Tramontini S. (2019). *Bactrocera zonata* – Pest Report to support ranking of EU candidate priority pests by the EFSA Working Group on EU Priority Pests. Available online <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2021.EN-1999>

EFSA (European Food Safety Authority), Schenk M., Mertens J., Delbianco A., Graziosi I. & Vos S. (2021). Pest survey card on *Bactrocera zonata*. EFSA supporting publication 2021:EN-1999. 28 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2021.EN-1999.

EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2021). PM 7/129 (2) DNA barcoding as an identification tool for a number of regulated pests. EPPO Bulletin, 51:100-143.

- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2023). PM 7/114 (2) *Bactrocera zonata*. EPPO Bulletin, 53:493-504. Available from: <https://doi.org/10.1111/epp.12943>
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2024). *Bactrocera zonata*. EPPO datasheets on pests recommended for regulation. Available online. <https://gd.eppo.int> [accessed 2023-08-03]
- Eskafi F.M. & Fernandez A. (1990). Larval–pupal mortality of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) from interaction of soil, moisture, and temperature. *Environmental Entomology*, 19:1666-1670.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2018). International standards for phytosanitary measures, ISPM 26, establishment of pest free areas for fruit flies (Tephritidae). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. FAO, 57 pp. Available online: <https://www.ippc.int/en/publications/594/>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)/IAEA (International Atomic Energy Agency). (2018). Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes, Second edition, by Enkerlin, W.R. and Reyes--Flores, J. (eds). Rome, Italy. 65 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Fetoh B.E.A., Gawad A.A., Shalaby F.F. & Elyme M.F. (2012). Temperature-dependent development and degree-days model of the peach fruit fly *Bactrocera zonata* (Saunders) and the cucurbit fly *Dacus ciliatus* (Loew). *International Journal of Environmental Engineering*, 3:85-96.
- FranceAgriMer. (2024). Les chiffres-clés de la filière Fruits & Légumes frais et transformés en 2022. 94 pp.
- Gutjahr O., Putrasahan D., Lohmann K., Jungclaus J.H., von Storch J.S., Brüggemann N., ... & Stössel A. (2019). Max planck institute earth system model (MPI-ESM1. 2) for the high-resolution model intercomparison project (HighResMIP). *Geoscientific Model Development*, 12(7):3241-3281.
- Hallman G.J., Myers S.W., Taret G., Fontenot E.A. & Vreysen M.J. (2013). Phytosanitary cold treatment for oranges infested with *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(6):2336-2340.
- Han P., Wang X., Niu C.Y., Dong Y.C., Zhu J.Q. & Desneux N. (2011). Population dynamics, phenology, and overwintering of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Hubei Province, China. *Journal of Pest Science*, 84:289-295.
- Hijmans R.J., Phillips S., Leathwick J., Elith J. & Hijmans M.R.J. (2017). Package 'dismo'. *Circles*, 9(1):1-68.
- Hossain M.A., Momen M., Uddin M.S., Khan S.A. & Howlader A.J. (2017). Abundance of peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders) in mango orchard. *Bangladesh Journal of Entomology*, 27:25-34.
- Hurtrel B., Quilici S., Jeuffrault É., Manikom R., Georger S. & Gourdon F. (2002). Siege control of *Bactrocera zonata* peach fly: a report on a two-year control operation on Reunion Island. *Phytoma*, 551:18-21.
- Jiménez-Valverde A., Rodríguez-Rey M. & Pena-Aguilera P. (2021). Climate data source matters in species distribution modelling: the case of the Iberian Peninsula. *Biodiversity and Conservation*, 30:67-84.

- Kapoor V.C. (1993). Indian Fruit Flies (Insecta:Diptera:Tephritidae). New Delhi, India; Oxford, UK: IBH Publishing Company.
- Khan R.A. & Naveed M. (2017). Occurrence and seasonal abundance of fruit fly, *Bactrocera zonata* Saunders (Diptera: Tephritidae) in relation to meteorological factors. Pakistan Journal of Zoology, 49:999-1003.
- Koohkanzade M., Zakiaghi M., Dhami M.K., Fekrat L. & Namaghi H.S. (2018). Rapid identification of *Bactrocera zonata* (Dip.: Tephritidae) using TaqMan real-time PCR assay. PLoS ONE, 13:e0205136.
- Malod K., Bali E.M.D., Gledel C., Moquet L., Bierman A., Bataka E., ... & Terblanche J.S. (2023). Tethered-flight performance of thermally-acclimated pest fruit flies (Diptera: Tephritidae) suggests that heat waves may promote the spread of *Bactrocera* species. Pest Management Science, 79(11):4153-4161.
- Mesgaran M.B., Cousens R.D. & Webber B.L. (2014). Here be dragons: a tool for quantifying novelty due to covariate range and correlation change when projecting species distribution models. Diversity and Distributions, 20(10):1147-1159.
- Mohamed A.M. (2000). Effect of constant temperatures on the development of the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae). Assiut Journal of Agricultural Science 31, 329-337.
- Moquet L., Payet J., Glenac S. & Delatte H. (2021). Niche shift of tephritid species after the Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) invasion in La Réunion. Diversity and Distributions, 27(1):109-129.
- Myers S.W., Cancio-Martinez E., Hallman G.J., Fontenot E.A. & Vreysen M.J. (2016). Relative tolerance of six *Bactrocera* (Diptera: Tephritidae) species to phytosanitary cold treatment. Journal of Economic Entomology, 109(6):2341-2347.
- Neilson W.T.A. (1964). Some effects of relative humidity on development of pupae of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh). Canadian Entomologist, 96:810-811.
- Ni W.L., Li Z.H., Chen H.J., Wan F.H., Qu W.W., Zhang Z. & Kriticos D.J. (2012). Including climate change in pest risk assessment: the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae). Bulletin of Entomological Research, 102(2):173-183.
- Nix H.A. (1986). A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. Atlas of elapid snakes of Australia, 7:4-15.
- Pace R., Ascolese R., Miele F., Russo E., Griffò R.V., Bernardo U. & Nugnes F. (2022). The Bugs in the Bags: The Risk Associated with the Introduction of Small Quantities of Fruit and Plants by Airline Passengers. Insects, 13(7):617.
- Peterson A.T. (2003). Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. The quarterly review of biology, 78(4):419-433.
- Phillips S.J., Anderson R.P. & Schapire R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modelling, 190(3-4):231-259.
- Prokopy R.J. & Roitberg B.D. (1984). Foraging behavior of true fruit flies [Tephritidae]. American Scientist, 72:41-49.
- Qureshi Z.A., Ashraf M., Bughio A.R. & Siddiqui Q.H. (1975). Population fluctuation and dispersal studies of the fruit fly, *Dacus zonatus* Saunders. International Atomic Energy Agency; Food and Agriculture Organization: Sterility principle for insect control 1974. Proceedings of the symposium on the sterility principle for insect control jointly organized by the IAEA and the

- FAO of the United Nations and held in Innsbruck, 22-26 July 1974. International Atomic Energy Agency. Vienna Austria, 201-206.
- Qureshi Z.A., Siddiqui Q.H. & Hussain T. (1992). Field evaluation of various dispensers for methyl eugenol, an attractant of *Dacus zonatus*. *Journal of Applied Entomology*, 113:365-367.
- Qureshi Z., Hussain T., Carey J.R. & Dowell R.V. (1993). Effects of temperature on development of *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 69:71-76.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Ryckewaert P. & Rhino B. (2017). Insectes et acariens des cultures maraîchères en milieu tropical humide : reconnaissance, bio-écologie et gestion agro-écologique. Versailles : Ed. Quae, 152 pp.
- Sharma K., Sharma R., Chander S. & Jilu V. (2015). Effects of weather parameters on Guava fruit fly (*Bactrocera zonata*) population at IARI, New Delhi. *Journal of Agrometeorology*, 17:227.
- Shehata N., Younes M. & Mahmoud Y. (2008). Biological studies on the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders) in Egypt. *Journal of Applied Sciences Research*, 4:1103-1106.
- Shoukry A. & Hafez M. (1979). Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 26:33-39.
- Syed R.A., Ghani M.A. & Murtaza M. (1970). Studies on the trypetids and their natural enemies in West Pakistan. III. *Dacus* (Strumeta) *zonatus* (Saunders). *Technical Bulletin, Commonwealth Institute of Biological Control*, 1-16.
- Teruya T. (1990). Effect of relative humidity during pupal maturation on subsequent adult eclosion and flight capability of the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett (Diptera, Tephritidae). *Applied Entomology and Zoology*, 25:521-523.
- Title P.O. & Bemmels J.B. (2018). ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling. *Ecography*, 41(2):291-307.
- Ullah F., Gul H., Günçan A., Hafeez M., Tariq K., Desneux N. & Li Z. (2022). Short-term temperature stress modulates Fitness traits in *Bactrocera zonata*, through negative impact on larval stage. *Agronomy*, 12(11):2903.
- Ullah F., Zhang Y., Gul H., Hafeez M., Desneux N., Qin Y. & Li Z. (2023). Estimation of the potential geographical distribution of invasive peach fruit fly under climate change by integrated ecological niche models. *CABI Agriculture and Bioscience*, 4(1):46.
- Vargas R.I., Chang H.B., Komura M. & Kawamoto D. (1987). Mortality, stadia duration, and weight loss in three species of mass-reared fruit fly pupae (Diptera: Tephritidae) held with and without vermiculite at selected relative humidities. *Journal of Economic Entomology*, 80(4):972-974.
- Vargas R.I., Mau R.F., Stark J.D., Piñero J.C., Leblanc L. & Souder S.K. (2010). Evaluation of methyl eugenol and cue-lure traps with solid lure and insecticide dispensers for fruit fly monitoring and male annihilation in the Hawaii area wide pest management program. *Journal of economic entomology*, 103:409-415.
- Vera M.T., Rodriguez R., Segura D.F., Cladera J.L. & Sutherst R.W. (2002). Potential geographical distribution of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae), with emphasis on Argentina and Australia. *Environmental entomology*, 31(6):1009-1022.

White I.M. & Elson-Harris M.M. (1992). Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. Wallingford, UK: CAB International, 601 pp.

Wriedt G., van der Velde M., Aloe A. & Bouraoui F. (2009). A European irrigation map for spatially distributed agricultural modelling. *Agricultural water management*, 96(5):771-789.

Younes M.W. & Akel F.A. (2010). Effect of temperature on development and reproduction of peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (saund.)(Diptera: Tephritidae). *The Egyptian Journal Of Experimental Biology (Zoology)*, 6(2):255-261.

Zingore K.M., Sithole G., Abdel-Rahman E.M., Mohamed S.A., Ekesi S., Tanga C.M. & Mahmoud M.E. (2020). Global risk of invasion by *Bactrocera zonata*: Implications on horticultural crop production under changing climatic conditions. *PLoS One*, 15(12):e0243047.

4.2 Normes

AFNOR. 2003. NF X 50-110 *Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise*. AFNOR (indice de classement X 50-110).

4.3 Législation et réglementation

DGAL/SDSPV. (2021). Instruction technique DGAL/SDSPV/2021-617. Plan national d'intervention sanitaire d'urgence relatif à *Bactrocera dorsalis*, la mouche orientale des fruits et à *Bactrocera zonata*, la mouche de la pêche.

DGAL/SDSPV. (2022a). Instruction technique DGAL/SDSPV/2022-222. Ordre de méthode de la surveillance officielle des organismes réglementés ou émergents (SORE) pour la filière Arboriculture fruitière, en France métropolitaine.

DGAL/SDSPV. (2022b). Instruction technique DGAL/SDSPV/2022-226. Ordre de méthode de la surveillance officielle des organismes réglementés ou émergents (SORE) pour la filière Cultures légumières et Plantes à parfums, aromatiques, médicinales et condimentaires (PPAMC), en France métropolitaine.

RÈGLEMENT (UE) 2016/2031 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 26 octobre 2016 relatif aux mesures de protection contre les organismes nuisibles aux végétaux, modifiant les règlements du Parlement européen et du Conseil (UE) no 228/2013, (UE) no 652/2014 et (UE) no 1143/2014 et abrogeant les directives du Conseil 69/464/CEE, 74/647/CEE, 93/85/CEE, 98/57/CE, 2000/29/CE, 2006/91/CE et 2007/33/CE.

RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2019/2072 DE LA COMMISSION du 28 novembre 2019 établissant des conditions uniformes pour la mise en œuvre du règlement (UE) 2016/2031 du Parlement européen et du Conseil, en ce qui concerne les mesures de protection contre les organismes nuisibles aux végétaux, abrogeant le règlement (CE) n°690/2008 de la Commission et modifiant le règlement d'exécution (UE) 2018/2019 de la Commission.

RÈGLEMENT DÉLÉGUÉ (UE) 2019/1702 DE LA COMMISSION du 1er août 2019 complétant le règlement (UE) 2016/2031 du Parlement européen et du Conseil en établissant la liste des organismes de quarantaine prioritaires)

RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2021/2285 DE LA COMMISSION du 14 décembre 2021 modifiant le règlement d'exécution (UE) 2019/2072 en ce qui concerne les listes d'organismes

nuisibles ainsi que les interdictions et les exigences relatives à l'introduction et à la circulation dans l'Union de végétaux, produits végétaux et autres objets, et abrogeant les décisions 98/109/CE et 2002/757/CE et les règlements d'exécution (UE) 2020/885 et (UE) 2020/1292.

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine



Direction générale
de l'alimentation

Paris, le 17 janvier 2023

Dossier suivi par : Pauline de Jerphanion
Bureau de la Santé des végétaux
Réf. : BSV / 2022
Tél. : 01 49 55 81 64
Mèl. : pauline.de-jerphanion@agriculture.gouv.fr

Madame la Directrice générale de l'alimentation

à

Monsieur le Directeur Général
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de
l'alimentation, de l'environnement et du travail

Objet : Saisine relative à une évaluation du risque simplifiée (ERS) de la probabilité d'introduction des mouches des fruits, *Bactrocera dorsalis* et *Bactrocera zonata*, en France métropolitaine

Conformément aux dispositions prévues à l'article L1313-3 du code de la santé publique, l'avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail est sollicité concernant la réalisation d'une évaluation du risque simplifiée (ERS) de la probabilité d'introduction des mouches des fruits, *Bactrocera dorsalis* et *Bactrocera zonata*, en France métropolitaine.

Éléments de contexte

Bactrocera dorsalis, la mouche orientale des fruits, est capturée de façon répétée en Ile-de-France depuis 2019, à proximité du MIN de Rungis et de l'aéroport d'Orly. Un réseau de piégeage renforcé a permis la capture de 7 individus en 2019, 5 en 2020 et 16 en 2021. Une augmentation du nombre d'insectes piégés particulièrement marquée a été observée en 2022 avec 83 spécimens adultes capturés dans un périmètre élargi au Nord et à l'Est de la région parisienne. Par ailleurs, des incursions ont été détectées ces dernières années en Occitanie (2020), en PACA (2021, nouvelle capture en octobre 2022), en Grand-Est (2022) et Auvergne-Rhône-Alpes (2022).

Bactrocera zonata, la mouche de la pêche, a été capturée pour la première fois sur le territoire métropolitain, en Ile-de-France, en 2020. Des individus adultes ont été capturés à nouveau en 2021 et 2022 dans la région francilienne, conduisant à qualifier sa présence d'incursion.

Organismes de quarantaine prioritaires classés en annexe IIA du règlement (UE) 2019/2072, *Bactrocera dorsalis* et *Bactrocera zonata* font l'objet d'une lutte obligatoire et d'un plan national d'intervention sanitaire d'urgence (PNISU), conformément au règlement européen (UE) 2016/2031.

Dans la continuité des conclusions de l'avis de l'agence relatif à la saisine 2019-SA-0145 concernant "l'évaluation du risque lié à la capture de *Bactrocera dorsalis* à proximité du marché d'intérêt national de Rungis en France métropolitaine" et compte-tenu des captures répétées sur le territoire métropolitain, l'évaluation de la probabilité d'introduction de ces mouches paraît nécessaire pour adapter les mesures de gestion du risque.

Direction générale de l'alimentation
251 Rue de Vaugrand 75732 PARIS CEDEX 15
agriculture.gouv.fr

1

Dans ce contexte, nous vous sollicitons afin d'identifier les filières d'entrées et les zones d'établissement potentiel afin d'ajuster au mieux notre surveillance au risque d'introduction.

Questions posées

Je vous saurais gré de bien vouloir évaluer le risque d'introduction de chacune de ces deux mouches et d'examiner, au travers des premières étapes d'une évaluation du risque simplifiée, les questions particulières suivantes :

i. Analyse globale de l'organisme nuisible (cycle biologique, symptômes)

Quelles sont les conditions de survie hivernale des mouches ?

Quelles sont les capacités de vol de la mouche afin d'ajuster la surveillance dans les zones où des captures sont réalisées ?

ii. Liste des plantes hôtes et leur répartition dans la zone d'analyse du risque phytosanitaire (zone ARP)

iii. Analyse des filières d'entrée

Quelles sont les filières d'entrée (végétaux, autres) en lien avec les points d'entrée et donc les zones et structures pour lesquelles la surveillance est à privilégier ainsi que les moyens éventuels à mettre en œuvre pour améliorer le dispositif de surveillance déjà mis en place ?

Il est demandé de tenir compte des flux de produits alimentaires susceptibles d'être infestés, notamment en fonction des volumes de produits importés par origine géographique et des périodes de pullulation des mouches dans les pays d'origine.

L'analyse de la probabilité d'entrée vise à identifier les facteurs d'entrée favorisant par ailleurs l'établissement des insectes.

iv. Analyse de la probabilité d'établissement en France métropolitaine

Compte tenu du cycle biologique des deux espèces de mouches des fruits, des filières et points d'entrée et des périodes d'introduction éventuelles de produits alimentaires infestés, les conditions éco-climatiques en France métropolitaine sont-elles propices à leur établissement ?

Quelles sont les zones d'établissement potentielles des deux espèces de mouches des fruits afin d'ajuster la surveillance en zone exempte des deux organismes nuisibles ?

Cette question de la probabilité d'établissement des mouches des fruits, *Bactrocera dorsalis* et *Bactrocera zonata*, en France métropolitaine est cruciale étant donné les entrées répétées et les impacts que pourrait entraîner la qualification de foyer.

Délai

Je souhaiterais pouvoir disposer de votre avis en deux temps :

- pour *Bactrocera dorsalis* dans un délai de 10 mois à compter de la date de réception de ce courrier ;
- pour *Bactrocera zonata* dans un délai de 18 mois à compter de la date de réception de ce courrier.

Destinataires pour la réponse mail

- bsv.sdspv.dgal@agriculture.gouv.fr ; pavline.de-jerphanion@agriculture.gouv.fr
- saisines-anses.dgal@agriculture.gouv.fr

Mes services se tiennent à votre disposition pour vous apporter toute information complémentaire.

Je vous remercie de bien vouloir accuser réception de la présente demande.

La Directrice générale de l'alimentation



Annexe 2 : Réglementation européenne vis-à-vis de *Bactrocera zonata*

LE RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) 2021/2285 DE LA COMMISSION du 14 décembre 2021 modifiant le règlement d'exécution (UE) 2019/2072, précise les exigences particulières sur les végétaux hôtes vis à-vis de *Bactrocera zonata* en provenance de pays tiers.

Végétaux	Pays d'origine	Exigences particulières
Fruits de <i>Citrus</i> L., de <i>Fortunella</i> Swingle, de <i>Poncirus</i> Raf., et de leurs hybrides, de <i>Mangifera</i> L. et de <i>Prunus</i> L.	Pays tiers	<p>Constatation officielle:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) que les fruits proviennent d'un pays reconnu exempt de <i>Tephritidae</i> (non européens), auxquels ces fruits sont réputés sensibles, conformément aux normes internationales pour les mesures phytosanitaires pertinentes, à la condition que ce statut de pays exempt ait été communiqué à l'avance et par écrit à la Commission par l'organisation nationale de protection des végétaux du pays tiers concerné, ou b) que les fruits proviennent d'une zone déclarée exempte de <i>Tephritidae</i> (non européens), auxquels ces fruits sont réputés sensibles, par l'organisation nationale de protection des végétaux dans le pays d'origine, conformément aux normes internationales pour les mesures phytosanitaires pertinentes, qui est mentionnée sur le certificat phytosanitaire visé à l'article 71 du règlement (UE) 2016/2031, sous la rubrique «Déclaration supplémentaire», et que ce statut de zone exempte a été communiqué à l'avance et par écrit à la Commission par l'organisation nationale de protection des végétaux du pays tiers concerné, ou c) qu'aucun signe lié à la présence de <i>Tephritidae</i> (non européens), auxquels ces fruits sont réputés sensibles, n'a été observé sur le lieu de production et dans son voisinage immédiat depuis le début du dernier cycle complet de végétation, lors d'inspections officielles effectuées au moins une fois par mois durant les trois mois précédant la récolte, et qu'aucun fruit récolté sur le lieu de production n'a présenté de signe lié à la présence de l'organisme nuisible en cause lors d'un examen officiel

		<p>approprié et que des informations sur la traçabilité sont incluses dans le certificat phytosanitaire,</p> <p>ou</p> <p>d) que les fruits ont été soumis à une approche systémique efficace ou à un traitement efficace après récolte pour garantir l'absence de <i>Tephritidae</i> (non européens), auxquels ces fruits sont réputés sensibles, et que l'utilisation d'une approche systémique ou les détails de la méthode de traitement sont indiqués sur le certificat phytosanitaire visé à l'article 71 du règlement (UE) 2016/2031, à la condition que l'approche systémique ou la méthode de traitement ait été communiquée à l'avance et par écrit à la Commission par l'organisation nationale de protection des végétaux du pays tiers concerné.</p>
Fruits de <i>Psidium guajava</i> L.	<p>Afghanistan, Afrique du Sud, Algérie, Angola, Arabie saoudite, Bahreïn, Bangladesh, Bénin, Bhoutan, Botswana, Brunei, Burkina Faso, Burundi, Cabo Verde, Cambodge, Cameroun, Chine, Corée du Nord, Corée du Sud, Comores, Congo, Côte d'Ivoire, Djibouti, Égypte, Émirats arabes unis, Érythrée, Eswatini, Éthiopie, Gabon, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Guinée équatoriale, Inde, Indonésie, Iraq, Iran, Japon, Jordanie, Kazakhstan, Kenya, Kirghizstan, Koweït, Laos, La Réunion, Lesotho, Liban, Liberia, Libye, Madagascar, Malaisie, Malawi, Maldives, Mali, Maroc, Mauritanie, Maurice, Mayotte, Mozambique, Mongolie, Myanmar/ Birmanie, Namibie, Népal, Niger, Nigeria, Oman, Ouganda, Ouzbékistan, Pakistan, Philippines, Qatar, République centrafricaine, République démocratique du Congo, Russie [uniquement les parties suivantes: district fédéral extrêmeoriental</p>	<p>Constatation officielle:</p> <p>a) que les fruits proviennent d'un pays reconnu exempt de <i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) et de <i>Bactrocera zonata</i> (Saunders), conformément aux normes internationales pour les mesures phytosanitaires pertinentes, à la condition que ce statut de pays exempt ait été communiqué à l'avance et par écrit à la Commission par l'organisation nationale de protection des végétaux du pays tiers concerné.</p> <p>ou</p> <p>b) que les fruits proviennent d'une zone déclarée exempte de <i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) et de <i>Bactrocera zonata</i> (Saunders) par l'organisation nationale de protection des végétaux dans le pays d'origine conformément aux normes internationales pour les mesures phytosanitaires pertinentes, qui est mentionnée sur le certificat phytosanitaire, à la condition que ce statut de zone exempte ait été communiqué à l'avance et par écrit à la Commission par l'organisation nationale de protection des végétaux du pays tiers concerné.</p> <p>ou</p> <p>c) qu'aucun signe de la présence de <i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) et de <i>Bactrocera zonata</i> (Saunders) n'a été observé sur le lieu de production et dans ses environs immédiats depuis le début du dernier cycle complet de végétation, lors d'inspections officielles effectuées au moins une fois par mois durant les trois mois précédant la récolte, et qu'aucun fruit récolté sur le lieu de production n'a montré de signe de la présence de</p>

	<p>(Dalnevostochny federalny okrug), district fédéral sibérien (Sibirsky federalny okrug) et district fédéral de l'Oural (Uralsky federalny okrug)], Rwanda, Sao Tomé-et-Principe, Sénégal, Seychelles, Sierra Leone, Singapour, Somalie, Soudan, Soudan du Sud, Sri Lanka, Syrie, Tadjikistan, Tanzanie, Tchad, Thaïlande, Timor Oriental, Togo, Tunisie, Turkménistan, Viêt Nam, Yémen, Zambie et Zimbabwe</p>	<p><i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) ou de <i>Bactrocera zonata</i> (Saunders) lors d'examens officiels appropriés et que des informations sur la traçabilité sont incluses dans le certificat phytosanitaire. ou d) que les fruits ont fait l'objet d'une approche systémique efficace ou d'un traitement après récolte efficace pour garantir l'absence de <i>Bactrocera dorsalis</i> (Hendel) et de <i>Bactrocera zonata</i> (Saunders), et que l'utilisation d'une approche systémique ou les détails de la méthode de traitement figurent sur le certificat phytosanitaire, à la condition que l'approche systémique ou la méthode de traitement après récolte ait été communiquée à l'avance par écrit à la Commission par l'organisation nationale de protection des végétaux du pays tiers concerné.»</p>
--	--	---

Annexe 3 : Liste des plantes attaquées par *Bactrocera zonata*

Le tableau suivant présente la liste des plantes hôtes de *Bactrocera zonata*. Cette liste est constituée à partir de 4 sources : EPPO GD¹², le CPC CABI¹³, le USDA Compendium of Fruit Fly Host¹⁴ et l'EFSA (EFSA PSC). Un complément à cette liste a été réalisé par le GT via une recherche bibliographique dans deux bases de données, Scopus et Web Of Science. Deux requêtes ont été utilisées : « host plants » AND « *bactrocera zonata* », et « host fruits » AND « *bactrocera zonata* ». ». Soixante sept publications ont ainsi été identifiées parmi lesquelles 38 ont été retenues sur la base de la lecture du résumé ; ce qui a permis d'ajouter 9 plantes hôtes supplémentaires à la liste initiale. La liste finale des plantes hôtes de *B. zonata* comporte donc 73 plantes hôtes dont 66 identifiées au niveau de l'espèce. Ces plantes figurent dans le tableau suivant.

Plante hôte	Code EPPO	Référence
<i>Abelmoschus esculentus</i>	ABMES	EPPO GD, CPC CABI
<i>Aegle marmelos</i>	AELMA	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Afzelia xylocarpa</i>	AFZCO	EPPO GD, USDA
<i>Annona muricata</i>	ANUMU	Données d'interception
<i>Annona reticulata</i>	ANURE	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Annona squamosa</i>	ANUSQ	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Careya arborea</i>	CBRAR	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Carica papaya</i>	CIAPA	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Casimiroa edulis</i>	CSJED	USDA
<i>Citrullus lanatus</i>	CITLA	EPPO GD, USDA
<i>Citrus</i>	1CIDG	CPC CABI, EFSA
<i>Citrus aurantium</i>	CIDAU	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Citrus deliciosa</i>	CIDDE	USDA
<i>Citrus hystrix</i>	CIDHY	Données d'interception
<i>Citrus limon</i>	CIDLI	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Citrus maxima</i>	CIDGR	Moquet L., Payet, J., Glenac, S. & Delatte H. (2021). Niche shift of tephritid species after the Oriental fruit fly (<i>Bactrocera dorsalis</i>) invasion in La Réunion. Diversity and Distributions, 27(1) :109-129.
<i>Citrus limetta</i>	CIDNA	CPC CABI

¹² European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) Global Database. <https://gd.eppo.int/>

¹³ CABI Crop Protection Compendium. <https://www.cabidigitallibrary.org/product/QC>

¹⁴ USDA Compendium of Fruit Fly Host. <https://coffhi.cphst.org/>

Plante hôte	Code EPPO	Référence
<i>Citrus reticulata</i>	CIDRE	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Citrus sinensis</i>	CIDSI	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Citrus paradisi</i>	CIDPA	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Coccinia grandis</i>	COGGR	EPPO GD, USDA
<i>Cucumis sativus</i>	CUMSA	EPPO GD, USDA
<i>Cucurbita</i> sp.	CUUSS	EPPO GD
<i>Cucurbita pepo</i>	CUUPE	Thomas J. & Vidya C.V. (2005). Infestation of hosts by tephritid species in central Kerala, pp. 32-33. In: Mumford J (Project Leader) Project Integrated management of fruit flies in India (R8089). Final Technical Report, 190 pp.
<i>Cydonia oblonga</i>	CYDOB	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Diospyros discolor</i>	DOSDH	Moquet L., Jobart B., Fontaine R. & Delatte H. (2023). Tri-trophic interactions among <i>Fopius arisanus</i> , Tephritid species and host plants suggest apparent competition. Ecology and Evolution, 13(1). 10.1002/ece3.9742
<i>Diospyros kaki</i>	DOSKA	CPC CABI
<i>Diospyros</i> sp.	DOSMA	EPPO GD
<i>Elaeocarpus hygrophilus</i>	EAEHY	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Elaeocarpus madopetalus</i>	x	Tigvatananont S. & Areekul S. (1984). The economic importance of the fruit fly <i>Dacus zonatus</i> (Saunders) in Thailand. Kasetsart Journal, 18(3):180-185
<i>Eriobotrya japonica</i>	EIOJA	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Ficus</i>	1FIUG	CPC CABI
<i>Ficus carica</i>	FIUCA	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Grewia asiatica</i>	GRWAS	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Lagenaria siceraria</i>	LGNSI	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Luffa</i>	1LUGF	EFSA, USDA
<i>Luffa acutangula</i>	LUFAC	EPPO GD, USDA
<i>Luffa aegyptiaca</i>	LUFAE	Thomas J. & Vidya C.V. (2005). Infestation of hosts by tephritid species in central Kerala, pp. 32-33. In: Mumford J (Project Leader) Project Integrated management of fruit flies in India (R8089). Final Technical Report, 190 pp.
<i>Malpighia emarginata</i>	MLPEM	EPPO GD, USDA
<i>Malus domestica</i>	MABSD	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Malus sylvestris</i>	MABSY	CPC CABI, USDA
<i>Mangifera indica</i>	MNGIN	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Manilkara zapota</i>	MNKZA	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Mimusops elengi</i>	MMOEL	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Momordica charantia</i>	MOMCH	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Musa x paradisiaca</i>	MUBPA	CPC CABI

Plante hôte	Code EPPO	Référence
<i>Olea europaea</i>	OLVEU	USDA
<i>Persea americana</i>	PEBAM	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Phoenix dactylifera</i>	PHXDA	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Pouteria sapota</i>	POJSA	Thomas J. & Vidya C.V. (2005). Infestation of hosts by tephritid species in central Kerala, pp. 32-33. In: Mumford J (Project Leader) Project Integrated management of fruit flies in India (R8089). Final Technical Report, 190 pp.
<i>Prunus</i>	1PRNG	USDA
<i>Prunus armeniaca</i>	PRNAR	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Prunus avium</i>	PRNAV	USDA
<i>Prunus domestica</i>	PRNDO	CPC CABI, USDA
<i>Prunus persica</i>	PRNPS	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Prunus salicina</i>	PRNSC	Adnan Abdel-Fattah El-Sayed Darwish. (2016). Relative susceptibility of some fruits to the Mediterranean fruit fly, <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann) and peach fruit fly, <i>Bactrocera zonata</i> (Saunders) (Diptera: Tephritidae) in Egypt.
<i>Psidium cattleianum</i>	PSICA	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Psidium guajava</i>	PSIGU	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Punica granatum</i>	PUNGR	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Putranjiva roxburghii</i>	PYUCA	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Pyrus communis</i>	PYUCO	EPPO GD, USDA
<i>Pyrus pyrifolia</i>	PYUPY	CPC CABI
<i>Pyrus ussuriensis</i>	PYUUS	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Solanum lycopersicum</i>	LYPES	USDA
<i>Solanum melongena</i>	SOLME	USDA
<i>Syzygium aqueum</i>	SYZAQ	Tigvatananont S. & Areekul S. (1984). The economic importance of the fruit fly <i>Dacus zonatus</i> (Saunders) in Thailand. <i>Kasetsart Journal</i> , 18(3):180-185
<i>Syzygium jambos</i>	SYZJA	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Syzygium malaccense</i>	SYZMA	Moquet L., Jobart B., Fontaine R. & Delatte H. (2023). Tri-trophic interactions among <i>Fopius arisanus</i> , Tephritid species and host plants suggest apparent competition. <i>Ecology and Evolution</i> , 13(1). 10.1002/ece3.9742
<i>Syzygium samarangense</i>	SYZSA	EPPO GD, CPC CABI, USDA
<i>Terminalia catappa</i>	TEMCA	EPPO GD, CPC CABI, EFSA, USDA
<i>Ziziphus</i>	1ZIPG	CPC CABI
<i>Ziziphus jujuba</i>	ZIPSC	EPPO GD, USDA
<i>Ziziphus mauritiana</i>	ZIPMA	EPPO GD, CPC CABI, USDA

Annexe 4 : Richesse en espèces de plantes hôtes de *Bactrocera zonata* au niveau départemental pour la zone ARP

La richesse en espèces de plantes hôtes de *Bactrocera zonata* par département a été calculée à partir de trois sources de données : les Statistiques Agricoles Annuelles, Tela Botanica et l'Inventaire forestier. Le tableau suivant présente la liste des espèces par département.

Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-01	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-02	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-03	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-04	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Diospyros kaki</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-05	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-06	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Citrus hystrix</i> , <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus maxima</i> , <i>Citrus paradisi</i> , <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus sinensis</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Diospyros kaki</i> , <i>Eriobotrya japonica</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-07	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>

Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-08	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-09	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Diospyros kaki, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-10	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-11	<i>Citrullus lanatus, Citrus reticulata, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-12	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Eriobotrya japonica, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-13	<i>Citrullus lanatus, Citrus aurantium, Citrus hystrix, Citrus limon, Citrus maxima, Citrus paradisi, Citrus reticulata, Citrus sinensis, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-14	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-15	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-16	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-17	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>

Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-18	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-19	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-21	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-22	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-23	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-24	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-25	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-26	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-27	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-28	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-29	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>

Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-2A	<i>Citrullus lanatus, Citrus hystrix, Citrus limon, Citrus reticulata, Citrus sinensis, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Persea americana, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-2B	<i>Citrullus lanatus, Citrus hystrix, Citrus limon, Citrus maxima, Citrus paradisi, Citrus reticulata, Citrus sinensis, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Persea americana, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-30	<i>Citrullus lanatus, Citrus hystrix, Citrus limon, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-31	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-32	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-33	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-34	<i>Citrullus lanatus, Citrus hystrix, Citrus limon, Citrus reticulata, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Eriobotrya japonica, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-35	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-36	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>

Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-37	<i>Citrullus lanatus, Citrus hystrix, Citrus limon, Citrus reticulata, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-38	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-39	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-40	<i>Citrullus lanatus, Citrus maxima, Citrus paradisi, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-41	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-42	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-43	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-44	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-45	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-46	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-47	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Diospyros kaki, Eriobotrya japonica, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>

Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-48	<i>Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-49	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-50	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-51	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-52	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-53	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-54	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-55	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-56	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-57	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-58	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-59	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>

Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-60	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-61	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-62	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-63	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-64	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Citrus reticulata</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Eriobotrya japonica</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-65	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-66	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Citrus hystrix</i> , <i>Citrus limon</i> , <i>Citrus maxima</i> , <i>Citrus paradisi</i> , <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus sinensis</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Punica granatum</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-67	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-68	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-69	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>
FR-70	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Malus sylvestris</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>

Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-71	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-72	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-73	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-74	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-75	<i>Diospyros kaki, Eriobotrya japonica, Ficus carica, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum</i>
FR-76	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-77	<i>Citrullus lanatus, Citrus reticulata, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-78	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-79	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-80	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-81	<i>Citrullus lanatus, Citrus hystrix, Citrus limon, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-82	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>

Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-83	<i>Citrullus lanatus, Citrus hystrix, Citrus limon, Citrus maxima, Citrus paradisi, Citrus reticulata, Citrus sinensis, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Eriobotrya japonica, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-84	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Punica granatum, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-85	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Olea europaea, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-86	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-87	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-88	<i>Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-89	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Ficus carica, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-90	<i>Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Lagenaria siceraria, Malus sylvestris, Prunus avium, Solanum lycopersicum</i>
FR-91	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>
FR-92	<i>Ficus carica, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus avium, Prunus domestica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum</i>
FR-93	<i>Cucurbita pepo, Cydonia oblonga, Ficus carica, Malus sylvestris, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum</i>
FR-94	<i>Citrullus lanatus, Cucumis sativus, Cucurbita pepo, Lagenaria siceraria, Malus domestica, Malus sylvestris, Prunus armeniaca, Prunus domestica, Prunus persica, Pyrus communis, Solanum lycopersicum, Solanum melongena</i>

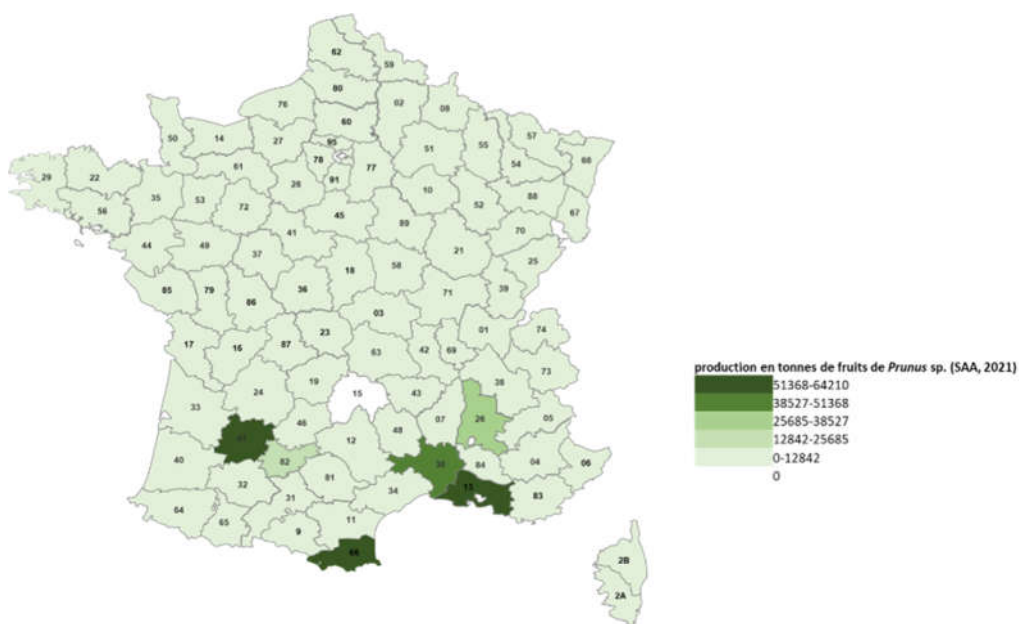
Département	Plantes hôtes de <i>Bactrocera zonata</i>
FR-95	<i>Citrullus lanatus</i> , <i>Cucumis sativus</i> , <i>Cucurbita pepo</i> , <i>Ficus carica</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> , <i>Malus domestica</i> , <i>Prunus armeniaca</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Prunus domestica</i> , <i>Prunus persica</i> , <i>Pyrus communis</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Solanum melongena</i>

Annexe 5 : Cartes de production de fruits hôtes de *Bactrocera zonata* en France métropolitaine

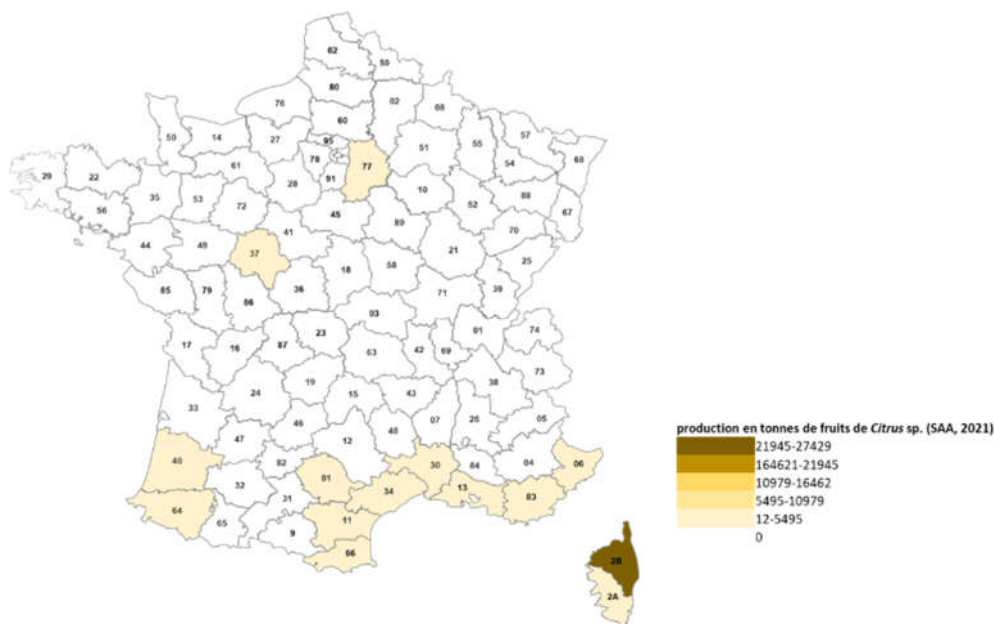
Les figures suivantes présentent la production en tonnes de fruits hôtes de *B. zonata* en France métropolitaine au niveau départemental. Attention : L'échelle des cartes est différente pour les espèces de fruits présentés.

Il est aussi important de noter que les récoltes de l'année 2021 sont les plus basses sur les années 2017-2022 pour l'ensemble des fruits dont le pêcher, le prunier, le poirier et l'abricot par exemple.

- (a) Les espèces du genre *Prunus* : *Prunus armeniaca* (abricot), *Prunus avium* (cerise), *Prunus domestica* (prune) et *Prunus persica* (pêche) ;

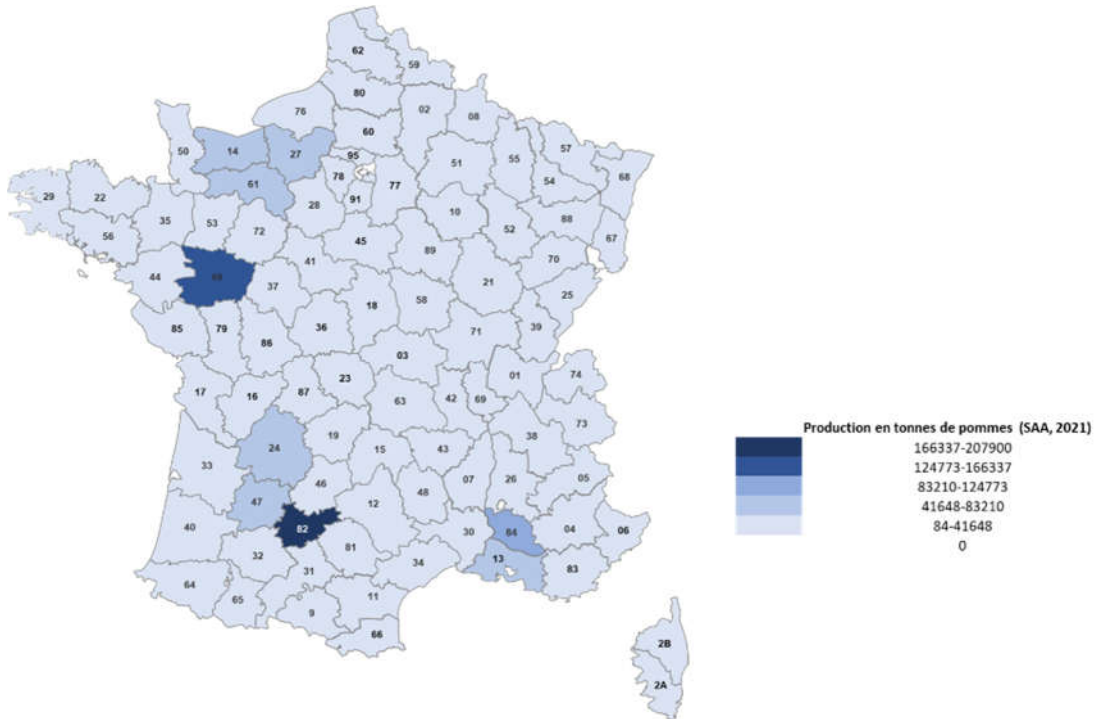


- (b) Les espèces du genre *Citrus* : *Citrus aurantium* (orange amer), *Citrus hystrix* (combava), *Citrus limon* (citron), *Citrus maxima* (pamplemousse), *Citrus paradisi* (pomélo), *Citrus reticulata* (mandarine), *Citrus sinensis* (orange);

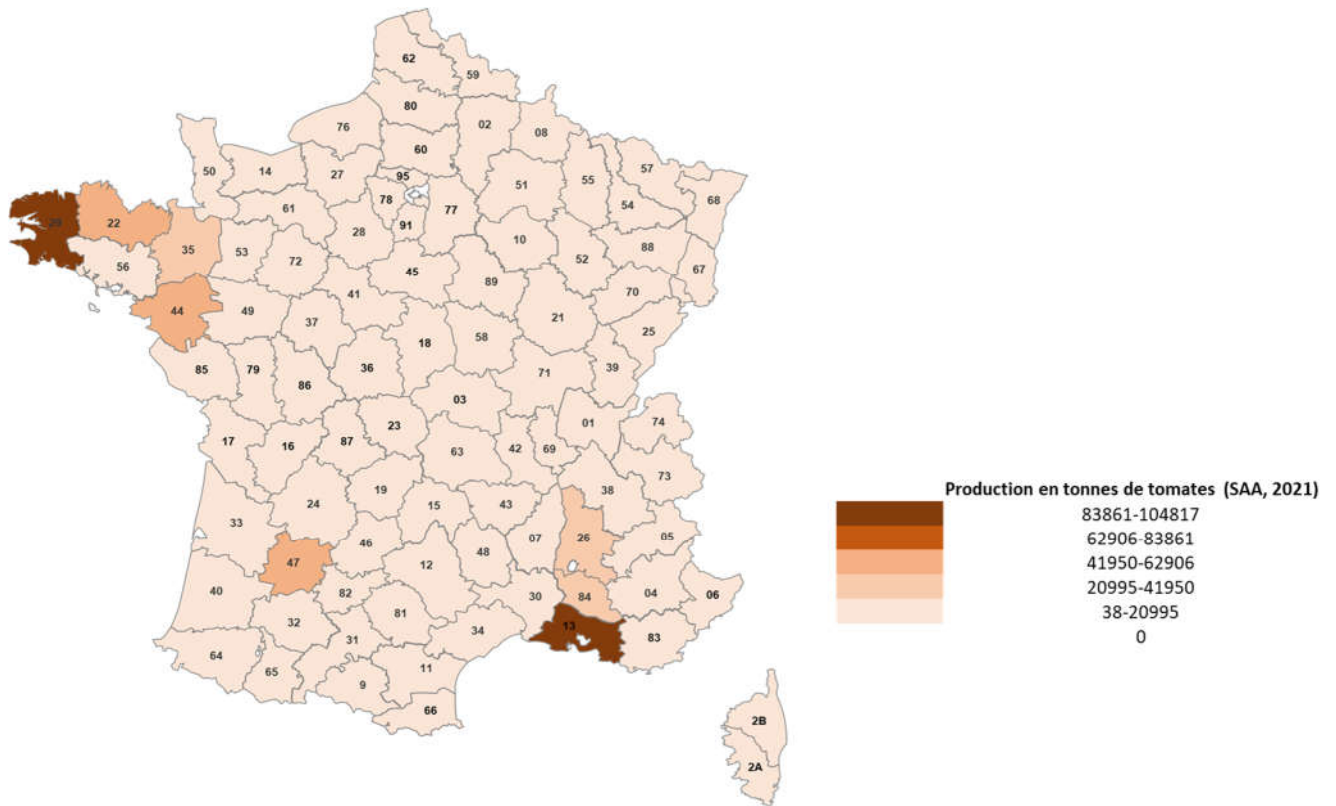


La production de *Citrus* dans les départements 77 et 37 est surprenante, ces départements n'offrant pas les conditions climatiques compatibles avec la production d'agrumes ; pourtant 1 ha produisant 21,4 tonnes de clémentines/mandarines est déclaré dans le département 37 et 2 ha produisant 48,9 tonnes de clémentines/mandarines sont déclarés dans le département 77 sans le cadre des Statistiques agricoles Annuelles (SAA) de 2021. Une explication à ces chiffres est la suivante : les données proposées dans la SAA sont générées et rapatriées à la commune siège puis au département et à la région siège de l'exploitation concernée plutôt que la localisation géographique du lieu de production. La source d'incertitude provient du fait que les données du dernier recensement agricole (2020) servant à alimenter la SAA sont déclarées par les agriculteurs eux-mêmes et non pas mesurées avec des risques d'imprécisions voire d'erreurs pour ces catégories culturelles moins communes. Les données pour cette catégorie doivent être considérées avec beaucoup de précaution pour les régions Ile de France et Centre-Val de Loire (B. ROBERT, DRAFF/Pays-de-La-Loire/SRISE, communication personnelle).

(c) Le pommier (*Malus domestica*)



(d) La tomate (*Solanum lycopersicum*) avec une majorité de production sous abris



Annexe 6 : Liste des publications sélectionnées pour extraire les données de prévalence de *B. zonata* sur fruits

- Binyameen M., Hamid A., Afzal I., Sajjad M., Azeem M., Zaka S.M., ... & Schlyter F. (2021). Role of fruit volatiles of different guava varieties in attraction and oviposition behaviors of peach fruit fly, *Bactrocera zonata* Saunders. *Arthropod-Plant Interactions*, 15:95-106.
- Charlery De La Masseliere M., Ravigné V., Facon B., Lefeuvre P., Massol F., Quilici S. & Duyck, P.F. (2017). Changes in phytophagous insect host ranges following the invasion of their community: Long-term data for fruit flies. *Ecology and evolution*, 7(14):5181-5190.
- Darwish A.A. (2016). Relative susceptibility of some fruits to the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) and peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders)(Diptera: Tephritidae) in Egypt. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(4):42-48.
- Duyck P.F., David P., Junod G., Brunel C., Dupont R. & Quilici S. (2006). Importance of competition mechanisms in successive invasions by polyphagous tephritids in La Réunion. *Ecology*, 87(7):1770-1780.
- Duyck P.F., David P., Pavoine S., Quilici S. (2008). Can host-range allow niche differentiation of invasive polyphagous fruit flies (Diptera: Tephritidae) in La Réunion? *Ecological Entomology*, 33(4):439-452.
- El-Gendy I.R. & Villanueva-Jimenez J.A. (2021). Does fruit phenology influence trap-capture and emergence of *Ceratitis capitata* and *Bactrocera zonata* in commercial hosts?
- Moquet L., Payet J., Glenac S. & Delatte H. (2021). Niche shift of tephritid species after the Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) invasion in La Réunion. *Diversity and Distributions*. 27(1):109-129.
- Saafan M.H., Foda S.M., Mohammed A.A. (2006). Ecological studies on fruit flies on different hosts at Fayoum Governorate, Egypt. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 84(2):323-336.
- Sookar P., Patel N. & Ramkalawon P. (2021). *Bactrocera dorsalis*, an invasive fruit fly species in Mauritius.

Annexe 7 : Détails des données d'interceptions exploitées dans le cadre de cette saisine

Le tableau suivant présente les détails des données d'interceptions de *B. zonata* sur les postes de contrôles frontaliers français exploitées dans le cadre de cette saisine (mise à disposition par R. MOUTTET, LSV – Unité entomologie et botanique).

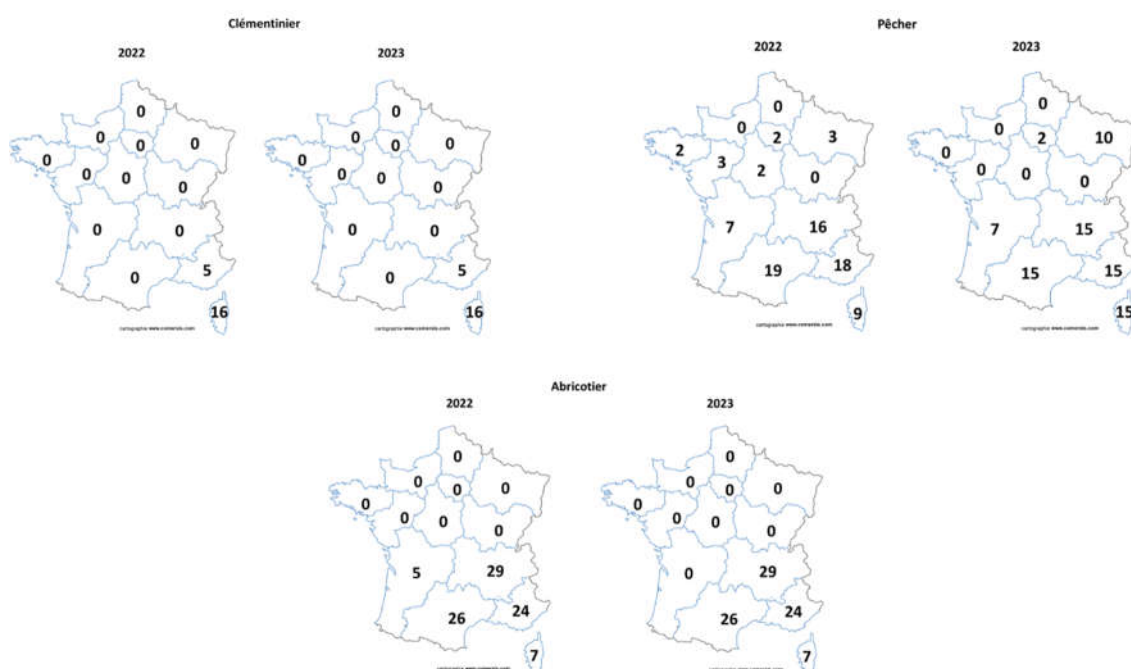
Pays	Code ISO	HOSTNAME	Mouche	DATECAPT	Jour	Mois	Année	Nombre final
Maurice	MU	<i>Annona squamosa</i>	<i>B. zonata</i>	05/03/2014	5	3	2014	97
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	11/09/2020	11	9	2020	81
Maurice	MU	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	16/10/2013	16	10	2013	54
Maurice	MU	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	23/10/2013	23	10	2013	46
Egypte	EG	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	03/11/2020	3	11	2020	45
Inde	IN	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	20/05/2015	20	5	2015	27
Inde	IN	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	05/07/2013	5	7	2013	23
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	05/07/2019	5	7	2019	20
Maurice	MU	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	30/09/2010	30	9	2010	18
Mali	ML	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	02/06/2019	2	6	2019	15
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	19/06/2010	19	6	2010	13
Réunion	RE	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	19/01/2017	19	1	2017	12
Pakistan	PK	<i>Ziziphus</i>	<i>B. zonata</i>	08/12/2013	8	12	2013	11
Egypte	EG	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	30/11/2017	30	11	2017	10
Arabie saoudite	SA	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	24/05/2011	24	5	2011	8
Inde	IN	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	08/07/2013	8	7	2013	8
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	15/07/2013	15	7	2013	8
Egypte	EG	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	10/08/2015	10	8	2015	8
Pakistan	PK	<i>Psidium guajava</i>	<i>B. zonata</i>	27/12/2012	27	12	2012	6
Pakistan	PK	<i>Psidium guajava</i>	<i>B. zonata</i>	04/03/2013	4	3	2013	6
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	21/07/2013	21	7	2013	6

Pays	Code ISO	HOSTNAME	Mouche	DATECAPT	Jour	Mois	Année	Nombre final
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	27/06/2018	27	6	2018	6
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	05/10/2018	5	10	2018	6
Arabie saoudite	SA	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	21/05/2011	21	5	2011	5
Maurice	MU	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	07/12/2011	7	12	2011	5
Pakistan	PK	<i>Psidium guajava</i>	<i>B. zonata</i>	15/03/2010	15	3	2010	4
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	15/08/2011	15	8	2011	4
Pakistan	PK	<i>Psidium guajava</i>	<i>B. zonata</i>	08/12/2013	8	12	2013	4
Liban	LB	<i>Annona squamosa</i>	<i>B. zonata</i>	10/11/2021	10	11	2021	4
Inde	IN	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	20/06/2010	20	6	2010	3
Inde	IN	<i>Psidium guajava</i>	<i>B. zonata</i>	01/07/2021	1	7	2021	3
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	12/07/2021	12	7	2021	3
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	09/06/2010	9	6	2010	2
Pakistan	PK	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	26/07/2012	26	7	2012	2
Pakistan	PK	<i>Psidium guajava</i>	<i>B. zonata</i>	22/01/2013	22	1	2013	2
Congo	CG	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	10/10/2013	10	10	2013	2
Pakistan	PK	<i>Psidium guajava</i>	<i>B. zonata</i>	26/11/2013	26	11	2013	2
Maurice	MU	<i>Annona squamosa</i>	<i>B. zonata</i>	12/02/2014	12	2	2014	2
Vietnam	VN	<i>Annona muricata</i>	<i>B. zonata</i>	08/07/2016	8	7	2016	2
Egypte	EG	<i>Annona squamosa</i>	<i>B. zonata</i>	24/10/2016	24	10	2016	2
Cambodge	CB	<i>Mangifera indica</i>	<i>B. zonata</i>	22/02/2017	22	2	2017	2
Inde	IN	<i>Psidium guajava</i>	<i>B. zonata</i>	28/03/2017	28	3	2017	2
Sri Lanka	LK	<i>Psidium guajava</i>	<i>B. zonata</i>	20/06/2019	20	6	2019	2
Inde	IN	<i>Mangifera</i>	<i>B. zonata</i>	15/06/2021	15	6	2021	2
Malaisie	MY	<i>Citrus hystrix</i>	<i>B. zonata</i>	06/12/2017	6	12	2017	1

Annexe 8 : Prescriptions de piégeage pour *Bactrocera zonata* dans le cadre de la Surveillance Officielle des organismes Réglementés et Emergents (SORE) en France métropolitaine

Dans le cadre de la SORE, des actions sont prévues au niveau régional. Chaque type d'action associe systématiquement une « filière » de production, une « culture », une « composante », une « modalité » et un ou plusieurs « organismes nuisibles ». Il peut s'agir d'un examen visuel, d'un piégeage ou d'un prélèvement asymptotique.

Sur les cartes suivantes, sont indiqués les nombres d'action SORE prescrites annuellement par région pour *Bactrocera zonata* en terme de piégeage pour les années 2022 et 2023. La prescription d'un piégeage correspond à la pose puis au relevé d'un à plusieurs pièges du même type sur un site donné (unité épidémiologique).



Prescriptions de piégeage de *B. zonata* en France métropolitaine en arboriculture fruitière selon la SORE pour les années 2022 et 2023

Source : P. FARIGOULE (DGAL, audition le 07/06/2023). Mise en forme : Anses

Notes



anses

CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr — [@Anses_fr](https://twitter.com/Anses_fr)