

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



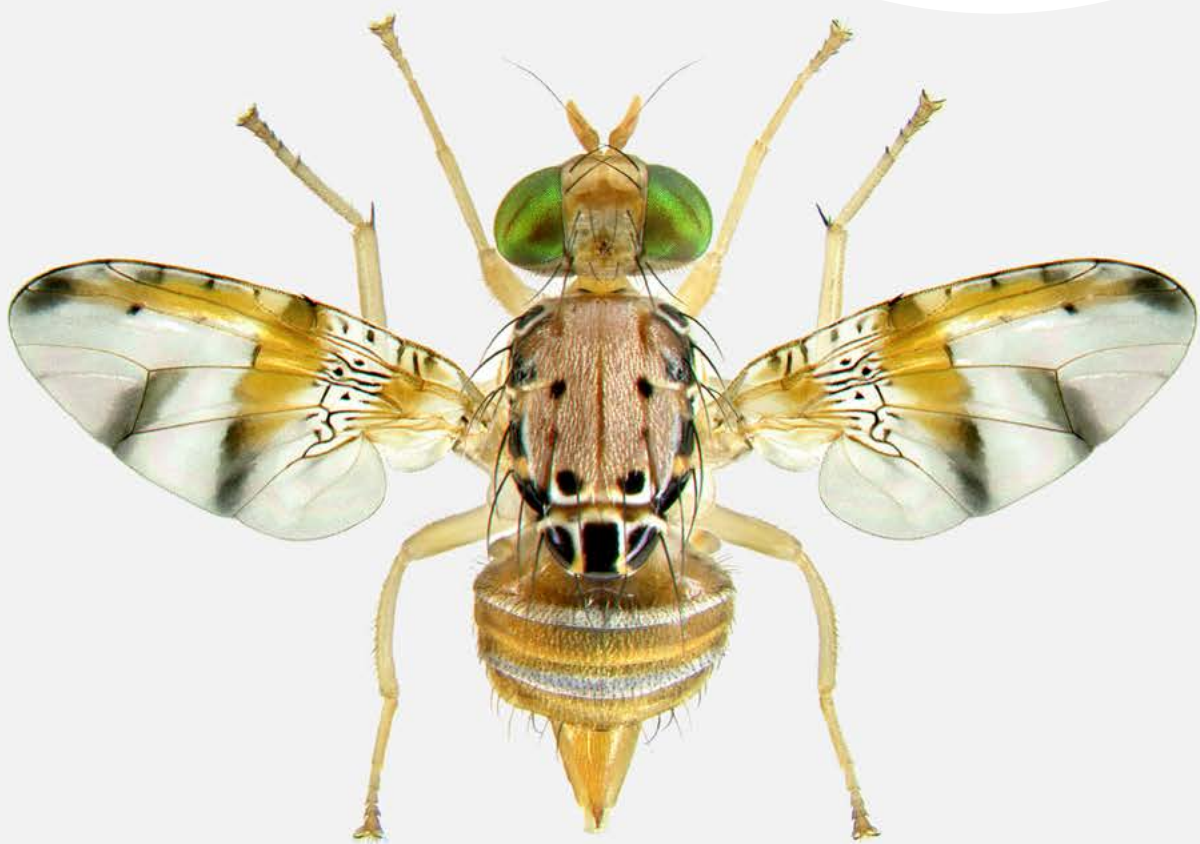
Hiérarchisation des mouches *Tephritidae* les plus menaçantes pour les DOM

Zone : La Réunion

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Décembre 2014

Édition scientifique



anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Hiérarchisation des mouches *Tephritidae* les plus menaçantes pour les DOM

Zone : La Réunion

Avis de l'Anses

Rapport d'expertise collective

Décembre 2014

Édition scientifique

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 19 décembre 2014

AVIS

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

relatif à « Demande de réalisation d'une hiérarchisation des mouches Tephritidae les plus menaçantes pour les zones tropicales ultra-marines et notamment La Réunion »

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 d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

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 rendus publics.

L'Anses a été saisie le 02 juillet 2012 par la Direction Générale de l'Alimentation du Ministère en charge de l'agriculture pour la réalisation de l'expertise suivante : Demande de réalisation d'une hiérarchisation des mouches Tephritidae les plus menaçantes pour les zones tropicales ultra-marines et notamment La Réunion.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

■ Contexte

La Direction de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DAAF) de La Réunion a fait part à la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) de ses interrogations quant aux risques phytosanitaires importants liés à l'introduction de mouches des fruits exogènes devenant trop souvent de nouveaux ravageurs pour les cultures locales.

En juillet 2012, le réseau d'épidémiologie local et les nombreux travaux de recherche du CIRAD ont confirmé que seules neuf espèces de Tephritidae d'importance économique sont présentes à La Réunion.

Afin de maintenir ce bon niveau phytosanitaire, l'[arrêté préfectoral n°2011/1479](#) du 30 septembre 2011 ([Annexe IV : 11](#)) demande notamment à ce qu'il soit attesté que les fruits importés soient originaires d'une région connue comme exempte de Tephritidae (à l'exception des neuf espèces déjà présentes localement), ou aient été soumis à un traitement adéquat (ce qui en pratique est souvent incompatible avec la fragilité des fruits). Le grand nombre d'espèces de Tephritidae et leur large répartition mondiale font que les services certificateurs, aussi bien les SRAL en métropole que les services phytosanitaires des pays tiers, ont beaucoup de difficultés à apporter ces garanties.

■ **Objet**

La DGAL a demandé à l'Anses, par lettre en date du 2 juillet 2012, de réaliser une hiérarchisation des mouches Tephritidae les plus menaçantes pour les DOM. L'objectif de la saisine est de répondre à deux questions :

1/- Afin de répondre à l'impératif de protection des cultures sans entraver inutilement le commerce et priver La Réunion de ses approvisionnements en fruits et légumes, quelles mouches des fruits auraient un impact significatif sur les cultures réunionnaises si elles étaient introduites ?

2/- Considérant les flux commerciaux entrant à La Réunion, quelles mesures aux frontières (y compris interdiction, certification sur l'origine, traitement post récolte) sont appropriées pour protéger le territoire des mouches qui seront identifiées au point 1 ?

Aussi dans ce contexte, il est demandé de procéder à la hiérarchisation des mouches Tephritidae non présentes à La Réunion, et de procéder de même dans les autres DOM tropicaux : Mayotte, Guadeloupe, Martinique et Guyane.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

■ **Organisation générale**

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) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisés (CES) « Risques biologiques pour la santé des végétaux ». L'Anses a confié l'expertise au Groupe de Travail « Mouches des fruits en zone tropicale ». Les travaux ont été présentés au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le 16/10/2012 et le 09/12/2014. Les conclusions ont été adoptées par le CES « Risques biologiques pour la santé des végétaux » réuni le 10/10/2014 pour La Réunion et le 09/12/2014 pour les autres DOM.

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

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 rendues publiques *via* le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

■ **Démarche de travail**

Le Groupe de Travail (GT) sollicité par la saisine a conduit l'expertise en trois étapes (1) la recherche intensive de références bibliographiques qui a donné lieu à la construction d'une base de données d'observations, (2) le croisement des informations et le remplissage de matrices selon des critères définis par les membres du GT (3) l'usage de PROMETHEE, outil d'aide à la décision basé sur une analyse multicritère afin de répondre aux questions posées.

Il s'est avéré indispensable de faire appel à un expert rapporteur pour assurer un appui informatique nécessaire à la gestion/manipulation des sources de données et l'élaboration des outils en amont et au moment de la hiérarchisation avec le logiciel Visual Prométhée.

Des experts des mouches des fruits ainsi que les SALIM de chacune des zones ont été sollicités afin de recueillir des informations complémentaires, notamment des éléments sur les propriétés

intrinsèques des mouches (caractère envahissant, plantes-hôtes) et les mesures de gestion déjà mises en œuvre.

Le GT propose à l'initiateur de cette saisine deux rapports qui concernent La Réunion d'une part et les quatre autres DOM d'autre part (Guadeloupe, Martinique, Guyane, Mayotte).

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES ET DU GT

Les éléments suivants sont repris du rapport d'expertise collective.

■ Analyse du CES et du GT

- L'enjeu relatif à la famille des Tephritidae

Parmi les diptères qui ont un impact sur l'agriculture, la famille des Tephritidae est la plus importante d'un point de vue économique. Elle comprend plus de 4000 espèces (réparties dans différentes tribus, en 500 genres environ) présentes dans les régions tropicales et tempérées. La pression parasitaire très importante de cette famille est exercée sur une gamme élargie de plantes hôtes d'intérêt commercial tant sur les cultures fruitières que maraîchères. Les dégâts imputables aux Tephritidae s'inscrivent à l'échelle mondiale sur toutes les zones tropicales mais aussi au niveau des régions tempérées.

Les mouches des fruits constituent un bon exemple d'espèces envahissantes à l'échelle mondiale. L'introduction et la colonisation de nouveaux territoires par de telles espèces est devenu un phénomène récurrent à la fois par (i) l'intensification du commerce international des productions horticoles, la facilité des échanges commerciaux, l'élargissement des zones géographiques d'échanges commerciaux, (ii) le trafic des passagers par voie aérienne (rapidité, liaisons mondiales), (iii) l'hétérogénéité des législations phytosanitaires nationales et internationales, (iv) le changement climatique.

- La méthodologie adoptée

Pour chaque DOM, les filières d'entrée sont constituées des importations de fruits et de légumes frais par les transports commerciaux (bateau et avion) et le transport individuel par les passagers, notamment par voie aérienne. Le transport par les passagers des avions a fait l'objet d'une description détaillée à cause du risque important d'introduction par cette voie, de fruits frais pouvant potentiellement contenir des larves de mouches vivantes.

Des critères permettant d'aider à la hiérarchisation des mouches en fonction de leur risque d'introduction par les importations de fruits ont été définis par le GT afin de construire une matrice comportant ces critères en colonnes. Les critères 1 à 4 concernent le risque d'entrée (caractère envahissant, qualité de la plante-hôte de la filière d'importation, risque à l'origine, quantité totale importée) et les critères 5 à 7 (risque d'établissement en lien avec une analyse climatique, présence et/ou surface totale de plantes-hôtes locales) concernent le risque d'établissement. Certains de ces critères ont pu être éliminés par manque d'informations dans certains DOM.

Les espèces de Tephritidae présentes dans les DOM ont d'office été exclues de l'analyse¹. Les filières d'importation retenues (voies d'entrée potentielle de fruits et légumes infestés) ont constitué les lignes de la matrice permettant l'analyse. Chaque ligne a été renseignée à partir de la consultation d'une base de données des observations (BDO) spécialement élaborée sur la base de la définition de triplets « espèce de Tephritidae/plantes-hôtes connues/pays d'importation » où l'espèce de Tephritidae a été identifiée.

¹ À l'exception des espèces *Anastrepha obliqua* et *Ceratitis rosa* dont les souches d'origine respectivement américaine et africaine sont considérées comme plus agressives que les souches locales.

Les limites de la méthodologie adoptée ont été signalées aux différentes étapes dans les rapports. Elles conditionnent les conclusions apportées. Les conditions réelles de transport des fruits et les capacités de survie des Tephritidae dans les fruits infestés sont des points qui, par exemple, mériteraient d'être davantage précisés.

- La hiérarchisation des mouches les plus menaçantes pour chaque zone

Les tableaux suivants donnent les hiérarchies des espèces de mouches les plus menaçantes, ainsi que les classes de risque définies dans chacun des DOM.

L'analyse faite a permis d'identifier les espèces de Tephritidae les plus menaçantes, dans l'état actuel de nos connaissances.

Pour La Réunion, les espèces *Bactrocera invadens*, *Ceratitis rosa* (d'Afrique), *Bactrocera dorsalis*, *Bactrocera tryoni* et *Dacus vertebratus* seraient les mouches les plus menaçantes du fait de leurs risques d'entrée et d'établissement.

Pour Mayotte, *Bactrocera cucurbitae* et *Ceratitis rosa* (d'Afrique) occupent les premières positions des classes de mouches à risque parmi les quatorze espèces de mouches potentiellement envahissantes.

La Réunion	
Hiérarchie à huit classes	
N° classe	Tephritidae
1	<i>Bactrocera invadens</i>
2	<i>Ceratitis rosa</i>
3	<i>Bactrocera dorsalis</i>
4	<i>Bactrocera tryoni</i>
5	<i>Dacus vertebratus</i>
6	<i>Anastrepha fraterculus</i> <i>Ceratitis cosyra</i> <i>Ceratitis malgassa</i> <i>Ceratitis quinaria</i> <i>Ceratitis rubivora</i> <i>Dacus frontalis</i> <i>Dacus lounsburyi</i> <i>Rhagoletis cerasi</i> <i>Rhagoletis cingulata</i>
7	<i>Rhagoletis completa</i>
8	<i>Anastrepha obliqua</i>

Mayotte	
Hiérarchie à sept classes	
N° classe	Tephritidae
1	<i>Bactrocera cucurbitae</i>
2	<i>Ceratitis rosa</i>
3	<i>Bactrocera dorsalis</i> <i>Bactrocera zonata</i>
4	<i>Bactrocera latifrons</i> <i>Ceratitis cosyra</i> <i>Ceratitis quinaria</i> <i>Dacus demmerezi</i> <i>Dacus punctatifrons</i> <i>Rhagoletis cerasi</i>
5	<i>Ceratitis catoirii</i>
6	<i>Rhagoletis cingulata</i>
7	<i>Ceratitis rubivora</i> <i>Rhagoletis completa</i>

Pour la Martinique, la Guadeloupe et la Guyane, les espèces *Bactrocera invadens*, *Ceratitis capitata* et *Bactrocera dorsalis* occupent souvent les premières classes de risque parmi les mouches classées.

Martinique

Hiérarchie à dix classes	
N° classe	Tephritidae
1	<i>Bactrocera invadens</i>
2	<i>Ceratitis capitata</i>
3	<i>Bactrocera zonata</i>
4	<i>Anastrepha fraterculus</i> <i>Anastrepha grandis</i> <i>Anastrepha ludens</i> <i>Anastrepha obliqua</i> <i>Anastrepha serpentina</i> <i>Anastrepha striata</i> <i>Anastrepha suspensa</i> <i>Bactrocera dorsalis</i> <i>Ceratitis rosa</i> <i>Toxotrypana curvicauda</i>
5	<i>Bactrocera tryoni</i> <i>Ceratitis cosyra</i>
6	<i>Rhagoletis cerasi</i>
7	<i>Bactrocera correcta</i> <i>Ceratitis quinaria</i>
8	<i>Ceratitis discussa</i> <i>Rhagoletis cingulata</i> <i>Rhagoletis completa</i>
9	<i>Ceratitis rubivora</i>
10	<i>Rhagoletis suavis</i>

Guadeloupe

Hiérarchie à onze classes	
N° classe	Tephritidae
1	<i>Bactrocera invadens</i>
2	<i>Ceratitis capitata</i>
3	<i>Bactrocera dorsalis</i>
4	<i>Anastrepha obliqua</i>
5	<i>Anastrepha suspensa</i>
6	<i>Anastrepha fraterculus</i> <i>Anastrepha grandis</i> <i>Anastrepha ludens</i> <i>Anastrepha serpentina</i> <i>Anastrepha striata</i> <i>Ceratitis rosa</i>
7	<i>Ceratitis cosyra</i> <i>Rhagoletis cerasi</i>
8	<i>Bactrocera correcta</i> <i>Bactrocera tryoni</i> <i>Ceratitis catoirii</i> <i>Ceratitis quinaria</i> <i>Rhagoletis cingulata</i> <i>Rhagoletis indifferens</i> <i>Rhagoletis pomonella</i>
9	<i>Bactrocera oleae</i> <i>Ceratitis discussa</i> <i>Rhagoletis completa</i> <i>Rhagoletis fausta</i>
10	<i>Ceratitis rubivora</i>
11	<i>Rhagoletis suavis</i>

Guyane

Hiérarchie à treize classes	
N° classe	Tephritidae
1	<i>Bactrocera invadens</i>
2	<i>Ceratitis capitata</i>
3	<i>Anastrepha suspensa</i>
4	<i>Bactrocera dorsalis</i>
5	<i>Anastrepha ludens</i>
6	<i>Anastrepha grandis</i> <i>Ceratitis rosa</i>
7	<i>Bactrocera correcta</i> <i>Ceratitis cosyra</i> <i>Rhagoletis cerasi</i>
8	<i>Rhagoletis pomonella</i>
9	<i>Ceratitis quinaria</i>
10	<i>Rhagoletis cingulata</i>
11	<i>Bactrocera oleae</i> <i>Rhagoletis completa</i>
12	<i>Ceratitis rubivora</i>
13	<i>Rhagoletis suavis</i>

- Listes hiérarchisées des filières les plus menaçantes pour chaque zone

La détection et l'identification précise des Tephritidae citées plus haut sont difficiles à réaliser, sinon impossibles, notamment au stade larvaire qui est celui véhiculé par les végétaux frais importés. Le classement des filières d'importation à risque s'avère plus judicieux, en tenant compte notamment des filières qui seraient susceptibles d'introduire plusieurs espèces de mouches parmi les plus menaçantes identifiées au préalable pour chaque DOM. Ce classement a été réalisé dans une seconde étape après l'établissement d'une liste hiérarchisée complète des filières. Celle-ci détaille toutes les espèces végétales et les origines géographiques, ainsi que les espèces de Tephritidae liées à chacune des filières. Ces listes complètes sont présentes dans les rapports. Dans cet avis ne sont retenues pour une rapide présentation que les filières les plus marquantes pour chaque DOM.

Pour La Réunion, les importations provenant essentiellement d'Afrique du Sud (fruits des genres *Citrus*, *Prunus* [les pêches en particulier], *Cucumis* [les melons et les concombres en particulier]), de Madagascar (fruits du genre *Citrus*) et de Zambie (pêches) sont les plus 'à risque'.

Pour Mayotte, les filières d'importation de tomate semblent les plus 'à risque' suivies des importations de fruits des genres *Prunus* et *Citrus*.

Pour la Martinique, les filières les plus 'à risque' sont constituées par les agrumes (fruits du genre *Citrus*) en provenance d'Amérique latine et d'Afrique australe.

Les filières qui seraient les plus 'à risque' pour la Guadeloupe sont les agrumes (fruits du genre *Citrus*) en provenance d'Amérique latine (Amérique centrale, Amérique du sud et Grandes Antilles) et du sud du continent africain. Ensuite le risque proviendrait des *Prunus* (hors cerises) d'Europe, d'Afrique du Sud et des États-Unis, suivi des importations de pommes.

Pour la Guyane, les filières d'importation d'Afrique du Sud (notamment les *Citrus* et les *Prunus*) seront celles à surveiller en priorité ainsi que toutes les importations par voie terrestre ou fluviale de fruits provenant du Brésil (état de l'Amapá) et du Suriname voisins.

Il est important de signaler que les listes construites se basent sur les données d'importations des dernières années et sur l'état actuel de la distribution des Tephritidae au niveau mondial. Ces deux paramètres sont, l'un comme l'autre, voués à des changements ce qui influencera sans aucun doute les territoires d'origine des fruits considérés dans cette analyse.

- Mesures de gestion
- Au niveau réglementaire

Les pays d'origine des importations traitées dans le cadre de cette saisine sont tous signalés comme hébergeant des Tephritidae. Dans ce cas de figure, l'arrêté préfectoral du 9 septembre 1990 (qui concerne La Réunion, la Guadeloupe, la Martinique et la Guyane) exige des constatations officielles que les fruits ont été soumis à un traitement assainissant avant expédition. L'arrêté du 10 avril 1995 (pour Mayotte) exige une interdiction d'importation sauf pour les pays détenteurs d'une convention signée avec le service de la protection des végétaux de Mayotte. Le respect de la réglementation par l'exigence de telles certifications semble primordial pour préserver ces zones de l'entrée éventuelle de mouches des fruits à partir des pays fournisseurs. Les listes hiérarchisées des filières d'importations indiquent, pour chaque zone, les fruits et les origines (pays) 'à risque' telles que les importations de fruits de *Citrus* en provenance de l'Afrique du Sud qui occupent les classes les plus élevées de risque.

- Au niveau pratique

L'adaptation des réseaux de surveillance déjà existants dans chacune des zones devrait se faire au niveau du positionnement et de la nature des pièges utilisés. Dans le premier cas, le réseau de piégeage devrait couvrir, en plus des points d'entrée des importations (ports et aéroports), les hangars, les lieux de stockage des fruits et les décharges où la probabilité de capture d'adultes ayant complété le cycle de développement (par le temps de stockage écoulé) serait plus élevée. Quand à la nature des pièges, une adaptation des substances attractives utilisées aux mouches les plus menaçantes identifiées pour chaque zone est indispensable pour mettre en évidence d'éventuelles entrées de ces mouches.

Les listes hiérarchisées des filières apportent un éclairage sur les productions végétales (fruits et légumes frais) à observer de manière prioritaire, en fonction des pays d'origine, lors des arrivées de marchandises. Les filières les plus menaçantes devraient bénéficier d'une attention particulière lors des échantillonnages et de la vérification, voire de l'exigence, des enregistrements des températures de transport quand elles sont disponibles. En effet, les températures oscillant autour de 0°C pendant 8 à 10 jours (durée de transport) lors des transports qui se font essentiellement en bateau pourraient se substituer à un traitement par cryothérapie capable de neutraliser les Tephritidae.

■ Conclusions du CES

- Le travail réalisé dans le cadre de cette saisine a permis de créer et de développer une méthodologie générique applicable aux cinq DOM.
- Une liste hiérarchisée des espèces de mouches les plus menaçantes a été produite pour chacune des zones.
- Afin de guider le gestionnaire du risque dans la surveillance des filières d'importations les plus menaçantes, une liste hiérarchisée des filières les plus 'à risque' a été produite pour chaque zone.
- Les mesures de gestion proposées sont relatives aux risques identifiés pour chaque zone liés aux mouches et aux filières les plus menaçantes.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

Le processus construit dans le cadre de cette saisine permet de hiérarchiser les mouches Tephritidae en fonction des risques qu'elles font encourir à l'agriculture des DOM.

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions du comité d'experts spécialisé « Santé des Végétaux ». La hiérarchisation des risques effectuée porte sur la situation actuelle de la taxonomie des organismes, des productions agricoles et des filières d'importation. Elle sera amenée à évoluer en fonction de l'évolution de ces paramètres.

Marc Mortureux

MOTS-CLES

Tephritidae, hiérarchisation, La Réunion, Guadeloupe, Martinique, Guyane, Mayotte



Demande d'avis relatif à la hiérarchisation des mouches Tephritidae les plus menaçantes pour les DOM

Saisine n°2012-SA-0162 « Hiérarchisation Mouches des fruits »

RAPPORT d'expertise collective

Zone : La Réunion

« Comité d'experts spécialisé Risques Biologiques pour la Santé des Végétaux »
Groupe de travail « *Mouches des fruits* »

Octobre 2014

Mots clés

Tephritidae, hiérarchisation, La Réunion

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts externes, membres de comités d'experts spécialisé, 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. Pierre SILVIE - Chargé de recherche, IRD mis à disposition du CIRAD, UPR 115 AÏDA (Agroécologie et Intensification Durable des cultures Annuelles)

Membres

Mme Patricia GIBERT - Chargée de recherche CNRS Lyon, *Spécialité : entomologie*

M. Guy LEMPERIERE – Directeur de recherche, IRD, *Spécialité : entomologie*

M. Serge QUILICI – Chercheur, CIRAD La Réunion, *Spécialité : entomologie*

M. Philippe REYNAUD – Responsable d'unité, ANSES Laboratoire de la Santé des Végétaux, Angers, *Spécialité : entomologie*

M. Philippe RYCKEWAERT – Chercheur, CIRAD Martinique, *Spécialité : entomologie*

M. Jean-François VAYSSIERES – Chercheur, CIRAD Cotonou (Bénin), *Spécialité : entomologie*

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport, ont été validés par le CES suivant :

- CES Risques biologiques pour la santé des végétaux – 10 octobre 2014

Président

M. Philippe REIGNAULT - Professeur des universités, Université du Littoral Côte d'Opale, Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant

Membres

Mme Sylvie AUGUSTIN – Chargée de recherche, INRA d'Orléans, UR de zoologie forestière

Mme Nathalie BREDA – Directrice de recherche, INRA de Nancy, UMR Écologie et Écophysologie Forestières

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

- M. Bruno CHAUVEL – Chargé de recherche, INRA de Dijon, UMR Agroécologie
- M. Nicolas DESNEUX – Chargé de recherche, INRA PACA, Institut Sophia Agrobiotech
- M. Abraham ESCOBAR-GUTIERREZ – Chargé de recherche, INRA de Lusignan, UR Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères
- M. Laurent GENTZBITTEL – Professeur des universités, École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, Laboratoire Écologie Fonctionnelle et Environnement
- M. Hervé JACTEL – Directeur de recherche, INRA de Bordeaux, UMR Biodiversité, Gènes & Communautés
- M. Jean-Claude LABERCHE – Professeur émérite - Université de Picardie Jules Verne
- M. Thomas LE BOURGEOIS – Directeur de recherche, CIRAD, UMR botAnique et bioInforMatique de l'Architecture des Plantes
- M. Guy LEMPERIERE – Directeur de recherche, IRD, Centre de Recherche et de Veille sur les maladies émergentes dans l'océan Indien
- M. Didier MUGNIÉRY – Retraité, ancien Directeur de Recherche à l'INRA de Rennes
- M. Pierre SILVIE – Chargé de recherche, IRD mis à disposition du CIRAD, UPR 115 AÏDA (Agroécologie et Intensification Durable des cultures Annuelles)
- M. Stéphan STEYER – Attaché scientifique, Centre wallon de Recherches Agronomiques, Département Sciences du Vivant, Unité Biologie des nuisibles et biovigilance
- M. Frédéric SUFFERT – Ingénieur de recherche, INRA de Versailles-Grignon, UR BIOlogie et GEstion des Risques en agriculture
- M. François VERHEGGEN – Enseignant-chercheur, Université de Liège - Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Entomologie fonctionnelle et évolutive
- M. Thierry WETZEL – Directeur du laboratoire de Virologie Végétale, RLP Agrosience, AIPlanta – Institute for Plant Research

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Corinne LEFAY-SOULOY – Coordinateur scientifique – Anses

Mme Christine TAYEH – Coordinateur scientifique – Anses

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

-

CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AU(X) COLLECTIF(S)

Appui informatique assuré par Pierre MARTIN (en tant que rapporteur) – CIRAD Persyst-UPR
SCA, Montpellier

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations	9
Liste des tableaux	9
Liste des figures	9
1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine.....	10
1.1 Contexte.....	10
1.2 Objet de la saisine.....	10
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre (Anses, CES, GT, rapporteur(s)) et organisation	10
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêt	11
2 Évaluation du risque phytosanitaire.....	12
PARTIE 1 GÉNÉRALITÉS	13
1. Les Tephritidae.....	14
1.1 Les espèces de Tephritidae référencées dans le monde	14
1.2 Éléments de biologie et de taxonomie.....	14
1.2.1 Cycle biologique des Tephritidae et modalités d'introduction dans un pays	14
1.2.2 Caractères morphologiques externes utilisés pour la description des espèces	15
1.2.3 Complexes ou groupes d'espèces et méthodes de biologie moléculaire	16
1.3 Les genres reconnus d'importance économique et leur distribution mondiale	17
1.4 Effet des invasions sur les espèces autochtones.....	18
1.5 Aperçu sur la diversité des plantes-hôtes de Tephritidae.....	19
2. Présentation de l'environnement géographique des DROM	19
2.1 La Réunion.....	19
2.2 Les îles proches	20
3. Introduction et dispersion des espèces dans ces différents contextes.....	21
3.1 Dispersion par les activités humaines.....	21
3.2 Dispersion naturelle	21

PARTIE 2 MÉTHODES ADOPTÉES POUR TRAITER LA SAISINE	23
1. Analyses de Risques Phytosanitaires effectuées dans diverses parties du monde.....	23
2. La méthode d'analyse adoptée	25
2.1 Établissement d'une liste rouge d'espèces de Tephritidae (Étape 1).....	25
2.1.1 Détermination des sous-familles, genres, espèces, non concernés par la saisine	26
2.1.1.1 Critères de sélection biologique	26
2.1.1.2 Critères de sélection économique.....	26
2.1.2 Résumé des taxons éliminés par addition des deux critères et genres retenus.....	26
2.1.3 Liste des espèces retenues pour la suite de l'analyse	27
2.1.4 Limites de la procédure de sélection	27
2.1.4.1 <i>Ceratitis capitata</i> Wiedemann.....	27
2.1.4.2 <i>Bactrocera carambolae</i> Drew & Hancock	28
2.1.4.3 <i>Bactrocera invadens</i> Drew, Tsuruta & White.....	28
2.2 Définition des filières d'importation utiles pour l'étude (Étape 2)	30
2.2.1 Étude des actes de conférences internationales	30
2.2.2 Analyse informatique à partir des bases de données complètes	31
2.2.2.1 Description des critères adoptés pour la hiérarchisation des Tephritidae	31
2.2.2.2 Description des critères adoptés pour la hiérarchisation des filières	33
PARTIE 3 RÉSULTATS DES ANALYSES	35
1. Espèces de Tephritidae jugées d'importance économique présentes à La Réunion	35
2. Généralités sur les transports commerciaux et les flux de passagers	36
2.1 Transport commercial.....	36
2.2 Navigation de plaisance.....	36
2.3 Compagnies aériennes	37
3. Résultats et interprétation du classement des mouches et des filières à La Réunion	38
PARTIE 4 ÉLÉMENTS DE GESTION DES RISQUES	44
1. Mesures réglementaires existantes	45
1.1 Textes généraux (ensemble des DROM) qui incluent La Réunion.....	45
1.2 Textes spécifiques à La Réunion	47
1.3 Récapitulation des mesures phytosanitaires prises aux frontières	49
1.3.1 À l'entrée des passagers d'avion	49

1.3.2 À l'entrée des marchandises par voie maritime ou aérienne	50
2. Procédures de contrôle/d'échantillonnage à l'entrée des importations.....	50
3. Surveillance par piégeage des espèces de Tephritidae prioritaires à proximité des points d'entrée, de stockage ou de rejet des fruits abîmés	51
CONCLUSIONS GÉNÉRALES DU GROUPE DE TRAVAIL	57
3 Bibliographie.....	59
3.1 Publications.....	59
3.2 Normes.....	64
3.3 Législation et réglementation.....	64
ANNEXES	66
Annexe 1 : Lettre de saisine.....	67
Annexe 2 : Liste rouge.....	69
Annexe 3 : Expertise sur le risque climatique pour La Réunion vis-à-vis des seize espèces de Tephritidae sélectionnées par le GT	72
Annexe 4 : Réseau de piégeage de <i>B. invadens</i> à La Réunion en 2014.....	82
Annexe 5 : Photographie d'un piège <i>in situ</i> et fiche technique du couvercle Topprotect.....	83
Annexe 6 : Plan d'action d'urgence pour la région de l'océan Indien pour les mouches des fruits exotiques	85

Sigles et abréviations

DROM	Départements et Régions d'Outre-Mer
GT	Groupe de Travail

Liste des tableaux

<u>Tableau 1</u> : Exemples d'espèces de mouches invasives _____	18
<u>Tableau 2</u> : Analyse de risque phytosanitaire de quelques espèces de mouches des fruits dans la région de l'océan Indien. Risques majeurs d'introduction à l'île Maurice par les passagers de vols aériens. ____	24
<u>Tableau 3</u> : Risque d'introduction des espèces de mouches des fruits enregistrés dans la région de l'océan Indien à partir de pays situés dans la région de l'océan Indien _____	24
<u>Tableau 4</u> : Trafic passagers arrivant à La Réunion entre 2008 et 2012 _____	36
<u>Tableau 5</u> : Nombre et origine des passagers arrivant à La Réunion entre 2007 et 2012 _____	37
<u>Tableau 6</u> : Hiérarchie à huit classes des Tephritidae les plus menaçantes pour La Réunion _____	39
<u>Tableau 7</u> : Liste hiérarchisée des filières d'importation les plus menaçantes pour La Réunion _____	41
<u>Tableau 8</u> : Liste des Tephritidae dont l'introduction est interdite à La Réunion _____	46
<u>Tableau 9</u> : Liste des Tephritidae contre lesquelles la lutte est obligatoire à La Réunion _____	47
<u>Tableau 10</u> : Traitement imposé sur fruits potentiellement porteurs de <i>B. invadens</i> _____	49
<u>Tableau 11</u> : Tableau récapitulatif des couples mouche/substances attractives _____	53

Liste des figures

<u>Figure 1</u> : Lieu des échantillonnages dans l'archipel des Comores _____	21
<u>Figure 2</u> : Distribution actuelle géographique de <i>C. capitata</i> _____	28
<u>Figure 3</u> : Distribution actuelle géographique de <i>B. carambolae</i> _____	29
<u>Figure 4</u> : Distribution actuelle géographique de <i>B. invadens</i> _____	29
<u>Figure 5</u> : Photographies illustrant les différents types de pièges fréquemment employés pour les Tephritidae _____	52

1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

1.1 Contexte

La Direction de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DAAF) de La Réunion a fait part à la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) de ses interrogations quant aux risques phytosanitaires importants liés à l'introduction de mouches des fruits exogènes devenant trop souvent de nouveaux ravageurs pour les cultures locales.

En juillet 2012, le réseau d'épidémiologie local et les nombreux travaux de recherche du CIRAD démontrent que seules neuf espèces de Tephritidae sont présentes à La Réunion.

Afin de maintenir ce bon niveau phytosanitaire, l'[arrêté préfectoral n°2011/1479](#) du 30 septembre 2011 ([Annexe IV : 11](#)) demande notamment à ce qu'il soit attesté que les fruits importés soient originaires d'une région connue comme exempte de Tephritidae (à l'exception des neuf espèces déjà présentes localement), ou aient été soumis à un traitement adéquat (ce qui en pratique est souvent incompatible avec la fragilité des fruits). Le grand nombre d'espèces de Tephritidae et leur large répartition mondiale font que les services certificateurs, aussi bien les SRAL en métropole que les services phytosanitaires des pays tiers, ont beaucoup de difficultés à apporter ces garanties.

1.2 Objet de la saisine

La DGAL a demandé à l'Anses, par lettre en date du 2 juillet 2012, de réaliser une hiérarchisation des mouches Tephritidae les plus menaçantes pour les DOM. L'objectif de la saisine est de répondre à deux questions :

1/- Afin de répondre à l'impératif de protection des cultures sans entraver inutilement le commerce et priver La Réunion de ses approvisionnements en fruits et légumes, quelles mouches des fruits auraient un impact significatif sur les cultures réunionnaises si elles étaient introduites ?

2/- Considérant les flux commerciaux entrant à La Réunion, quelles mesures aux frontières (y compris interdiction, certification sur l'origine, traitement post récolte) sont appropriées pour protéger le territoire des mouches qui seront identifiées au point 1 ?

Aussi dans ce contexte, il est demandé de procéder à la hiérarchisation des mouches *Tephritidae* non présentes à La Réunion, et de procéder de même dans les autres DOM tropicaux : Mayotte, Guadeloupe, Martinique et Guyane.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre (Anses, CES, GT, rapporteur(s)) et organisation

L'Anses a confié au CES « Risques biologiques pour la santé des végétaux » l'instruction de cette saisine. Ce dernier a mandaté le groupe de travail (GT) «Mouches des fruits en zone tropicale» pour la réalisation des travaux d'expertise.

Le rapport d'expertise collective pour la zone de La Réunion a été présenté au CES pour discussion, tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, le 10 octobre 2014. La deuxième partie des travaux, relative aux quatre autres DOM, sera présentée dans un second temps après accord avec la DGAL.

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) » avec pour objectif le respect des points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

Cette expertise est ainsi issue d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

Il s'est avéré indispensable de faire appel à un expert rapporteur pour assurer un appui informatique nécessaire à la gestion/manipulation des sources de données et l'élaboration des outils en amont de la hiérarchisation.

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 rendues publiques *via* le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

2 Évaluation du risque phytosanitaire

Ce rapport comprend quatre parties :

- La première partie propose des généralités sur les mouches Tephritidae et leurs plantes-hôtes ainsi que sur l'environnement géographique de La Réunion, zone concernée par la saisine : ces informations permettent de poser de premières limites de validité de l'analyse ;
- La seconde partie explique les méthodes adoptées pour traiter les questions posées par la saisine, ainsi que les limites de ces méthodes ;
- La troisième partie présente les résultats de classement des espèces et des filières d'importation obtenus pour la zone de La Réunion et leur interprétation ;
- Les mesures réglementaires et des éléments de gestion des risques sont présentés dans la dernière partie du rapport.

Les mouches qui pondent dans les fruits frais ainsi que celles qui infestent les fruits tombés au sol (fruits en voie de décomposition) appartiennent à différentes familles taxonomiques de l'ordre des Diptères et plus particulièrement aux Drosophilidae et aux Tephritidae.

La famille dont relève la saisine est celle des Tephritidae. Dans ce rapport, le terme « mouches des fruits », lorsqu'il sera employé, désignera cette seule famille.

PARTIE 1 GÉNÉRALITÉS

Les pertes économiques dues aux mouches des fruits ne sont pas toujours chiffrées ni même estimées avec précision. La profession fruitière et horticole, de l'amont vers l'aval des filières, reconnaît cependant l'importance des préjudices dus aux Tephritidae.

La pression parasitaire très importante de cette famille est exercée sur une gamme élargie de plantes hôtes d'intérêt commercial tant sur les cultures fruitières que maraîchères. Le statut d'hôte d'une espèce fruitière tropicale revêt une importance économique particulière (Aluja *et al.*, 2004). Les dégâts imputables aux Tephritidae s'inscrivent à l'échelle mondiale sur toutes les zones tropicales mais aussi au niveau des régions tempérées.

Les mouches des fruits constituent un bon exemple d'espèces invasives à l'échelle mondiale. L'introduction et la colonisation de nouveaux territoires par des espèces invasives est devenu un phénomène récurrent à la fois par (i) l'intensification du commerce international des productions horticoles, la facilité des échanges commerciaux, l'élargissement des zones géographiques d'échanges commerciaux, (ii) le trafic passagers aériens (rapidité, liaisons mondiales), (iii) l'hétérogénéité des législations phytosanitaires nationales et internationales, (iv) le changement climatique.

Le risque d'introduction d'espèces invasives (nuisibles) par le biais de produits horticoles infestés est plus important aujourd'hui par rapport au siècle dernier et ce, malgré des contrôles accrus dans certains pays (Allemagne, Australie, Belgique, États-Unis, France, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Royaume-Uni, etc.).

L'impact des mouches des fruits perçu à l'échelle mondiale a conduit à la création de réseaux ou de groupes de recherche internationaux qui se réunissent régulièrement, et produisent ainsi un état des lieux actualisé des connaissances acquises sur les très nombreuses espèces de cette famille.

Les connaissances mondiales sont également regroupées dans des sites du réseau internet, des bases de données nationales (cas du genre *Anastrepha*, au Brésil) ou régionales (base PQR de l'OEPP) ou certains sites personnalisés comme celui de De Meyer pour la région afro-tropicale (<http://projects.bebif.be/fruitfly/index.html>). Néanmoins, il n'existe pas une base de données internationale permettant, en un clic, de disposer des informations sur les interactions entre une espèce particulière, ses plantes-hôtes et les pays ou régions dans lesquels ce couple espèce/plante-hôte a été recensé.

Des analyses de risque phytosanitaire (ARP) rapportent des informations complémentaires, en se référant soit à une espèce de mouche des fruits, soit à un ensemble d'espèces pour une région donnée (cf. PARTIE 2 § 1).

1. Les Tephritidae

1.1 Les espèces de Tephritidae référencées dans le monde

Parmi les diptères qui jouent un rôle dans l'agriculture, la famille des Tephritidae est la plus importante d'un point de vue économique. Selon la liste établie par le Catalogue of Life (<http://www.catalogueoflife.org>), elle comprend plus de 4000 espèces (réparties dans différentes tribus¹, en 500 genres environ) présentes dans les régions tropicales et tempérées (White & Elson-Harris, 1992, réédition 1994). Entre 35 et 40% des espèces de mouches des fruits attaquent des fruits. La majorité des Tephritidae n'est donc pas frugivore au sens strict. Les larves phytophages peuvent se nourrir de racines, de tiges, de feuilles, souvent de fruits, mais aussi de graines, de réceptacles floraux.

1.2 Éléments de biologie et de taxonomie

La connaissance des différentes phases du cycle biologique permet d'identifier celles qui sont importantes à considérer lors de l'analyse des risques d'introduction. Les éléments de taxonomie (caractères morphologiques, existence de complexes d'espèces) sont utiles à mentionner pour l'identification des stades de développement et des espèces rencontrées lors des interceptions de végétaux infestés à l'entrée de la zone.

La distinction entre les adultes de différentes espèces capturés dans les pièges est fondamentale pour le suivi des populations et la détection de nouvelles espèces accidentellement introduites.

Des éléments très généraux sur ces différents aspects sont mentionnés dans ce rapport.

1.2.1 Cycle biologique des Tephritidae et modalités d'introduction dans un pays

Le cycle de vie est similaire pour la plupart des espèces de Tephritidae qui s'attaquent aux fruits. Quatre stades de développement se succèdent.

Oœufs

Les femelles de mouches des fruits pondent leurs œufs dans les fruits-hôtes, localisés grâce à différents stimuli. En général blancs et allongés, ils sont pondus plus particulièrement dans les premiers millimètres de la pulpe ou de la peau du fruit. Les femelles peuvent aussi utiliser des orifices de pontes antérieures ou des blessures.

Larves

Les larves, ou asticots, passent par trois stades. La partie antérieure de la larve est allongée et porte des crochets buccaux tandis que la partie postérieure, tronquée, est garnie de deux stigmates. Les larves sont de couleur blanchâtre puis deviennent de couleur ivoire juste avant la pupaison.

Pupes

L'enveloppe externe de la pupa est issue de la transformation du tégument du dernier stade larvaire. Il n'y a donc pas de mue visible comme dans le cas des chenilles. La pupa a la forme d'un tonnelet ; sa couleur est brun-jaunâtre avec des stries transversales brunes ; la pupaison se déroule dans le sol bien que l'on puisse parfois trouver des pupes dans certains fruits.

¹ Dacini, Toxotrypanini, par exemple

Adultes

Après émergence, l'adulte ou imago cherche rapidement à se nourrir afin d'initier une période de maturation sexuelle de plusieurs jours. Les adultes ont physiologiquement besoin d'une alimentation régulière en protéines, glucides, eau et divers nutriments.

La durée de chacun de ces stades est variable, selon la température. Par exemple, pour *Anastrepha fraterculus* la durée totale du cycle de l'œuf à la mort de l'adulte est de 24 jours à 25°C et de 88 jours à 15°C (Salles, 2000). Les adultes peuvent vivre plusieurs mois si les conditions sont favorables (disponibilité de glucides, protéines et eau ; températures favorables).

Les modalités d'introduction (involontaire) dans un pays sont simples : selon les modalités du transport (type de végétaux, échantillons de terre, durée du transport, conditions de température, d'hygrométrie), tous les stades de développement sont susceptibles d'être transportés et de survivre.

De manière générale, le risque d'introduction des pupes est limité aux seules espèces qui effectuent ce stade de développement à l'intérieur des fruits car, le plus souvent pour les zones qui intéressent l'étude, l'entrée de terre n'est pas autorisée.

Le cas le plus fréquent d'introduction est donc celui de larves présentes dans des fruits infestés.

1.2.2 Caractères morphologiques externes utilisés pour la description des espèces

La distinction entre différentes espèces basée sur des critères morphologiques des larves est très difficile : aussi l'identification requiert souvent de laisser le développement se poursuivre jusqu'à la pupaison, puis d'identifier l'espèce après l'émergence de l'adulte.

Ceci souligne le grand intérêt de méthodes moléculaires de reconnaissance des espèces aux stades pré-imaginaux telles que les méthodes d'identification moléculaire au stade larvaire de trois espèces d'*Anastrepha* développées par Gómez-Viveros *et al.* (2007) au Mexique. De même, alors que l'identification et la distinction des adultes et larves (3^{ème} stade) de *Ceratitis capitata* peut se faire facilement, Huang *et al.* (2009) ont développé un moyen moléculaire d'identification rapide de cette espèce en utilisant du matériel en provenance d'autres stades de développement tels que les œufs ou les larves jeunes. Asokan *et al.* (2011) ont également montré la pertinence de l'usage de marqueurs spécifiques pour la distinction des espèces de *Bactrocera tau* et *B. zonata* à tous les stades de développement. Ces approches qui nécessitent souvent des processus de validation sont prometteuses et permettraient une identification opportune, précise et indépendante du stade des espèces de mouches ; ce qui pourrait contribuer à une meilleure classification/gestion en quarantaine.

Quelques ouvrages précisent les caractères morphologiques externes permettant de différencier, selon le stade de développement, les espèces de Tephritidae à l'aide de clés dichotomiques. La plupart des caractères morphologiques signalés sont observés à l'aide d'une loupe binoculaire.

Pour les œufs, en dehors de la forme et de la taille, et de la présence d'un appendice respiratoire pour certaines espèces, un microscope électronique à balayage permettra d'analyser l'ornementation du chorion, les micropyles ou aéropyles. Mais les œufs sont très peu étudiés : seulement 10% des espèces du genre *Anastrepha* ont été décrits, par exemple (Selivon & Perondini, 2000).

Pour les larves les principaux caractères sont les suivants : la taille, l'aspect des stigmates postérieurs mais surtout antérieurs, la forme du squelette cephalopharyngé, la forme des ponts oraux (oral ridge). Certaines espèces étant monophages (ex *Bactrocera latifrons* sur *Capsicum*

spp.), la plante hôte peut être utilisée comme aide à l'identification. Il faut souligner que le nombre d'espèces trouvées à l'import est limité (sources : Reporting Services OEPP et sources internes Anses-LSV).

Pour les pupes, les principaux caractères sont les suivants : taille, aspect en tonnelet, trace des stigmates postérieurs visible. Il n'y a pas beaucoup de caractère à étudier et ils ne permettent pas de faire une identification spécifique. L'aspect de la pupa avec les stigmates postérieurs caractéristiques de la famille Tephritidae, permet juste de confirmer qu'il s'agit bien de cette famille).

Pour les adultes les principaux caractères sont les suivants :

- tête : chétotaxie, coloration et forme des antennes,
- thorax : chétotaxie et couleur. Ailes : nervation et couleur (ex : forme de la cellule cup pour séparer les genres),
- abdomen : fusion des segments et pour les femelles taille et forme des ovipositeurs et de leur extrémité (lisse ou dentée/plus ou dentée).

Ces critères morphologiques externes présentent cependant certaines limitations qui ont conduit les taxonomistes à distinguer des complexes d'espèces. Il est en effet patent que de faibles différences morphologiques entre des espèces très proches et, en conséquence, une identification de l'espèce erronée peuvent avoir des impacts importants au niveau (i) de leur statut d'espèce de quarantaine, (ii) de la mise en œuvre des méthodes de lutte et (iii) de l'éventualité de leur éradication en tant que ravageur.

1.2.3 Complexes ou groupes d'espèces et méthodes de biologie moléculaire

Le complexe d'espèces très proches phylo-génétiquement est une notion relativement nouvelle.

La phylogénie moléculaire, outil permettant d'aller plus loin grâce à la biologie moléculaire, est actuellement utilisée par plusieurs équipes sud-américaines, européennes, australiennes, asiatiques, néozélandaises, au niveau d'espèces ou de groupe d'espèces des tribus des Toxotrypanini (*Anastrepha* spp.) et des Dacini (*Bactrocera* spp., *Dacus* spp.), ainsi que du genre *Ceratitis*.

Les deux principaux groupes qui suscitent des débats scientifiques sont le « complexe *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) » et le « complexe *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ».

Anastrepha fraterculus regroupe un complexe d'espèces très proches qui montrent de subtiles différences physiologiques et morphologiques en fonction des données bio-géographiques existantes (Caceres *et al.*, 2009; Segura *et al.*, 2011; Canal *et al.*, 2013). Le nombre réel d'espèces à l'intérieur du « complexe *A. fraterculus* » en relation avec leur répartition bio-géographique n'est pas encore connu avec précision. Un éclatement du groupe *A. fraterculus* en huit (8) nouvelles espèces pourrait survenir. Toutefois de nombreux éléments sont encore en cours d'acquisition, tant au niveau moléculaire que biologique.

Une problématique similaire est rencontrée avec le large groupe des espèces (plus de 70 actuellement décrites) proches ou très proches du « complexe *Bactrocera dorsalis* » dans la région Asie-Pacifique, mais avec un résultat escompté différent. Parmi les espèces de ce complexe, on peut citer *B. dorsalis* s.s., *Bactrocera papayae* Drew & Hancock, *Bactrocera philippinensis* Drew & Hancock, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock espèces invasives de grand intérêt économique attaquant de nombreuses espèces cultivées en Asie du Sud-est. De récentes études phylogénétiques moléculaires ont suggéré que ces taxons sont très proches génétiquement

parlant (Tan *et al.*, 2011; Schutze *et al.*, 2012a et b; Krosch *et al.*, 2013). L'analyse phylogénétique menée par Asokan *et al.* (2011) a montré que le sous-genre *Bactrocera* est monophylétique. De même, il semblerait que *Bactrocera invadens* Drew Tsuruta & White, *B. dorsalis* et *B. papayae* soient des entités très proches et ne représenteraient en fait qu'une seule et même espèce biologique (Schutze, Tan, Armstrong, Clarke *et al.*, comm. pers., Coordinated Research Project AIEA résolution d'espèces cryptiques, 2013). L'existence possible de biotypes peut avoir des conséquences sur le choix des espèces retenues pour l'analyse.

Pour le moment, aucune publication n'a encore réuni différentes entités spécifiques proches (ou très proches) du groupe *B. dorsalis* sous le statut d'une unique espèce (même si cela a déjà été suggéré). Pour éviter toute confusion, le groupe de travail (GT) a donc suivi les distinctions spécifiques connues et décrites jusqu'à présent. Considérant les conséquences des éventuelles modifications systématiques de ces groupes de ravageurs de grande importance économique au niveau des réglementations du commerce international, il est important d'arriver à clarifier rapidement ces questions de systématique.

1.3 Les genres reconnus d'importance économique et leur distribution mondiale

Les principaux genres de Tephritidae reconnus d'importance économique sont au nombre de cinq, par ordre alphabétique (i) *Anastrepha*, (ii) *Bactrocera*, (iii) *Ceratitis*, (iv) *Dacus*, (v) *Rhagoletis*.

Le genre *Anastrepha* Schiner comprend environ 220 espèces décrites avec une large distribution au niveau du nouveau monde et tout spécialement en Amérique du Sud comme en Amérique centrale (espèces néotropicales).

Le genre *Bactrocera* Macquart comprend environ 530 espèces et constitue le genre de Tephritidae dominant sur le continent asiatique et la zone Pacifique (espèces indo-australiennes). Contrairement aux *Dacus* qui sont souvent oligophages, de nombreuses espèces de *Bactrocera* sont polyphages et associées à de nombreuses cultures tropicales. Les *Bactrocera* introduites accidentellement dans certaines régions géographiques ont souvent des potentialités biotiques supérieures à celles des espèces natives et une meilleure aptitude à la compétition (Duyck *et al.*, 2004). Les espèces de *Bactrocera* sont les plus abondantes en Australie et dans le Pacifique. Mais en Europe, l'espèce *Bactrocera oleae* est présente en zone méditerranéenne avec un gros impact économique sur sa plante-hôte, l'olivier.

Le genre *Ceratitis* MacLeay comprend 100 espèces décrites. Ce genre est uniquement afro-tropical et est présent sur les îles de l'océan Indien (Madagascar, île Maurice et La Réunion). Une seule exception est connue avec la mouche méditerranéenne, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), qui est cosmopolite à cause de diverses introductions anthropiques sur tous les continents (cf. Fig.2, PARTIE 2 § 2.4.1.1).

Le genre *Dacus* Fabricius comprend environ 250 espèces décrites dans le monde qui sont surtout présentes sur le continent africain avec plus de 180 espèces, dont certaines sont présentes en Asie tropicale jusqu'au Pacifique. Le genre *Dacus* a des relations particulièrement étroites avec trois familles botaniques : les Apocynaceae, les Cucurbitaceae et les Passifloraceae, même si de rares espèces peuvent se développer aux dépens de quelques autres familles. Le genre *Rhagoletis* Loew comprend environ 70 espèces distribuées en Amérique du Nord, où ce groupe comprend plusieurs espèces bien connues, et en Europe. Une des espèces principales est *Rhagoletis cerasi* Loew, ou mouche de la cerise, espèce commune sous les climats tempérés. *Rhagoletis completa*, arrivée récemment en Europe, a un impact qui devient de plus en plus significatif sur la production de noix.

Le total des espèces appartenant à ces cinq genres reconnus d'importance économique serait de 1170 espèces pour le moment. Mais il est fort probable que 120 nouvelles espèces (surtout des *Bactrocera*) seraient à y ajouter après la prochaine publication de « *Tropical Fruit Flies of South East Asia* » par le CABI.

1.4 Effet des invasions sur les espèces autochtones

Les invasions répertoriées ont souvent conduit à un « déplacement » des espèces autochtones, ou qui étaient antérieurement devenues autochtones, donc à une réduction de leur importance numérique due à l'arrivée de la nouvelle espèce de mouche des fruits.

Le tableau 1 en est une illustration. On notera par exemple le déplacement de l'espèce invasive *C. capitata* par *Bactrocera tryoni* Froggatt en Australie.

Ces aspects dynamiques ne sont pas pris en compte dans les analyses faites dans ce rapport.

Tableau 1. Exemples d'espèces de mouches invasives (adapté par Vayssières à partir de Duyck *et al.*, 2004)

Espèce invasive	Espèces pré-établies	Aires d'invasion	Date ou période	Références bibliographiques
<i>Bactrocera carambolae</i>	<i>Anastrepha fraterculus</i> <i>Anastrepha obliqua</i>	Guyane française, Guyana, Surinam	1975-1993	White & Elson-Harris, 1992; Allwood <i>et al.</i> , 2002
<i>Bactrocera dorsalis</i>	<i>Ceratitidis capitata</i>	Hawaï	1945	Debach, 1966; Keiser <i>et al.</i> , 1974; Reitz & Trumble, 2002
<i>B. dorsalis</i>	<i>Ceratitidis rosa</i> <i>Ceratitidis capitata</i> <i>Ceratitidis cosyra</i>	Kenya	2003	Lux <i>et al.</i> , 2003
<i>B. dorsalis</i>	<i>Bactrocera kirki</i> <i>Bactrocera perpusca</i> <i>Bactrocera tryoni</i>	Tahiti (Polynésie française)	1996	Leblanc & Putoa, 2000; Allwood & Drew, 1997
<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitidis cosyra</i>	Bénin		Vayssières <i>et al.</i> , 2005
<i>B. invadens</i>	<i>Ceratitidis cosyra</i>	Kenya		Ekesi <i>et al.</i> , 2009
<i>Bactrocera kirki</i>	<i>Bactrocera perpusca</i>	Tahiti (Polynésie française)	1928	Leblanc & Putoa, 2000
<i>B. kirki</i>	<i>Bactrocera luteola</i>	Bora Bora, Ha (Polynésie française)	avant 2000	Leblanc & Putoa, 2000
<i>B. kirki</i>	<i>Bactrocera setinervis</i>	Îles Henderson, Pitcairns	avant 2000	Leblanc & Putoa, 2000
<i>Bactrocera tryoni</i>	<i>C. capitata</i>	Sydney (Australie)	début années 1900	Debach, 1966
<i>B. tryoni</i>	<i>B. kirki</i> <i>B. perpusca</i>	Tahiti	années 1970	Leblanc & Putoa, 2000
<i>B. tryoni</i>	<i>Bactrocera curvipennis</i> <i>Bactrocera psidii</i>	Nouvelle Calédonie	1969	Leblanc & Putoa, 2000; Allwood & Drew, 1997
<i>Bactrocera xanthodes</i>	<i>Bactrocera melanota</i>	Îles Cook	années 1970	Allwood & Drew, 1997
<i>B. xanthodes</i>	<i>Bactrocera atra</i>	Raivavae (Îles Australes, Polynésie française)	1998	Leblanc & Putoa, 2000
<i>Bactrocera zonata</i>	<i>C. rosa</i> <i>C. capitata</i> <i>Ceratitidis catoirii</i>	Île de La Réunion, île Maurice	1987-1991	White <i>et al.</i> , 2000
<i>B. zonata</i>	<i>C. capitata</i>	Égypte	1998	Duyck <i>et al.</i> , 2004 citant comm. pers. Cayol, J.P.
<i>Ceratitidis capitata</i>	<i>C. catoirii</i>	La Réunion, Maurice	1939-1942	White <i>et al.</i> , 2000; Orian & Moutia, 1960; Etienne, 1972
<i>C. capitata</i>	<i>Anastrepha suspensa</i>	West Indies	années 1050	White & Elson-Harris, 1992; Fletcher, 1989
<i>C. capitata</i>	<i>Anastrepha ludens</i>	Amérique centrale	années 1050	White & Elson-Harris, 1992; Fletcher, 1989
<i>C. capitata</i>	<i>A. fraterculus</i> <i>A. obliqua</i>	Amériques centrale et du sud	années 1050	White & Elson-Harris, 1992; Fletcher, 1989
<i>Ceratitidis rosa</i>	<i>C. capitata</i>	La Réunion, Maurice	1953-1955	White <i>et al.</i> , 2000; Orian & Moutia, 1960; Etienne, 1972

N.B. : les références bibliographiques sont à consulter dans l'article original de Duyck *et al.*, 2004.

1.5 Aperçu sur la diversité des plantes-hôtes de Tephritidae

En milieu tempéré, les espèces de Tephritidae sont souvent monophages et univoltines telle *R. cerasi*. En milieu tropical, les espèces de Tephritidae sont souvent oligophages ou polyphages et sont très souvent des espèces polyvoltines.

Les espèces de Tephritidae les plus importantes économiquement sont souvent des espèces polyphages telles que *C. capitata*, avec plus de 250 espèces de plantes-hôtes connues (White & Elson-Harris, 1992). Plus de 170 espèces de plantes-hôtes sont connues pour *B. dorsalis* (Clarke *et al.*, 2005), plus de 120 espèces dans le cas de *B. cucurbitae* (Coquillett) (Weems, 1964), plus de 80 espèces pour *A. fraterculus* en Amérique du Sud et centrale (Silva *et al.*, 2011), 46 espèces en Afrique de l'Ouest et du centre pour *B. invadens* (Goergen *et al.*, 2011), 23 espèces en Guyane Française pour *B. carambolae* Drew & Hancock (Vayssières *et al.*, 2013).

2. Présentation de l'environnement géographique des DROM

En préambule, il convient de rappeler que les changements intervenus dans le régime législatif et réglementaire des collectivités d'outre-mer (anciennement dénommées DOM-TOM) ont engendré une modification de leur dénomination.

Ainsi, selon le site Légifrance (<http://www.legifrance.gouv.fr>, consulté le 03-01-2013) :

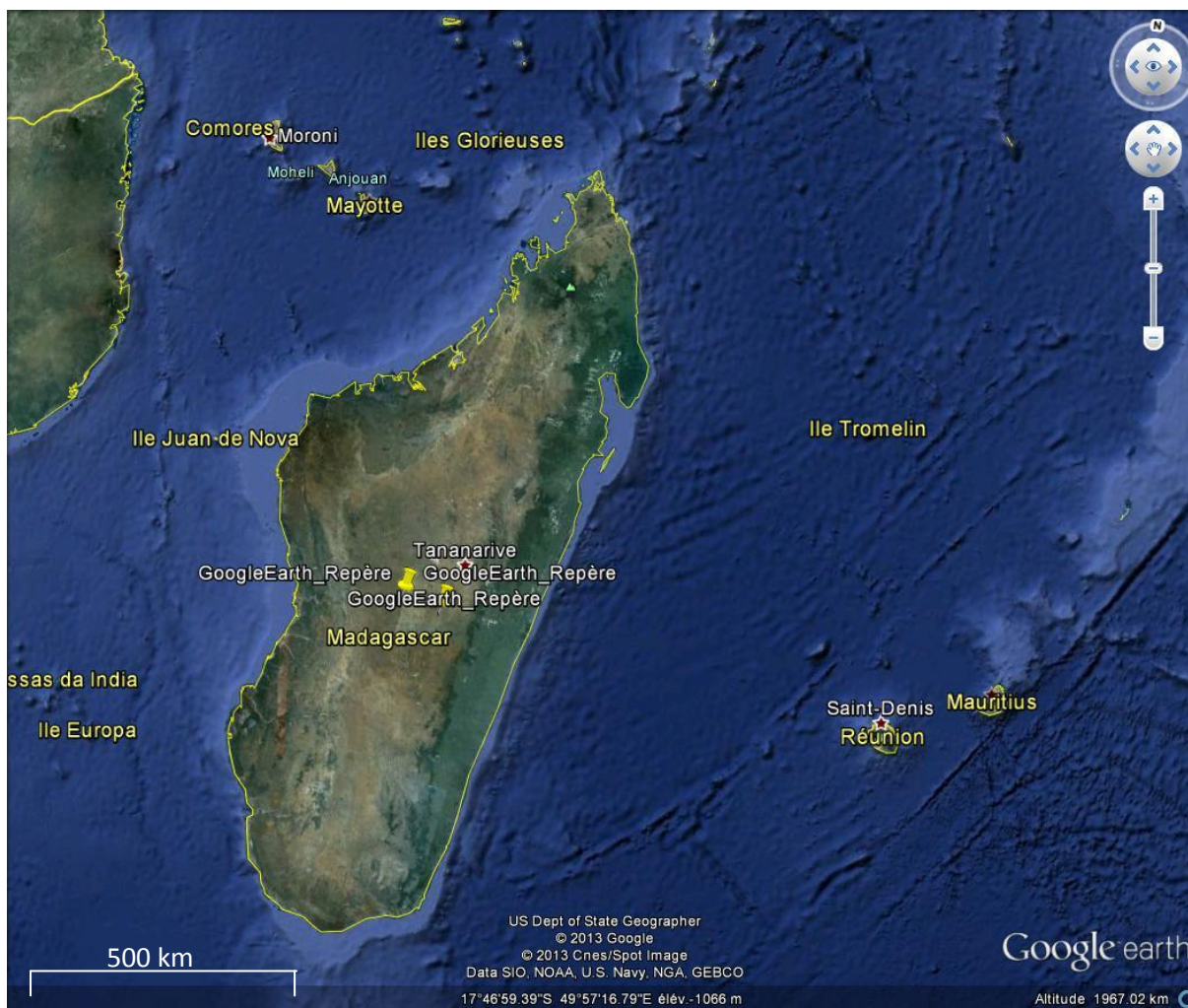
« (...) La Réunion (est un) département d'outre-mer et (une) région d'outre-mer. »

2.1 La Réunion

C'est une île volcanique d'environ 2500 km², culminant à 3000 m d'altitude, située dans l'hémisphère austral (21° 09' S, 55° 30' E) (carte 1). Le climat est de type tropical/subtropical humide, avec un gradient important en fonction de l'altitude et de l'exposition (versant nord-est très humide, versant sud-ouest beaucoup plus sec). De même, les différences saisonnières sont assez marquées avec une période chaude et pluvieuse de décembre à mai et une période fraîche et sèche (« hiver ») de juin à novembre, avec des gelées matinales au-dessus de 1400 m d'altitude. Les cyclones sont relativement fréquents de janvier à mars.

Les cultures se limitent à la bande côtière et sont largement dominées par la canne à sucre. Les autres cultures sont les fruits (agrumes, mangue, litchi, ananas, fraise principalement) et les cultures maraîchères (tomate, cucurbitacées, etc.).

La Réunion possède une flore et une faune endémiques importantes mais beaucoup de bio-agresseurs envahissants ont été introduits par les activités humaines.



Carte 1 montrant la localisation de La Réunion.

2.2 Les îles proches

L'île Maurice (Mauritius, carte 1), d'une superficie d'environ 1900 km², est l'île la plus proche de La Réunion. Le relief est peu élevé et la culture de la canne à sucre couvre une grande partie de l'île. On y trouve aussi quelques cultures fruitières et maraîchères.

Madagascar (carte 1) est une très grande île de l'océan Indien (592.000 km²), longue de 1.600 km du nord au sud, et distante de 400 km des côtes africaines. Ses dimensions et son relief induisent l'existence de nombreux climats (de tropical à tempéré, de très humide à très sec). Toutes ces situations ont favorisé l'existence de nombreuses espèces animales et végétales endémiques. Une gamme importante de cultures existe, dominée par celle du riz.

3. Introduction et dispersion des espèces dans ces différents contextes

L'introduction d'une mouche des fruits dans une île peut survenir de diverses manières.

3.1 Dispersion par les activités humaines

Les flux de marchandises commercialisées, par voies maritime ou aérienne, les flux de passagers qui transportent des végétaux peuvent être envisagés, mais également des introductions « par sauts de puce » d'île en île, avec des transports de marchandise ou les bateaux de passagers, par exemple du continent africain à La Réunion, en passant successivement par les Comores, l'île de Mayotte puis Madagascar (De Meyer *et al.*, 2012, et figure1 de l'article, ci-après).

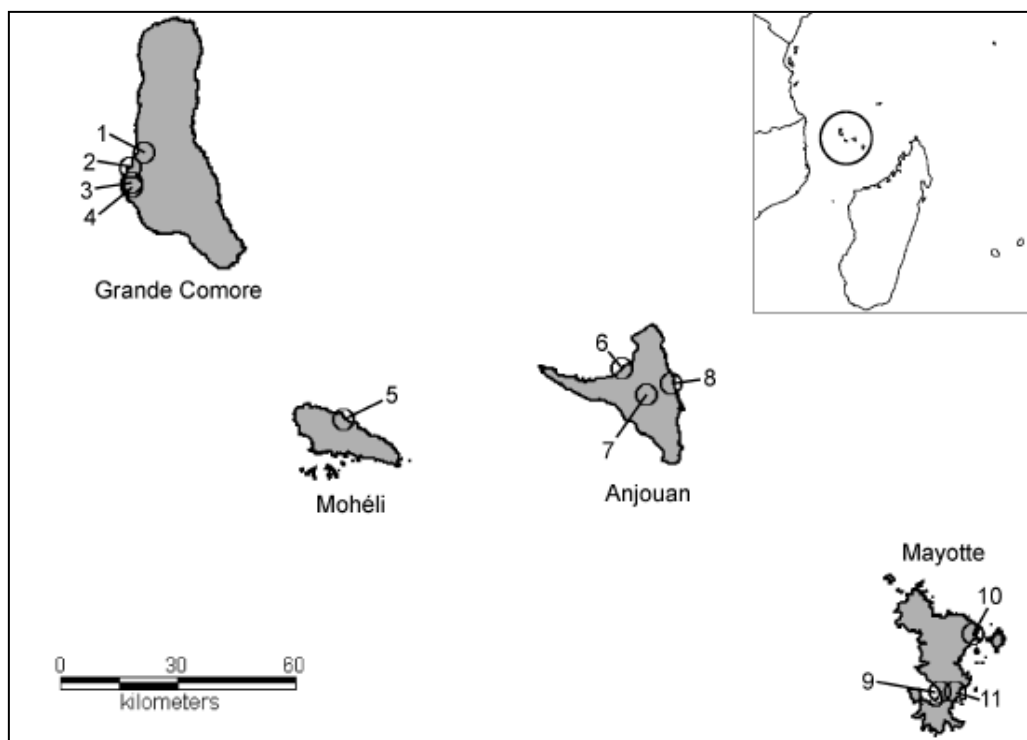


Figure 1. Lieu des échantillonnages dans l'archipel des Comores : 1-Istandra ; 2-Moroni ; 3-Mdé (station CEFADER, Centre Fédéral Agricole du Développement Rural) ; 4-Vouvouni ; 5-Fomboni (station INRAPE, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, la Pêche et l'Environnement) ; 6-Mutsamudu ; 7-Dzialaoutsounga ; 8-Bambao (station INRAPE) ; 9-M'Réréni ; 10-Kawéni ; 11-Bandiele. L'encadré présente la position géographique de l'archipel dans l'est de l'océan Indien. (Adapté de De Meyer *et al.*, 2012).

Des échanges importants existent entre La Réunion et l'île Maurice. Il convient de bien considérer le positionnement géographique de la zone d'analyse par rapport aux îles environnantes.

3.2 Dispersion naturelle

Indépendamment des activités humaines et des phénomènes naturels comme les cyclones qui influencent la dispersion des organismes, chaque espèce animale a une répartition mondiale en évolution constante en fonction de ses propres capacités de déplacements et de facteurs biotiques ou non biotiques, relevant de l'écologie, de la biologie, de la paléogéographie, de

l'évolution des espèces, de la génétique, de la climatologie, etc. L'étude et la compréhension de la répartition naturelle des êtres vivants sur la Terre relève de la biogéographie.

La répartition d'un insecte phytophage est avant tout reliée à la présence de milieux favorables à cette espèce, dont les plantes hôtes, elles-mêmes dépendant principalement des climats. Cependant la dispersion d'une espèce peut être limitée par la présence de barrières naturelles (océans, déserts ou chaînes de montagne).

La Réunion est avant tout isolée par l'océan Indien par rapport aux continents et à « l'île continent » qu'est Madagascar, distante de 700 km. L'île la plus proche est l'île Maurice, située à 170 km. Cette situation a permis, malgré la jeunesse de l'île, l'existence de nombreuses espèces endémiques, alors que la biodiversité est relativement faible.

PARTIE 2 MÉTHODES ADOPTÉES POUR TRAITER LA SAISINE

1. Analyses de Risques Phytosanitaires effectuées dans diverses parties du monde

Avant d'aborder la thématique pour La Réunion, le GT a effectué un survol de la bibliographie existante.

La plupart des analyses de risques phytosanitaires (ARP) effectuées dans le monde, ou d'études complémentaires à ces ARP, ne concerne généralement qu'une seule espèce de Tephritidae. Ainsi Zhang & Hou (2005) ont étudié *B. dorsalis* (Hendel) en Chine, Ni *et al.* (2012) ont abordé, en Chine, la modélisation de l'effet du changement climatique sur *B. zonata* avec le logiciel Climex, et des ARP ont été faites dans le cas de *A. grandis* pour la zone Guadeloupe, Martinique, Guyane (Ryckewaert, 2004), de *B. invadens* pour la zone OEPP (EPPO, 2010a), *B. zonata* pour la Jordanie (EPPO, 2003).

À la connaissance du GT une seule ARP a abordé, de manière originale, plusieurs espèces de manière simultanée, pour la région de l'océan Indien. Joomaye et Price (1999) ont ainsi regroupé au sein d'une même étude, *B. cucurbitae* Coquillet, *B. dorsalis*, *B. zonata* Saunders, *Carpomya vesuviana* Costa, *C. capitata* Weidemann, *C. malgassa* Munro, *C. pedestris* Bezzi, *C. rosa* Karch, *Dacus bivittatus* Bigot, *D. punctatifrons* Karsch, *D. vertebratus* Bezzi et *Neoceratitis cyanescens* Bezzi.

Les critères détaillés pris en compte dans l'analyse précisait la région d'origine de ces espèces, leur présence dans certaines îles de la région (Maurice, La Réunion, Les Seychelles, Madagascar, Les Comores), ainsi que les substances attractives fonctionnant pour la capture des mâles de ces espèces.

Dans le tableau 2 original de l'étude (cf. ci-après) une méthode de classement du risque a été employée en additionnant des valeurs de 1 à 9 attribuées aux quatre critères suivants :

- Gamme d'hôtes/établissement potentiel (colonne HR dans le tableau 2) ;
- Impact économique (ECI) ;
- Impact environnemental (ENI) ;
- Introduction par les filières potentielles (IPP).

La somme obtenue (maximum de 36, colonne TEI du tableau 2) permettait de classer le risque en élevé (somme > 15), modéré (11-14), faible (7-10) et marginal (somme < 7). Un élément intéressant de cette ARP était la signalisation des différentes compagnies d'aviation, sources de flux de passagers pouvant présenter un risque d'introduction de mouches des fruits.

Tableau 2. Analyse de risque phytosanitaire de quelques espèces de mouches des fruits dans la région de l'océan Indien. Risques majeurs d'introduction à l'île Maurice par les passagers de vols aériens. Source : Joomaye & Price,1999 (ARP océan Indien).

Fruit Fly Species	Introduction pathways	World distribution	GRC	Economic Importance Criteria					RR
				HR	ECI	ENI	IPP	TEI	
<i>B. dorsalis</i>	AM; AI	Oriental Asia	3	9	9	9	9	36	H
<i>Ceratitis malgassa</i>	AM; AMd	Madagascar	3	3	2	1	2	8	L
<i>Cearatitis pedestris</i>	AM; SAA; AZ	Africa, Madagascar	3	1	1	1	1	4	Ma
<i>Dacus bivittatus</i>	AM; SAA; AZ; BA	Africa	3	4	3	2	2	11	Mo
<i>D. punctatifrons</i>	AM; SAA; AZ; BA	Africa, Yemen	3	1	1	1	1	4	Ma
<i>Dacus vertebratus</i>	AM; SAA; A Md; AZ; BA	Africa, Madagascar, M. East	3	1	1	1	1	4	Ma

AM = Air Mauritius
AI = Air India
AMd = Air Madagascar
AZ = Air Zimbabwe
BA = British Airways
SAA = South African Airways

GRC = Geographical and Regulatory Criteria (1 - 3).

Le classement de quelques espèces ainsi obtenu était présenté dans le tableau 3 (ci-après, erreurs d'orthographe *C. malgassa*, plutôt que *C. malagasa*).

Tableau 3. Risque d'introduction des espèces de mouches des fruits enregistrés dans la région de l'océan Indien à partir de pays situés dans la région de l'océan Indien. Source : Joomaye & Price,1999 (ARP océan Indien).

Fruit Fly Species	Country of the Indian Ocean Region				
	Mauritius	Reunion	Seychelles	Madagascar	Comoros
<i>Bactrocera dorsalis</i> (1)	High risk				
<i>Bactrocera zonata</i>	High risk				
<i>Bactrocera cucurbitae</i>	No quarantine risk	High risk			
<i>Ceratitis rosa</i>		No quarantine risk	High risk		
<i>Ceratitis capitata</i>	No quarantine risk however introduction of new strains should be prevented				
<i>Ceratitis malagasa</i>	Low risk		No quarantine risk		Low risk

(1) *B. dorsalis* is retained in this table although no longer considered present within the Indian Ocean Region following the declaration of its eradication from Mauritius in 1999.

La démarche adoptée par Joomaye et Price a permis de noter les espèces qui paraissaient importantes à l'époque. Mais toutes les espèces mentionnées dans le texte ne figuraient pas dans les tableaux.

Inspiré par l'analyse de ces références antérieures, le GT a cherché à adopter une démarche prenant en compte :

- les connaissances sur les mouches des fruits ;
- les filières d'importation recensées dans La Réunion, zone de l'étude désignée par la saisine (La Réunion).

2. La méthode d'analyse adoptée

Compte tenu des nombreuses informations manquantes sur la biologie de toutes les espèces de Tephritidae, à la dénomination de « hiérarchisation » des espèces de mouches le GT a préféré celle de « catégorisation », qui permet de regrouper les espèces dans diverses 'classes' ou 'catégories'.

Du fait de l'étude indispensable des filières d'importation dans les cinq zones de l'étude, la catégorisation de celles-ci (par classes de risque) a également été envisagée par le GT.

Pour le classement des espèces de mouches et des filières d'importation, la **méthode Prométhée²** a été adoptée. Cette méthode nécessite l'établissement d'une matrice pour chacune des zones, matrice constituée de lignes, représentant les espèces de mouches incriminées à travers les filières d'importation, et de colonnes représentant les critères appliqués à chaque ligne afin de pouvoir réaliser le classement de l'ensemble des lignes.

Le volume d'informations à rechercher puis à traiter étant excessivement important, l'appui d'un consultant externe - expert modélisateur-informaticien maîtrisant les outils de recherche informatique- a été jugé indispensable. Dr. Pierre Martin (CIRAD, UPR AÏDA) est l'expert qui a été sollicité pour réaliser les travaux, notamment ceux de pré-remplissage des matrices et d'application de la méthode Prométhée (Martin, 2014a et 2014b), avec l'appui des experts du GT.

Deux étapes ont été successivement adoptées avant le classement: (i) la réduction du nombre d'espèces de mouches à considérer, en lien avec leur importance biologique et économique (ii) la définition des filières d'importation à considérer. Ces deux étapes sont présentées dans les paragraphes suivants.

2.1 Établissement d'une « liste rouge » d'espèces de Tephritidae (Étape 1)

Certaines catégories de mouches des fruits jugées inopportunes pour l'étude ont été éliminées, ce qui a réduit le nombre d'espèces à étudier.

Cette démarche, qui part de l'ensemble des noms d'espèces disponibles dans la littérature pour restreindre la liste des espèces étudiées et aboutir à une « liste rouge », pourrait être qualifiée de « descendante ».

² La méthode est expliquée en détail dans le rapport de Pierre Martin

2.1.1 Détermination des sous-familles, genres et espèces non concernés par l'analyse

La taxonomie des Tephritidae est en perpétuelle évolution. Le GT s'est basé sur l'ouvrage de White & Elson-Harris (1992), qui constitue toujours une référence, bien que sa seconde édition soit parue il y a une vingtaine d'années et que de nouveaux taxons aient été séparés depuis. De nombreux niveaux de classification sont définis au sein de la famille des Tephritidae : sous-familles, tribus, sous-tribus, genres, sous-genres, espèces, sous-espèces.

2.1.1.1 Critère de sélection biologique

Sur un total d'environ 4600 espèces de Tephritidae, le GT a choisi d'éliminer les espèces dont les larves ne se développent pas dans des fruits charnus. En effet, comme on l'a vu précédemment, des larves de nombreuses espèces s'attaquent à des graines, des réceptacles floraux, de racines de tiges ou encore des feuilles, végétaux ou parties de végétaux qui ne sont pas importés. L'ensemble de ces espèces exclues de l'analyse constitue une première catégorie.

2.1.1.2 Critère de sélection économique

Parmi la (longue) liste restante des espèces dont les larves se développent dans des fruits charnus, le GT a éliminé un certain nombre de taxons (tribus, sous-tribus) au sein desquels aucune espèce n'est connue comme commettant des dégâts d'importance économique. Cette liste d'espèces retirées dans un deuxième temps constitue une seconde catégorie.

2.1.2 Résumé des taxons éliminés par addition des deux critères et genres retenus

Le premier critère (sélection biologique) a conduit le GT à éliminer de la suite de l'analyse la sous-famille des Tephritinae, qui comprend 211 genres, et dont les larves se développent en général dans les fleurs d'Asteraceae.

De même, dans la sous-famille des Trypetinae, les tribus des Acanthinevrini, des Adramini, des Euphrantini et des Phytalmiini ont été retirées.

Le GT n'a conservé dans un premier temps que des espèces appartenant :

- à la sous-famille des Dacinae, et aux tribus des Ceratitidini (36 genres) et des Dacini (3 genres) ;
- à la sous-famille des Trypetinae. Au sein de celle-ci, le GT n'a retenu que la tribu des Toxotrypanini (avec deux genres : *Anastrepha* et *Toxotrypana*) et la tribu des Trypetini. Parmi les 60 genres que compte cette dernière tribu, le GT n'a retenu que cinq des onze genres qui constituent la sous-tribu des Carpomyina : *Rhagoletis*, *Carpomya*, *Myiopardalis*, *Rhagoletrypeta* et *Zonosemata*.

À partir de cette première liste basée sur les critères biologiques, le GT a ensuite appliqué les critères économiques relevés dans la littérature et n'a conservé que les espèces signalées comme ravageurs importants dans certains pays, en se basant notamment sur l'ouvrage de White & Elson-Harris (1994).

Ces espèces appartiennent à quelques genres majeurs : *Rhagoletis*, *Anastrepha*, *Ceratitis*, *Bactrocera*, *Dacus*, *Toxotrypana*, *Carpomya*.

2.1.3 Liste des espèces retenues pour la suite de l'analyse

La liste précédemment obtenue a ensuite été complétée avec quelques espèces qui n'étaient pas mentionnées dans l'ouvrage de White & Elson-Harris (1994) et qui se sont depuis révélées être des ravageurs majeurs, comme par exemple *B. invadens*, *B. carambolae* (cf. PARTIE 2 § 2.1.4.2 et 2.1.4.3), ainsi que par d'autres espèces signalées comme d'importance économique dans certains pays, et mentionnées dans des articles scientifiques ou dans des compte rendus de congrès (cf. PARTIE 2 § 2.2.1).

Au final, une liste rouge de 224 espèces a été dressée pour poursuivre l'analyse (**Annexe 2**).

2.1.4 Limites de la procédure de sélection

Toute élimination d'une espèce de Tephritidae faite au cours des deux premières étapes avec les critères biologiques et économiques n'est pas exempte de risque.

Dans ce paragraphe, **le GT souhaite insister sur ce point particulier.**

En effet, il n'y a pas eu de révision mondiale depuis les travaux de White & Elson-Harris (1994) et la biologie de toutes les espèces n'est pas connue. Certaines d'entre elles n'ont été récoltées que dans des pièges et leurs plantes-hôtes sont totalement inconnues.

Dans d'autres cas, des espèces connues mais sans importance économique dans leur région d'origine se sont avérées de redoutables ravageurs une fois introduites accidentellement dans d'autres régions.

L'analyse de trois exemples rapportés ci-après, permet de mieux mettre en évidence les difficultés rencontrées dans l'évaluation des risques liés en particulier à la famille des Tephritidae.

2.1.4.1 *Ceratitis capitata* (Wiedemann)

Le genre *Ceratitis* est considéré d'origine afrotropicale. L'espèce *C. capitata* (Mediterranean fruit fly) est la plus connue car sa répartition géographique est large (cf. Figure 2), son spectre de plantes-hôtes comprend plus de 200 espèces et cette espèce menace en permanence les parties du globe où sa présence n'a pas encore été observée. La chronologie du processus d'invasion en dehors de l'Afrique est bien documenté (plusieurs références *in* Malacrida *et al.*, 2007) ; sa dispersion a été étudiée dans de grands pays, par exemple en Californie avec les outils de la biologie moléculaire (Davies *et al.*, 1999). Cette espèce, découverte dès 1901 au Brésil, fait l'objet d'un intense programme de management, avec des lâchers de mâles stériles en Amérique du Sud, programme qui peut être considéré comme un modèle du genre.

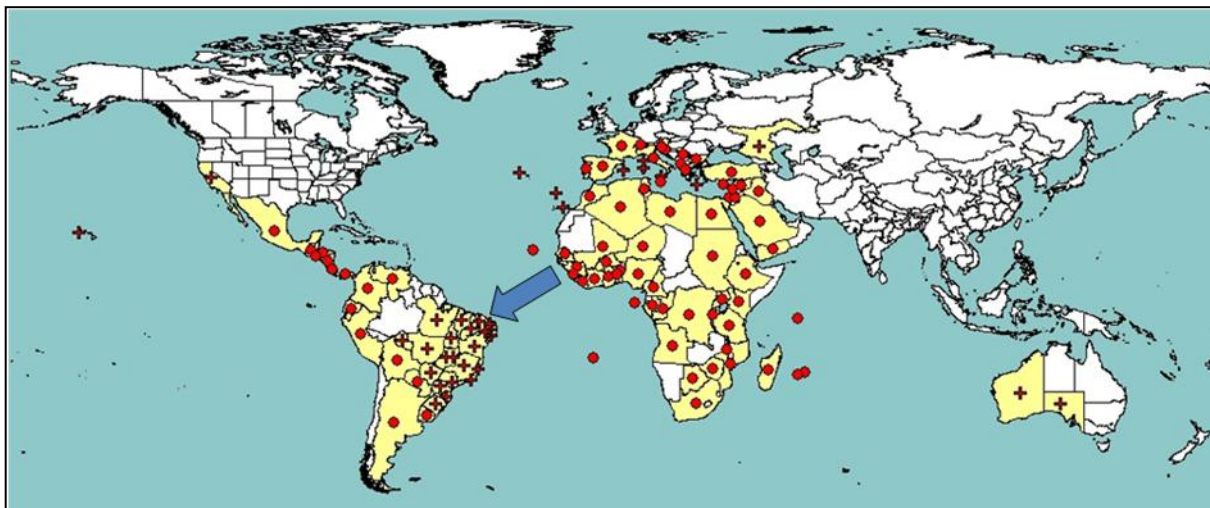


Figure 2. Distribution actuelle géographique de *C. capitata* (Source : PQR ; date d'extraction : 05-09-2014)

(• : présence enregistrée au niveau national ; + : présence enregistrée dans une région, province... ; flèche bleue ajoutée : flux d'introduction probable)

2.1.4.2 *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock

Cette espèce, qui fait partie du complexe d'espèces de *B. dorsalis*, est signalée au Surinam depuis -au moins- 1975 (van Sauers-Muller, 2005). Cette année-là, plusieurs individus adultes obtenus de fruits avaient été conservés sans pouvoir être identifiés. Onze années après, en 1986, les mouches de nouvelles collectes envoyées au Museum Smithsonian furent identifiées comme étant *B. carambolae*. La distribution géographique de cette espèce comprend la Malaisie, l'Indonésie et le sud de la Thaïlande. Elle a été introduite accidentellement au Surinam, puis est entrée en Guyane française. Elle est également signalée au Guyana et dans l'État frontalier d'Amapá, au Brésil. Les premières mesures d'éradication remontent à l'année 1990 (van Sauers-Muller, 2005). Cette mouche attaque les caramboles lorsque les fruits sont encore jeunes, ce qui peut provoquer jusqu'à 100% de pertes. Mais elle a d'autres plantes-hôtes comme la mangue, la goyave.

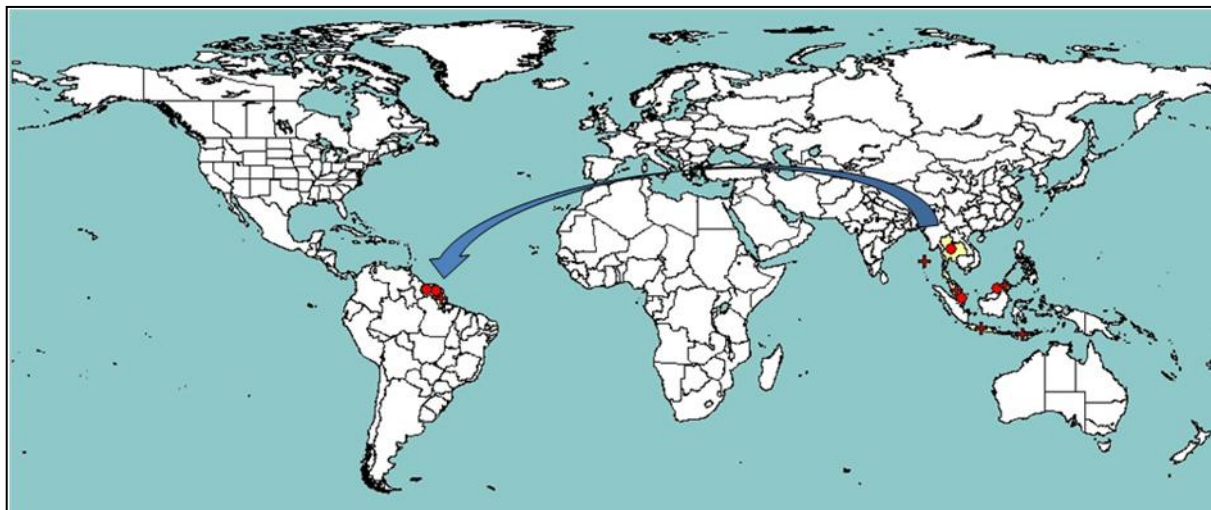


Figure 3. Distribution géographique actuelle de *B. carambolae* (Source : PQR ; date d'extraction : 05-09-2014)

(• : présence enregistrée au niveau national ; + : présence enregistrée dans une région, province... ; flèche bleue ajoutée : flux d'introduction probable)

2.1.4.3 *Bactrocera invadens* Drew, Tsuruta & White

Cette espèce fait également partie du complexe *B. dorsalis*. Dans l'analyse, elle a été conservée comme espèce à part entière. Trois exemplaires de cette espèce avaient été détectés en 2003 au Kenya (Lux *et al.*, 2003) mais elle n'a été décrite que plus tard par Drew *et al.* (2005). Sa présence a été signalée avec des dégâts significatifs en Tanzanie (Mwatawala *et al.*, 2004), ainsi qu'au Bénin dans des piégeages effectués à Parakou (Vayssières *et al.*, 2005), et ce n'est qu'ensuite que l'espèce a été découverte au Sri Lanka en 2005 (Drew *et al.*, 2005). Sa présence fut confirmée au Kenya et sa biologie étudiée dans ce pays (Ekesi *et al.*, 2006). Comme *B. carambolae*, la mangue et la goyave font partie de ses plantes-hôtes ainsi que le pédoncule du fruit de l'anacardier.

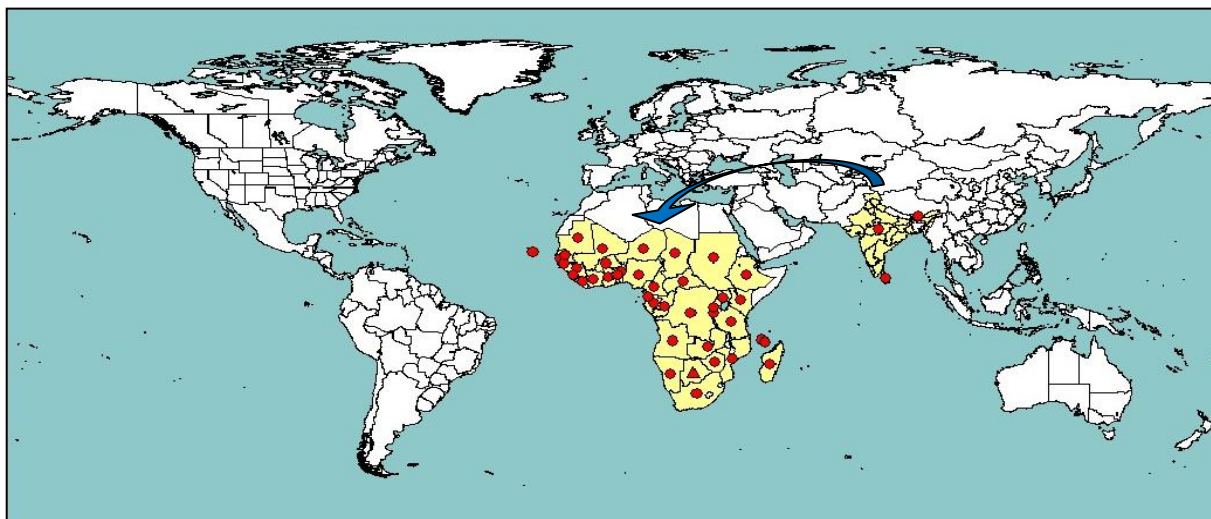


Figure 4. Distribution géographique actuelle de *B. invadens* (Source : PQR, date d'extraction : 05-09-2014)

(• : présence enregistrée au niveau national ; + : présence enregistrée dans une région, province... ; flèche bleue ajoutée : flux d'introduction probable)

Dans le cas des deux espèces de *Bactrocera* rapportées, le problème d'identification précise au sein du complexe *dorsalis* n'a pas permis, avant la manifestation de dégâts économiques significatifs, de détecter la présence de l'espèce.

Aujourd'hui, c'est une autre espèce du même genre, *B. zonata* (Saunders), qui pourrait poursuivre son invasion du continent africain, en Libye, en Égypte et au Soudan, selon certains scénarios élaborés avec le programme Climex (Ni *et al.*, 2012).

2.2 Définition des filières d'importation utiles pour l'étude (Étape 2)

Par opposition à la démarche « descendante » décrite au § 2.1 de la PARTIE 2, la seconde étape adoptée a consisté à collecter (et remonter) des informations sur:

- les espèces de mouches des fruits présentes dans les zones considérées ; en principe, les espèces déjà présentes dans ces zones devraient être exclues de la liste des mouches (lignes des matrices). Ceci a été le cas mais avec une exception notoire concernant l'espèce *C. rosa*. En effet, dans ce cas, les populations de *C. rosa* présentes en Afrique constitueraient un biotype particulier (Serge Quilici, communication personnelle), différent des autres populations, notamment de celles présentes à La Réunion. Ainsi, pour cette espèce, le GT a conservé les filières (éventuellement vectrice de cette mouche) provenant d'Afrique uniquement.
- les filières d'importation pouvant potentiellement, selon l'origine des fruits, héberger des Tephritidae, et les introduire dans les zones étudiées.

L'analyse devait ainsi faire appel à une bonne connaissance des liens existant entre espèce de Tephritidae (E), plantes-hôtes connues (PH) et pays (région ou État, pour les grands pays) (P) où l'espèce E a été identifiée.

Rappel : l'établissement de ces triplets (E x PH x P) était une étape indispensable pour qu'ils puissent être confrontés aux informations connues sur la circulation et les importations des fruits et des légumes pour une zone géographique donnée avant d'alimenter les matrices élémentaires (tableaux Excel) à préparer avant l'analyse Prométhée.

Deux méthodes ont été successivement appliquées par P. Martin. Elles sont brièvement rapportées dans les paragraphes suivants, la seconde méthode retenue étant davantage expliquée dans les rapports du consultant-expert.

2.2.1 Étude des Actes des conférences internationales

Les mouches des fruits sont des insectes suffisamment importants au plan économique pour avoir suscité l'existence de réseaux de recherche internationaux qui organisent régulièrement des réunions (conférences, congrès, etc.) dans les divers continents, afin d'actualiser les connaissances sur ce groupe taxonomique particulier.

Afin de ne pas risquer d'oublier une ou des espèces de Tephritidae considérées comme importantes dans certaines parties du monde, le GT s'est intéressé à l'analyse des Actes de ces conférences.

La première recherche a consisté à retrouver les documents des Actes, sous une forme exploitable : fichiers numérisés, CD-ROM des Actes, liens disponibles par internet, textes employant un format (.pdf) pouvant être numérisé.

Les Actes de deux congrès ayant eu lieu dans des continents différents ont été finalement retenus pour une première analyse : ceux de la cinquième réunion du *Working group on fruit flies of the Western hemisphere*, organisé du 16 au 21 mai 2004, à Bonaventure (Floride, États-Unis) et le second congrès international de TEAM (*Tephritids workers of Europe Africa and the Middle East*) tenu du 3 au 6 juillet 2012 à Kolybari (Crète).

Cette première recherche a permis de ne pas oublier certaines espèces considérées comme importantes, après les écrits de White & Elson-Harris (1994) (cf. PARTIE 1 § 1.2.3).

2.2.2 Analyse informatique à partir des bases de données complètes

Les limites et les biais détectés lors de la procédure antérieure ont cependant permis au GT de confirmer la nécessité d'approfondir l'acquisition des 'triplets' et la possibilité de le faire à l'aide d'outils informatiques.

Les résultats de ces travaux sont détaillés dans le rapport de Martin (2014a). En particulier, une base de données générale des observations des triplets (E x PH x P) a été construite après consultation des données accessibles (articles, sites web, etc.).

Le croisement des données contenues dans cette base avec les informations sur les filières d'importation acquises auprès des services du SALIM de La Réunion par extraction des tableaux d'importations port/aéroport de 2007 à 2012 a permis de remplir les lignes de la matrice élémentaire de La Réunion.

Les critères retenus (C1 à C7) pour le renseignement des colonnes de ces matrices ont été établis *a priori* en début d'analyse. Mais au fur et à mesure de l'avancée du recueil, possible ou non selon les zones, des informations permettant de renseigner ces critères, il a parfois été nécessaire d'en retirer certains des matrices en construction. Certains critères n'ont pu être notés qu'une fois d'autres critères renseignés. Ainsi, la liste des espèces de mouches des fruits retenues après élaboration de la pré-matrice contenant les filières (les lignes) a permis d'effectuer l'analyse climatique (annexe 3) permettant d'attribuer une note au critère « risque d'établissement ».

2.2.2.1 Description des critères adoptés pour la hiérarchisation des Tephritidae

C1 : Caractère envahissant de l'espèce de Tephritidae (noté de 1 à 3) : note attribuée à dire d'experts, le caractère fortement envahissant est noté « 3 ».

C2 : Qualité de la plante-hôte de la filière (filière citée dans la ligne de la matrice)

Pour ce critère, plusieurs sources d'informations étant disponibles, la notation la plus élevée accordée par les experts a été retenue. La plante a été qualifiée de majeure lorsqu'elle est très favorable au développement de l'espèce de mouche. Si une simple mention est signalée et que peu d'informations sont rapportées (peu de dégâts), la plante est qualifiée d'anecdotique. Les notations suivantes ont été adoptées : plante-hôte majeure : notation 3 ; mineure : notation 2 ; anecdotique : notation 1.

C3 : Risque à l'origine : notation attribuée à dire d'experts

Ce critère intègre de manière globale (i) la présence de l'espèce dans le pays d'origine (de l'exportation), (ii) sa fréquence/occurrence et sa distribution (mais ces deux informations sont

rarement disponibles pour de nombreux pays), (iii) la qualification de la zone de production (zone « indemne », respect des normes de la convention internationale pour la protection des végétaux), (iv) l'existence connue ou supposée de contrôles phytosanitaires au départ du pays d'origine.

La notation du risque est la suivante : élevé (note 3), moyen (note 2), faible (note 1).

C4 : Quantité totale importée (tous modes de transport confondus): nombre de tonnes du végétal importé dans la zone d'étude. La quantité retenue est le cumul des tonnages importés au cours des dernières années (selon les informations issues des sources précisées ci-dessus). N.B. : les critères d'entrée par les différentes voies (aérienne, bateau, inconnue) ont fait l'objet d'une analyse (Martin, 2014b) qui n'a pas conduit à les retenir, en particulier à cause de grandes quantités d'entrées inconnues. Le GT a donc conservé le tonnage total d'importation, pour une filière donnée, quelle que soit la voie d'entrée.

C5 : Risque d'établissement : attribué après l'analyse climatique effectuée et prise en compte de l'altitude (cf. annexe 3). Risque élevé noté 3, moyen, noté 2, faible, noté 1.

C6 : Présence de plantes-hôtes dans la zone considérée³ : les plantes-hôtes locales, objets d'une culture agricole ou non, sont prises en compte d'une part par leur présence (ce critère), d'autre part par la superficie potentielle d'accueil qu'elles représentent (critère suivant). La notation, attribuée à dire d'experts, varie de 0 à 3. La note est « 0 » en cas d'absence d'un hôte connu dans la zone considérée ou s'il n'y a pas de renseignements dans la liste des surfaces cultivées. Les notes suivantes sont attribuées selon que l'existence d'une plante-hôte qualifiée d'anecdotique, donc rare (note 1), mineure, donc peu commune (note 2) ou majeure, ou commune (note 3), est connue. La note maximum est attribuée lorsque plusieurs plantes-hôtes sont présentes simultanément.

C7 : Surface totale de plantes-hôtes locales (cultivées ou non)

Une espèce de Tephritidae polyphage arrivant dans une des cinq zones considérées est susceptible de s'installer non seulement sur la même espèce de plante grâce à laquelle elle a été involontairement introduite (filiale d'importation) si celle-ci est présente localement, mais également sur d'autres plantes-hôtes connues. La superficie totale (nombre d'hectares) de l'ensemble de ces plantes-hôtes potentielles, cultivées ou non, a été calculée pour l'établissement de ce critère quantitatif⁴. L'hypothèse sous-jacente à ce calcul (somme des surfaces) est que toutes ces plantes-hôtes seraient aptes (fruits présents) à un hébergement dès l'arrivée de la mouche : une surévaluation des surfaces est donc possible. Lorsque la superficie de plantes-hôtes n'est pas connue (comme pour celles présentes dans les jardins, par exemple) le cumul effectué est, logiquement, sous-évalué.

³ La liste des espèces présentes dans les jardins à La Réunion n'est pas disponible

⁴ Les chiffres des surfaces non-cultivées, bien que celles-ci puissent être importantes comme le goyavier-fraise, hôte de nombreuses mouches, ne sont pas disponibles.

2.2.2.2 Description des critères adoptés pour la hiérarchisation des filières

C8 : Potentiel d'infestation de la filière (poids_filière)

Ce critère n'apparaît pas dans les matrices élémentaires de départ. Il correspond à la somme des poids de chaque Tephritidae associée à chaque filière dans la matrice. Ce poids est obtenu à partir de la hiérarchie des Tephritidae. La valeur maximale de ce poids varie selon le nombre de classes d'équivalence identifiées (1 à n). Le rapport de Martin (2014b ; §3.4.2) présente un exemple de calcul de ce poids des filières.

Ce travail d'élaboration des matrices a donné lieu à de nombreux échanges entre les experts, ainsi qu'à la création de fichiers avec de nombreux onglets, échanges et fichiers qui ont été entièrement conservés.

La définition des critères a été discutée au sein du GT. Elle n'est pas forcément évidente à comprendre pour des experts n'ayant pas participé aux définitions. Cette compréhension a une influence sur le choix de leur pondération par les experts.

Parmi les limites de compréhension des critères qui ont été discutées ou mentionnées, les principales sont les suivantes :

- Les critères ne sont pas toujours exclusifs l'un de l'autre : chacun des critères est important et conditionnel pour que l'invasion se produise.
- Certains critères ne sont pas totalement indépendants entre eux comme 'présence de plantes-hôtes' et 'surfaces de plantes-hôtes'.
- D'autres critères, comme le caractère envahissant de l'espèce considérée, dépendent de facteurs non inclus dans l'analyse. Le caractère envahissant dépendrait ainsi de l'aptitude à la compétition et de la niche écologique potentielle par rapport aux espèces déjà résidentes (indigènes ou exotiques déjà introduites).
- Il est difficile de caractériser des "caractères envahissants" intrinsèques aux espèces.
- Par rapport aux dates d'arrivée possibles de mouches des fruits par les différentes filières, les périodes de compatibilité des fruits-hôtes potentiels à La Réunion constituent un paramètre difficile à intégrer. Aussi, dans une optique de risque maximal, et pour ce dernier point, le GT a considéré que toutes les espèces végétales portant des fruits-hôtes étaient hospitalières toute l'année. Pour une espèce de mouche donnée, la somme des surfaces de toutes les plantes-hôtes de cette espèce a été faite et adoptée comme critère dans la matrice. Il y aurait certainement des ajustements à faire en lien avec les périodes réelles favorables à l'insecte et des précisions à apporter sur la variabilité de la surface disponible au cours d'une année.

Il est important de noter que la robustesse de la méthode a été explorée selon les poids attribués aux sept critères retenus pour La Réunion. Neuf experts ont été sollicités pour attribuer des poids aux différents critères et plusieurs scénarios ont donc été appliqués, selon que le choix des experts s'est porté sur des membres du GT, etc. (Martin, 2014b).

La hiérarchisation des espèces, puis leur regroupement en classes par comparaison des hiérarchies de chaque expert, a montré une forte homogénéité des classements en dépit de l'influence des expertises individuelles. Les parties 4.2 et 4.3 du rapport de Martin (2014b) expliquent ce point en détail.

PARTIE 3 RÉSULTATS DES ANALYSES

Dans cette troisième partie seront successivement présentées les données relatives aux espèces déjà présentes à La Réunion, des généralités sur les transports commerciaux et les flux de passagers lorsqu'ils sont connus, avant d'aborder le classement des mouches et des filières et son interprétation.

1. Espèces de Tephritidae jugées d'importance économique présentes à La Réunion

Dans l'arrêté préfectoral du 30/09/2011 (n°2011/1479, Annexes I (chapitre 1) et IV (chapitre 11), neuf espèces de Tephritidae, indigènes ou d'origine exotique, étaient considérées d'importance économique à La Réunion. Elles étaient ainsi distinguées :

- Quatre espèces polyphages, s'attaquant à de nombreux fruits-hôtes : *Ceratitis catairii* Guérin-Mèneville, *C. capitata* Wiedemann, *C. rosa* Karsch et *Bactrocera zonata* Saunders ; parmi elles :

* *C. catairii*, endémique des Mascareignes semble avoir particulièrement souffert de la compétition inter-spécifique avec les autres mouches des fruits exotiques (Duyck *et al.*, 2004). Sa gamme de plantes-hôtes semble aujourd'hui beaucoup plus restreinte que par le passé, et elle n'a plus été retrouvée à l'île Maurice depuis une vingtaine d'années. À La Réunion, elle se maintient surtout dans les zones côtières chaudes et humides du sud-est.

* *B. zonata* est une espèce d'arrivée récente à La Réunion, qui s'attaque à de nombreux fruits, déjà hôtes de *C. capitata* et de *C. rosa*.

- Quatre espèces polyphages s'attaquant aux Cucurbitaceae (*Bactrocera cucurbitae* Coquillett, *Dacus ciliatus* Loew, *Dacus demmerezi* Bezzi) ou aux Solanaceae (*Neoceratitis cyanescens* Bezzi). Ces espèces s'attaquant aux cultures maraîchères (cucurbitacées et solanacées) causent des dégâts importants et sont particulièrement difficiles à contrôler avec les moyens existants (Ryckewaert *et al.*, 2010) ;

- Une espèce pratiquement monophage s'attaquant aux jujubes (*Carpomya vesuviana* Costa). Cette espèce est bien présente à La Réunion alors que le jujubier n'est pas vraiment une culture « d'importance économique » à l'île de La Réunion (Pierre-François Duyck, comm. pers.), ces arbres poussant au bord des routes et des champs (Philippe Ryckewaert, comm. pers.).

- La mouche de l'olive (*Bactrocera oleae* Gmelin) est également présente à La Réunion mais elle n'y cause aucun dégât d'importance économique, seuls des oliviers sauvages étant présents dans l'île. Par ailleurs, une vingtaine d'espèces de Tephritidae ne présentant pas d'importance économique sont également recensées dans l'île (J. Etienne, données non publ.; S. Quilici, données non publ.).

L'arrêté préfectoral de 2011 a été modifié par l'arrêté préfectoral n°2013/1380 du 24 juillet 2013 dans lequel le paragraphe mentionnant les espèces a disparu entièrement. La mention « les Tephritidae « non présents » à La Réunion » a été ajoutée en lieu et place de la liste des espèces.

2. Généralités sur les transports commerciaux et les flux de passagers

Les experts du GT tiennent à souligner le rôle important des passagers en avion, qui peuvent véhiculer des fruits frais pouvant potentiellement contenir des larves de mouches vivantes, ce qui pourrait faciliter leur entrée sur le sol de La Réunion. Malgré le temps imparti et les nombreuses inconnues sur les effectifs réels de fruits introduits, le GT a souhaité apporter les éléments quantitatifs ci-après détaillés sur les transports commerciaux et les flux de passagers.

2.1 Transport commercial

Comme la majorité des économies insulaires, La Réunion importe plus de légumes et fruits qu'elle n'en produit. Ces deux catégories, ainsi que les préparations de légumes et de fruits, constituent 13% de la part totale d'importations agroalimentaires en 2013 (DAFF La Réunion, 2014).

Les fruits et légumes produits en Europe et plus particulièrement en France, en Espagne et en Italie peuvent être importés à La Réunion tels que les cerises, les prunes, les pêches et nectarines comme fruits-hôtes potentiels de mouches. On peut citer aussi les agrumes qui proviennent essentiellement d'Afrique du Sud.

Le transport des fruits et légumes se fait majoritairement par voie maritime, mais une partie est importée par avion, notamment les fruits fragiles.

2.2 Navigation de plaisance

Selon le rapport de Port Réunion « Trafics 2012 », le nombre moyen d'arrivants à La Réunion à l'occasion des croisières et des voyages inter-îles, essentiellement avec l'île Maurice, est de 31.500 passagers en moyenne entre 2008 et 2012 (tableau 4). Seulement 60% des passagers arrivent par les croisières. Néanmoins, aucune indication sur l'origine des paquebots et navires n'est mentionnée.

Tableau 4. Trafic passagers arrivant à La Réunion entre 2008 et 2012

	2008	2009	2010	2011	2012
	Croisières				
Nombre d'escales	24	24	26	19	23
Passagers en entrée	14.310	23.476	24.938	20.739	14.077
%	54	64	68	63	57
	Inter-îles				
Nombre d'escales	124	130	126	117	107
Passagers en entrée	12.145	12.975	11.903	12.076	10.608
%	46	36	32	37	43
TOTAL	26.455	36.451	36.841	32.815	24.685

Source: Port Réunion, Trafics 2012.

2.3 Compagnies aériennes

Six compagnies aériennes desservent l'aéroport de Roland Garros (Gillot). Air Austral reste la principale compagnie utilisatrice de l'aéroport (49,6% du trafic passagers), devant Air France (20,7%), Corsairfly (13,6%), Air Mauritius (11,7%), XL Airways (2,4%) et Air Madagascar (2%).

Les destinations desservies au départ de l'aéroport Saint-Pierre Pierrefonds sont les suivantes (<http://www.reunion.fr/etablissement/transport/transport-aerien/saint-pierre/aeroport-de-la-reunion-saint-pierre.html>):

- Île Maurice : Air Austral / Air Mauritius
- Madagascar : (Tamatave / Île Ste-Marie / Antananarivo) : Air Madagascar
- Métropole (Paris/Lyon/Marseille/Toulouse) *via* Gillot : Air Austral
- Mayotte *via* Gillot : Air Austral
- Johannesburg *via* Gillot : Air Austral
- Seychelles *via* Gillot : Air Austral

Le tableau suivant (tableau 5) montre le nombre et l'origine des passagers arrivant à La Réunion par vol direct pour les pays cités (vols avec escales pour les « autres pays ») entre 2007 et 2012. Le trafic annuel entrant est de 901.594 passagers, soit près d'un million de passagers. En moyenne, 58,3% des passagers proviennent de la France métropolitaine, 22,1% de l'île Maurice, 7,8% de Mayotte, 6,6% de Madagascar et 1,5% de La Réunion (vol interne depuis Saint-Pierre). Le reste des vols se répartit selon 2,7% en provenance de la Thaïlande, Afrique du Sud, Seychelles et Comores (par vols directs à partir de Bangkok, Johannesburg, Seychelles et Moroni respectivement) et 1,2% d'autres pays selon des provenances par correspondance (non cités ici). Il est important de préciser qu'une escale en Inde (Chennai) se fait lors des vols reliant La Réunion à la Thaïlande à l'occasion de laquelle des passagers peuvent embarquer.

Tableau 5. Nombre et origine des passagers arrivant à La Réunion entre 2007 et 2012

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
FRANCE	458.326	477.232	497.021	542.082	603.381	573.821
ÎLE MAURICE	169.650	179.919	183.645	217.010	222.947	220.157
MADAGASCAR	48.845	49.165	43.937	59.013	72.522	81.657
MAYOTTE	58.143	58.728	75.366	80.000	79.572	70.068
THAÏLANDE/INDE	4.301	5.175	6.085	6.685	15.317	15.588
LA RÉUNION	14.008	15.574	17.345	13.029	11.243	7.925
AFRIQUE DU SUD	5.207	5.520	7.093	7.730	8.091	6.486
SEYCHELLES	1.744	2.918	3.673	5.761	6.378	6.220
COMORES	3.489	2.753	2.271	4.357	6.200	5.736
AUTRES PAYS	574	62	11.467	22.214	19.323	9.816
Total	764.287	797.046	847.903	957.881	1.044.974	997.474

Source: adapté de www.reunion.aeroport.fr

Les éléments apportés dans ce paragraphe démontrent l'intérêt d'un suivi particulier des passagers d'avion, même si des efforts d'informations importants sont effectués par les

compagnies aériennes, dans les avions. L'enregistrement des fruits interceptés, les alertes lorsque des larves présentes sont trouvées et identifiées, sont des données fondamentales pour renseigner le risque d'introduction des mouches (ou d'autres organismes) par cette voie. Enfin, il faut rappeler que des échanges non contrôlés, par voie maritime, ont lieu avec l'île Maurice, de sorte que lorsqu'une espèce de mouche invasive a été introduite et fait l'objet d'un programme d'éradication à Maurice, elle est souvent considérée comme déjà présente et davantage surveillée à La Réunion (S. Quilici, comm. pers.).

3. Résultats et interprétation du classement des mouches et des filières à La Réunion

L'analyse Prométhée réalisée dans le cas de La Réunion a porté sur une matrice renseignée par sept critères/colonnes et cinquante cinq filières d'importation (lignes) appelées « actions » dans la matrice « homologue » Prométhée. Elle est présentée en détail dans le rapport de Martin (2014b).

Le pré-remplissage automatique de cette matrice a été réalisé à partir de la Base de Données des Observations (BDO) construite par P. Martin (2014a).

Mais une partie des filières et des triplets (espèce de Tephritidae/fruit/territoire) ne pouvant être retrouvée par cette BDO, du fait de manque d'informations dans la littérature ou les sites web consultés, une vérification des filières manquantes a été faite par le GT, de façon manuelle.

D'autres contraintes ont été mises en évidence lors du remplissage de la matrice :

- absence de mises à jour de la base PQR (signalements de présence de mouches dans les territoires)
- existence de données vis-à-vis des biotypes, non publiées encore
- confusion dans certaines données (distinction port/aéroport, interceptions ou véritables importations)
- données non recensées (plantes-hôtes des jardins)
- données d'importations relatives aux années 2007-2012 et superficies des plantes cultivées à La Réunion relative à l'année 2010 (N.B. : ces derniers chiffres ne varient probablement pas énormément entre les années, vu qu'une grande partie des plantes est constituée de vergers de plantations pérennes. Ces données ne sont pas actualisées depuis 2010).

Au final, seize espèces de mouches ont été obtenues (Martin 2014b, Tableau 1, partie 3.1). L'analyse climatique permettant de renseigner la colonne du critère « risque d'établissement » a été effectuée sur ces seize espèces (cf. Annexe 3).

Vingt-deux espèces de fruits ressortent de l'analyse faite, avec des distinctions au niveau du nom latin (genre ou espèce), ainsi qu'un nombre total de territoires d'origine de ces fruits de dix-sept.

Parmi les analyses faites et présentées par P. Martin (Martin, 2014b), le GT a retenu celle élaborée avec la seule participation des quatre membres du GT pour le choix des poids, soit la hiérarchie suivante à huit classes selon laquelle l'espèce la plus « à risque » est présente en haut du tableau 6.

Tableau 6. Hiérarchie à huit classes des Tephritidae les plus menaçantes pour La Réunion

Hiérarchie à huit classes	
N° classe	Tephritidae
1	<i>Bactrocera invadens</i>
2	<i>Ceratitis rosa</i>
3	<i>Bactrocera dorsalis</i>
4	<i>Bactrocera tryoni</i>
5	<i>Dacus vertebratus</i>
6	<i>Anastrepha fraterculus</i> <i>Ceratitis cosyra</i> <i>Ceratitis malgassa</i> <i>Ceratitis quinaria</i> <i>Ceratitis rubivora</i> <i>Dacus frontalis</i> <i>Dacus lounsburyii</i> <i>Rhagoletis cerasi</i> <i>Rhagoletis cingulata</i>
7	<i>Rhagoletis completa</i>
8	<i>Anastrepha obliqua</i>

L'analyse de ce classement par les experts Tephritidae du GT a donné lieu aux remarques suivantes :

- L'espèce *Anastrepha obliqua* apparaît en dernière position, ce qui paraît logique, car seuls 5 kg de citrons (*Citrus limon*) en provenance de la Martinique ont été détectés. Cette mouche n'attaque jamais les agrumes à la Martinique (biotype particulier, P. Ryckewaert, com. pers.) et les citrons ne sont pas cultivés dans cette île. Il peut s'agir ici soit d'une mauvaise entrée de donnée à la source, soit d'un passager avion en provenance de la Martinique ayant acheté des citrons lors de son escale en métropole. Cette filière reste par conséquent anecdotique ;
- Les espèces *Rhagoletis cerasi* et *R. cingulata* sont quasiment monophages, et aucune plante-hôte connue n'est répertoriée à La Réunion, pour ces deux espèces (cerises *sensu lato*). Elles ont été cependant conservées dans l'analyse car le risque de leur introduction par les filières d'importation est réel et les conditions climatiques leur seraient favorables ;
- À l'inverse de ces trois espèces qui ne sont pas spécialement à surveiller, l'espèce *Rhagoletis completa* pourrait faire l'objet d'une vigilance particulière même si son signalement sur pêcher doit être confirmé car cet arbre fruitier est cultivé à La Réunion, de façon toutefois anecdotique, et la distribution de *R. completa* est encore restreinte en Europe qui est la zone d'origine à risque des pêches importées ;
- L'espèce *Bactrocera invadens* et son espèce jumelle *B. dorsalis* sont les plus à redouter, à la fois parce qu'elles sont polyphages, présentes dans de nombreuses filières, dans des pays proches et qu'elles sont connues pour leur caractère envahissant ;

- *Ceratitis rosa* est également une espèce à fort risque par rapport à son biotype africain, mais il est impossible de prédire ce qui arriverait suite à une hybridation avec la population réunionnaise de cette espèce si elle était introduite ;
- Le risque qui paraît important pour *Bactrocera tryoni* est à moduler car les pays d'origine (Australie et Nouvelle-Zélande) appliquent des normes sanitaires strictes ;
- Le cas de *Ceratitis rubivora* est particulier car cette espèce est signalée dans la bibliographie comme étant inféodée aux *Rubus* (non importés) mais une seule publication la signale sur *Citrus*. En l'absence d'informations supplémentaires, le GT a préféré garder cette espèce, même si le risque est faible ;
- Les autres espèces de *Ceratitis* et les *Dacus* constituent un risque assez faible.

Ce premier classement conduit à réduire de 45 (nombre indiqué sur le site de la DAAF de La Réunion au 20 juin 2012; <http://daaf974.agriculture.gouv.fr/Mouches-des-fruits>) à 16 le nombre d'espèces de Tephritidae à surveiller de plus près à l'entrée du territoire.

Mais, comme cela a été rappelé dans la partie 'Généralités' de ce rapport, la détection et l'identification précise des espèces sont difficiles à réaliser, sinon impossibles, notamment au stade larvaire qui est celui véhiculé par les fruits frais. **Le classement des filières d'importation à risque** s'avère plus judicieux, en tenant compte notamment des filières qui seraient susceptibles d'introduire plusieurs espèces de mouches.

Ce classement a été réalisé dans une seconde étape, selon les modalités détaillées dans le rapport d'étape 3a (partie 3.4.2). Il a été possible d'établir une liste hiérarchisée complète des filières, en détaillant toutes les espèces végétales et les origines géographiques, ainsi que les espèces de Tephritidae liées à chacune de ces filières. Elle est présentée dans les annexes 12 à 15 du rapport d'étape 3a.

Pour aider le gestionnaire du risque de manière plus opérationnelle, une liste hiérarchisée simplifiée, établie selon les règles d'inclusion des espèces végétales au sein des genres végétaux, est proposée ci-après. Cette liste permet également de regrouper les filières par classes de risque, en fonction du poids_filière calculé (tableau 7).

Tableau 7. Liste hiérarchisée des filières d'importation les plus menaçantes pour La Réunion

Territoire	Fruit	N° classe	Liste des Tephritidae				
South Africa	<i>Citrus</i>	1	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis cosyra</i>	<i>Ceratitis quinaria</i>	<i>Ceratitis rosa</i>	<i>Ceratitis rubivora</i>
South Africa	<i>Prunus</i>	2	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis cosyra</i>	<i>Ceratitis quinaria</i>	<i>Ceratitis rosa</i>	
South Africa	<i>Prunus persica</i>	2	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis cosyra</i>	<i>Ceratitis quinaria</i>	<i>Ceratitis rosa</i>	
South Africa	<i>Cucumis melo</i>	3	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Dacus frontalis</i>	<i>Dacus lounsburyii</i>	<i>Dacus vertebratus</i>	
South Africa	<i>Cucumis sativus</i>	3	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Dacus frontalis</i>	<i>Dacus lounsburyii</i>	<i>Dacus vertebratus</i>	
Zambia	<i>Prunus persica</i>	3	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis cosyra</i>	<i>Ceratitis rosa</i>		
South Africa	<i>Citrus limon</i>	4	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis rosa</i>			
South Africa	<i>Citrus paradisi</i>	4	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis rosa</i>			
South Africa	<i>Citrus reticulata sensu stricto</i>	4	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis rosa</i>			
South Africa	<i>Citrus sinensis</i>	4	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis rosa</i>			
South Africa	<i>Fortunella</i>	4	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis rosa</i>			
Madagascar	<i>Citrus</i>	5	<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Ceratitis cosyra</i>	<i>Ceratitis malgassa</i>		
South Africa	<i>Prunus armeniaca</i>	6	<i>Ceratitis quinaria</i>	<i>Ceratitis rosa</i>			
France	<i>Prunus</i>	7	<i>Rhagoletis cerasi</i>	<i>Rhagoletis cingulata</i>	<i>Rhagoletis completa</i>		
Madagascar	<i>Capsicum</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
Madagascar	<i>Capsicum frutescens</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
Madagascar	<i>Citrus limon</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
Madagascar	<i>Citrus nobilis</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
Madagascar	<i>Citrus reticulata sensu stricto</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
Madagascar	<i>Cucumis sativus</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
Madagascar	<i>Cucurbita pepo</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
Madagascar	<i>Solanum melongena</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
Mayotte	<i>Mangifera indica</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
South Africa	<i>Capsicum annum</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
South Africa	<i>Diospyros kaki</i>	7	<i>Bactrocera invadens</i>				
Switzerland	<i>Prunus</i>	7	<i>Rhagoletis cerasi</i>	<i>Rhagoletis cingulata</i>	<i>Rhagoletis completa</i>		
South Africa	<i>Citrus reticulata (s.l.)</i>	8	<i>Ceratitis rosa</i>				
South Africa	<i>Malus</i>	8	<i>Ceratitis rosa</i>				
South Africa	<i>Malus domestica</i>	8	<i>Ceratitis rosa</i>				

South Africa	<i>Prunus domestica</i>	8	<i>Ceratitis rosa</i>	
South Africa	<i>Pyrus communis</i>	8	<i>Ceratitis rosa</i>	
Swaziland	<i>Citrus sinensis</i>	8	<i>Ceratitis rosa</i>	
Zambia	<i>Pyrus communis</i>	8	<i>Ceratitis rosa</i>	
China	<i>Malus pumila</i>	9	<i>Bactrocera dorsalis</i>	
China	<i>Pyrus communis</i>	9	<i>Bactrocera dorsalis</i>	
France	<i>Prunus avium</i>	9	<i>Rhagoletis cerasi</i>	<i>Rhagoletis cingulata</i>
France	<i>Prunus cerasus</i>	9	<i>Rhagoletis cerasi</i>	<i>Rhagoletis cingulata</i>
Mauritius	<i>Capsicum</i>	9	<i>Bactrocera dorsalis</i>	
Mauritius	<i>Citrus</i>	9	<i>Bactrocera dorsalis</i>	
Mauritius	<i>Citrus limon</i>	9	<i>Bactrocera dorsalis</i>	
Mauritius	<i>Citrus maxima</i>	9	<i>Bactrocera dorsalis</i>	
Mauritius	<i>Citrus paradisi</i>	9	<i>Bactrocera dorsalis</i>	
Mauritius	<i>Citrus sinensis</i>	9	<i>Bactrocera dorsalis</i>	
Vietnam	<i>Psidium guajava</i>	9	<i>Bactrocera dorsalis</i>	
Australia	<i>Citrus reticulata</i>	10	<i>Bactrocera tryoni</i>	
Italy	<i>Prunus</i>	10	<i>Rhagoletis cerasi</i>	<i>Rhagoletis completa</i>
New Zealand	<i>Malus</i>	10	<i>Bactrocera tryoni</i>	
New Zealand	<i>Pyrus communis</i>	10	<i>Bactrocera tryoni</i>	
Argentina	<i>Citrus limon</i>	11	<i>Anastrepha fraterculus</i>	
France	<i>Prunus salicina</i>	11	<i>Rhagoletis cingulata</i>	
Spain	<i>Prunus</i>	11	<i>Rhagoletis cerasi</i>	
France	<i>Prunus persica</i>	12	<i>Rhagoletis completa</i>	
Italy	<i>Prunus persica</i>	12	<i>Rhagoletis completa</i>	
Switzerland	<i>Prunus persica</i>	12	<i>Rhagoletis completa</i>	
Martinique	<i>Citrus limon</i>	13	<i>Anastrepha obliqua</i>	

L'analyse de ce classement par les experts Tephritidae du GT a donné lieu aux remarques suivantes :

- Il est utile de rappeler que les relations entre espèce de mouche/fruit/territoire d'origine du fruit ont été établies à l'aide d'outils informatiques s'appuyant sur une analyse de la bibliographie : dans la réalité, toutes les filières d'importation ne sont pas obligatoirement infestées par des mouches. Le GT n'a pas eu connaissance de toutes les conditions réelles de transport, en particulier par bateau.
- Il apparaît que les importations d'Afrique du Sud sont celles qui sont le plus à surveiller, suivies par celles de Madagascar et de l'île Maurice. Les produits importés les plus à risque sont les agrumes, les pêches et les prunes. Les modalités de leurs importations pourraient être analysées, en accord avec la réglementation existante.
- Les filières permettant l'entrée des espèces quasiment monophages *Rhagoletis cerasi* et *R. cingulata* sans aucune plante-hôte connue répertoriée à ce jour à La Réunion présentent un risque quasi nul.
- On constate que beaucoup d'espèces de mouches, autres que les *Rhagoletis*, sont souvent associées aux mêmes filières que celles de *B. invadens*, ce qui induira un contrôle encore plus important de celles-ci
- Entre les filières permettant l'importation de fruits d'Afrique du Sud et celles qui ne présentent aucun risque *a priori* compte-tenu de nos connaissances actuelles, sont situées, dans le classement, des filières intermédiaires dont le suivi sera lié aux possibilités locales. Les filières respectant scrupuleusement les mesures d'élimination des mouches avant embarquement, ou les importations de fruits en provenance de zones libres de Tephritidae, présenteront moins de risques.
- La mention des noms latins des espèces de mouches en regard des filières est une indication pour le taxonomiste en charge d'identifier d'éventuelles larves détectées vivantes dans les fruits importés.
- Pour certaines filières, les noms d'espèces de plantes-hôtes ne sont pas précisés (*Citrus*, *Prunus*, etc.). Dans ce cas on considère toutes les plantes du genre susceptibles d'être des hôtes pour au moins une espèce de mouche des fruits, même si cela surévalue l'importance de la filière.
- Les importations de bananes ne font pas partie des filières testées dans notre étude car (i) les bananes sont importées vertes à La Réunion et cet état de maturité du fruit ne permet pas le transport potentiel d'espèces de mouches, tous genres confondus, et (ii) les bananes font l'objet d'une mise en quarantaine systématique comme l'atteste le §2 PARTIE 4.

PARTIE 4 ÉLÉMENTS DE GESTION DES RISQUES

Les résultats issus des analyses faites pour répondre à la première partie de la saisine sont liés à l'existence des filières d'importation identifiées durant la période mentionnée. Depuis deux ans, d'autres filières d'importation ont pu être mises en place, ponctuellement ou de manière plus régulière. La connaissance des relations trophiques entre fruit importé et espèces de Tephritidae présentes localement, dans le territoire d'origine de l'importation, est alors fondamentale pour pouvoir apprécier le risque d'introduction. Le GT a indiqué les limites de l'étude concernant la connaissance des triplets espèce de mouche/espèce végétale/territoire, notamment au moment de l'interrogation/extraction des informations de la base de données des observations (BDO) pour pré-remplir la matrice de départ. Le problème de la codification NC8, lorsqu'elle est employée, a été souligné.

Une prévention correcte des risques nécessiterait une prise en considération de l'ensemble de ces limites et des connaissances supplémentaires à acquérir pour répondre par exemple à la question de la mise en place de nouvelles filières d'importation.

Les mesures de gestion des risques s'appuient donc sur les connaissances acquises et s'appliquent aux différentes étapes d'une filière d'importation, de la production, en amont, à l'arrivée dans la zone d'importation, puis de distribution, en aval.

Cette approche « systémique » de la gestion du risque dans le cas des Tephritidae a été particulièrement abordée dans la norme ISPM 35 (IPPC, 2012) adoptée en mars 2012 au cours de la 7^{ème} session de la Commission des Mesures Phytosanitaires. Toutes les mesures concernant la zone de production, avant le semis, durant la culture et après la récolte, le transport et la distribution y sont précisées. Les mesures nécessaires pour l'établissement d'une zone libre de mouches des fruits Tephritidae sont, elles, détaillées dans la norme ISPM 26 (IPPC, 2006), dont l'Appendix 1, qui porte sur les modalités de piégeage des mouches, a été adopté en mars 2011. Des informations figurent également dans le document plus ancien de NAPPO (1998).

Des mesures réglementaires ont été, historiquement, définies et appliquées à différentes étapes, en amont et lors de l'arrivée des marchandises, dans les ports ou les aéroports de La Réunion. Elles seront rappelées dans ce rapport, dans un premier temps.

Un aperçu des procédures d'échantillonnage à l'entrée des importations, communiqué au GT, sera rappelé avec des propositions pour les filières les plus menaçantes. Les éléments disponibles dans la littérature spécialisée seront rappelés au gestionnaire de risque dans un second temps, pour leur mise en œuvre avec les moyens logistiques dont il dispose.

Une fois introduites et établies dans des îles, les mouches des fruits font généralement l'objet de programmes d'éradication. Des exemples en sont bien connus dans l'océan Indien, puisque l'île Maurice développe assez régulièrement ce genre de programme contre *B. invadens* et *B. dorsalis* (<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Nature-agriculture/Actualites/Alertes/La-mouche-des-fruits-Bactrocera-invadens-dorsalis-a-l-ile-Maurice-Suite>) (Sookar *et al.*, 2006) ainsi que les îles Comores (<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Strategie-territoires/Actualites/La-cooperation-regionale/Un-programme-de-lutte-contre-la-mouche-des-fruits-aux-Comores>).

Les Tephritidae font partie des exemples souvent cités dans la gestion d'insectes à large échelle ou Area Wide Pest Management en anglais. Des exemples issus d'expériences pouvant avoir été réalisées dans des îles peuvent être analysées (Vargas *et al.*, 2008). D'autres exemples continentaux peuvent également être consultés en cas de nécessité comme les articles de Lloyd *et al.* (2010) relatant une expérience australienne ou encore le plan d'action préconisé contre *Bactrocera zonata* dès 2000 (FAO/IAEA, 2000) décliné plus récemment par l'OEPP (EPPO, 2010b).

Les Actes regroupés d'une conférence internationale sur « l'area-wide control of insect pests », tenue du 28 mai au 2 juin 1998 et du 5^{ème} symposium international sur les mouches des fruits d'importance économique, tenu également à Penang, en Malaisie, du 1^{er} au 5 juin 1998 constituent une ressource bibliographique extrêmement riche (Area-Wide control of fruit flies and other insect pests. Ed. Keng-Hong Tan, 2000).

Ces mesures de gestion ne sont pas présentées dans ce rapport qui ne prend en compte que les mesures anticipant l'introduction et l'établissement des mouches des fruits.

Enfin, une des mesures de gestion les plus communément réalisées est la surveillance à l'aide de piégeage des adultes. Ce point sera abordé dans un troisième temps avant d'aborder finalement la nécessité de mémoriser d'une manière standardisée toutes les informations recueillies sur le terrain.

1. Mesures réglementaires existantes

L'historique des textes réglementaires est présenté dans cette partie. Il ne faut donc pas tenir compte des noms latins présentés dans les versions anciennes de la réglementation, noms qui ont pu être actualisés pour certaines espèces, ou mis en synonymie. Des réunions régulières entre législateurs ou gestionnaires du risque et scientifiques travaillant sur la taxonomie des espèces seraient un moyen d'actualiser les noms latins.

1.1 Textes généraux (ensemble des DROM) qui incluent La Réunion

L'**Arrêté du 3 septembre 1990** relatif au contrôle sanitaire des végétaux et produits végétaux constitue le texte réglementaire général qui encadre les importations de végétaux ou produits végétaux dans les DOM (DROM désormais). Son Annexe I (Article B) précise la liste des organismes nuisibles dont l'introduction est interdite dans les DOM et en particulier les espèces de Tephritidae suivantes, selon les régions (extrait du tableau B) :

Tableau 8. Liste des Tephritidae dont l'introduction est interdite à La Réunion

Espèces de Tephritidae	DROM concernés
<i>Anastrepha</i> spp.	Réunion
<i>Ceratitis capitata</i>	
<i>Ceratitis cosyra</i>	
<i>Dacus bivittatus</i>	
<i>Dacus frenchi</i> (= <i>Bactrocera umbrosa</i>)	
<i>Dacus neohumeralis</i>	
<i>Dacus tryoni</i>	
<i>Dacus zoneris</i>	
<i>Pardalaspis quinaria</i>	

Source : adapté de l'annexe 1 de l'arrêté du 3 septembre 1990.

Cet arrêté a été modifié par l'**Arrêté du 3 décembre 1991** publié en février 1992 où l'espèce *Dacus zoneris* a été retirée de la liste et remplacée par *Dacus zonatus* puis consolidé par une nouvelle version au 1^{er} mai 2010.

La **Note de service n° 8079 de la DGAL du 9 mai 1997** précise les informations nécessaires en vue de la constitution des dossiers de demande d'importation (dérogations) à titre commercial de végétaux ou de produits végétaux. La **Note de service n° 8144 de la DGAL du 17 septembre 1997** désigne les végétaux, les produits végétaux et les autres objets originaires de France métropolitaine et des autres États de la Communauté européenne, dont l'introduction est subordonnée à la présentation d'un certificat phytosanitaire (donnée par le pays d'origine) et au contrôle du service de la PV des DOM. Cette note de service distingue l'ensemble des DOM, et plus spécifiquement les Antilles (avec la Guyane) et La Réunion. Les noms communs des végétaux sont mentionnés (pas les noms latins).

L'**Arrêté du 31 juillet 2000** a été modifié par **cinq autres arrêtés datés du 11 mai 2001, 7 février 2002, 13 février 2002, 11 juillet 2002 et 25 août 2011**. La prise en compte d'une liste finale d'organismes n'est pas facilitée car sont mentionnées, dans l'annexe A, les annexes I et II de l'Arrêté du 24 mai 2006.

Cette Annexe A présente au chapitre II (dispositions relatives aux DOM) la liste des organismes contre lesquels la lutte est obligatoire, de façon permanente, dans les DOM. Les espèces de Tephritidae suivantes y sont mentionnées, par région (tableau 9):

Tableau 9. Liste des Tephritidae contre lesquelles la lutte est obligatoire à La Réunion

Espèces de Tephritidae	DOM concernés
<i>Anastrepha</i> spp. <i>Ceratitis cosyra</i> ⁵ <i>Dacus bivittatus</i> <i>Dacus frenchi</i> (= <i>Bactrocera umbrosa</i>) <i>Dacus neohumeralis</i> ⁶ <i>Dacus tryoni</i> ⁷ <i>Dacus zonatus</i> ⁸ <i>Pardalaspis quinarina</i> ⁹ Tephritidées sauf celles déjà présentes telles que <i>Bactrocera cucurbitae</i> , <i>Ceratitis rosa</i> , <i>Ceratitis cattoirii</i> ¹⁰ , <i>Dacus ciliatus</i> , <i>Dacus demmerezi</i> , <i>Pardalaspis cyanescens</i> ¹¹ Organismes annexes I et II arrêté 24 mai 2006 (sauf espèces déjà présentes)	La Réunion

Source : adapté de l'arrêté du 24 mai 2006

1.2 Textes spécifiques à La Réunion

L'Arrêté préfectoral n°2011-001479 du 30 septembre 2011 fait mention de tous les textes antérieurs et précise dans son Article 3 (et les annexes liées) la liste des organismes nuisibles dont l'introduction et la dissémination sont interdites sur le territoire de l'île de La Réunion. Ce document signale les neuf espèces d'importance économique présentes sur l'île. Selon S. Quilici (comm. pers.), il existe d'autres espèces de Tephritidae sur l'île mais qui n'ont pas d'importance économique.

⁵ Souvent écrit *C. cosvra* (par erreur de recopie) (note du GT)

⁶ Aujourd'hui dénommée *Bactrocera neohumeralis* (note du GT)

⁷ Aujourd'hui dénommée *Bactrocera tryoni* (note du GT)

⁸ Aujourd'hui dénommée *Bactrocera zonata* (note du GT)

⁹ Aujourd'hui dénommée *Ceratitis quinarina* (note du GT)

¹⁰ Aujourd'hui dénommée *Ceratitis catoirii* (note du GT)

¹¹ Aujourd'hui dénommée *Neoceratitis cyanescens* (note du GT)

Selon cet arrêté, « tous les fruits frais, y compris légumes fruits originaires de pays où l'existence d'une liste de Tephritidae¹² est connue sur ces fruits, doivent avoir fait l'objet d'une constatation officielle

- a) que les fruits sont originaires d'une région connue comme exempte des organismes visés,
- ou
- b) que les fruits ont été soumis avant expédition à un traitement assainissant reconnu à l'annexe VI du présent arrêté contre les organismes visés. Une description du traitement appliqué figure sur le CPO ;
- ou
- s'il n'est pas possible de satisfaire à ces exigences
- c) que les fruits ont été inspectés avant l'exportation et déclarés exempts des organismes visés.

En cas de choix pour l'option c), les fruits doivent subir un traitement assainissant reconnu par le froid, tel que défini à l'annexe VI du présent arrêté, lors de leur transport à destination (« in transit cold») au sein d'une enceinte frigorifique scellée et équipée d'un enregistreur de température qui permette de vérifier l'application des barèmes temps/température prescrits à l'annexe VI. En cas de choix pour l'option c) et en l'absence du traitement requis, les fruits ne pourront pas être mis en libre pratique sur le territoire de La Réunion. Selon l'annexe VI, ce traitement consiste à un entreposage continu dans une enceinte réfrigérée des fruits selon un des barèmes temps/température cités plus haut dans le tableau 10. »

Des dispositions très récentes (2013) ont été adoptées à la suite de risques d'introductions accidentelles, en particulier de la drosophile *Drosophila suzukii* et du Tephritidae *B. invadens* à travers l'importation de fruits frais.

L'Arrêté préfectoral n°2013-443 du 28 mars 2013 complète ainsi l'Article 8 de l'Arrêté préfectoral de septembre 2011 en insistant sur la délivrance d'une autorisation technique d'importation (ATI) dans certains cas, mieux précisée que dans les textes antérieurs. Cette mesure réglementaire conduit l'importateur à remplir un formulaire mais « ne concerne pas les végétaux autres que ceux reconnus comme hôtes habituels des ravageurs concernés qui sont : les fruits et légumes-fruits pour *Bactrocera invadens* et les cerises et les fruits du genre *Prunus* pour *Drosophila suzukii* ».

La Note de service de la DGAL/SALIM intitulée « Mise en œuvre du dispositif d'autorisations techniques préalables à l'importation (ATI) », datée du 22 avril 2013, rappelle en outre que ce dispositif d'ATI¹³, qui était déjà prévu dès l'Arrêté du 3 septembre 1990, tient compte de la situation particulière (proximité et échanges commerciaux) de l'île Maurice car elle est appliquée pour « toutes les importations ou introductions de fruits et légumes-fruits frais, hôtes de *Bactrocera invadens*, originaires ou issues de la République de Maurice, ... ».

Pour Madagascar, la demande d'ATI est nécessaire pour « toute importation de fruits et légumes frais en provenance de Madagascar » (Décision DAAF/SALIM AL 1300631 du 15 mars 2013).

¹² Les mouches hiérarchisées dans le cadre de notre saisine sont concernées par cette mesure sauf *C. rosa*, *C. rubivora*, *D. frontalis*, *Dacus lounsburyi*, *D. vertebratus*, *R. cerasi*.

¹³ Qui n'est plus nécessaire dans le cas des fruits-hôtes de *Drosophila suzukii*.

La **Note de la DG-DAAF** à La Réunion qui accompagne cet arrêté, **datée du 18 avril 2013**, intitulée « Le contrôle phytosanitaire aux frontières », écarte d'office tout fruit provenant de lots qui auraient été traités chimiquement¹⁴. En revanche, le traitement physique par le froid post-récolte est accepté selon les modalités du tableau ci-après (Tableau 10 ; source : Note du 18-04-2013).

Tableau 10. Traitement imposé sur fruits potentiellement porteurs de *B. invadens*

Végétaux concernés	Risque considéré	Traitement imposé
Fruits et légumes-fruits, en particulier solanacées et cucurbitacées (tomates, chouchous, concombres, courgettes, etc.)	<i>Bactrocera invadens</i>	Entreposage continu à 0°C +/- 0,5°C pendant au moins 10 jours, ou Entreposage continu à 1°C +/- 0,5°C pendant au moins 15 jours, ou Entreposage continu à 1,5°C +/- 0,5°C pendant au moins 20 jours

Source : Note du 18-04-2013.

1.3 Récapitulation des mesures phytosanitaires prises aux frontières

1.3.1 À l'entrée des passagers d'avion (cas de La Réunion)

L'**interdiction d'introduction de végétaux par les passagers** est spécifiée dans l'**Arrêté préfectoral n° 3029 du 25 septembre 1992** : « l'importation de tout matériel végétal frais tels que bulbes, rhizomes, plantes ou parties de plantes, fleurs, légumes et fruits frais est prohibée par voie postale, colis express, ainsi que dans les bagages individuels des passagers du transport aérien ou maritime ». Cette réglementation est rappelée systématiquement aux voyageurs aériens sur tous les vols avant l'atterrissage.

L'**arrêté préfectoral n°2014/3327 du 28 avril 2014** reprend l'interdiction d'introduction exprimée dans l'arrêté préfectoral n° 3029 du 25 septembre 1992 et indique que ces « introductions sont interdites par voie postale ou dans les bagages des voyageurs maritimes (transport commercial de voyageurs ou bateaux de plaisance ». Les compagnies maritimes effectuant des liaisons incluant La Réunion comme destination doivent diffuser des messages informant les passagers des prohibitions en vigueur.

¹⁴ En effet, cette note indique, pour le traitement phytopharmaceutique par fumigation, qu'il est nécessaire de connaître la limite maximale de résidus (fixée au niveau européen) sur les végétaux importés qui auraient été traités par un « *produit contenant une substance active interdite en Europe* ». Cette note précise par ailleurs qu'il y a une « *absence de données d'efficacité des fumigations sur les végétaux à forte teneur en eau* » et que le type de traitement (par fumigation) apparaît donc comme « *inapproprié* ».

1.3.2 À l'entrée des marchandises par voie maritime ou aérienne

Un contrôle phytosanitaire systématique (note DG-DAAF, 18-04-2013) concerne tous les végétaux à risques et comprend une inspection visuelle méthodique.

La première mesure de gestion aux frontières consiste donc, selon le GT, à vérifier la mise en œuvre des mesures réglementaires décrites plus haut, notamment vis-à-vis des filières à risque identifiées.

D'après le tableau 6, il aurait été envisageable d'inclure les fruits, hôtes des mouches les plus menaçantes parmi celles qui ne sont pas concernées par la mesure de l'arrêté du 30 septembre 2011 et plus particulièrement *C. rosa* (sur pommiers) et *D. vertebratus*. Néanmoins, d'après le tableau 7, ces espèces sont généralement transportées par des filières dont la surveillance est demandée dans le paragraphe suivant car vectrices de mouches plus menaçantes. Cet exemple souligne l'intérêt de l'approche effectuée, à savoir la génération d'une liste hiérarchisée des filières à risque qui simplifiera les mesures de gestion par croisement des données.

2. Procédures de contrôle/d'échantillonnage à l'entrée des importations

Selon Laure Syndique (agent ANSES ayant questionné le SALIM à La Réunion, juillet 2013), *le contrôle à l'import (qu'il soit fait à l'aéroport ou au port) se fait d'abord de façon administrative (passeport phytosanitaire, carte d'identité des végétaux etc.).*

En cas d'anomalies, suspicion de « fraude » ou pays « à risque », la marchandise est inspectée. Les normes d'échantillonnage pour l'inspection sont de 298 unités dans cinq contenants¹⁵ (inspection de toute la marchandise si le volume est inférieur à cinq contenants). Cet échantillonnage permettrait a priori d'écartier le risque à 98%. L'inspection est visuelle à l'œil nu ou sous loupe binoculaire. En cas de doute, une « mise en élevage » est effectuée.

Les fruits arrivent pour la plupart par bateaux, dans des cales réfrigérées. Seulement deux végétaux sont mis systématiquement en quarantaine : le bananier et l'anthurium. Les interceptions de par la présence d'un parasite sont extrêmement rares. La plupart des refus d'importations sont dus à des problèmes au niveau des papiers.

Au regard de ces informations, croisées avec la liste hiérarchisées des filières, le GT propose de s'assurer que l'échantillonnage des espèces végétales suivantes qui concernent les filières des premières classes de risque est bien mené conformément aux méthodes préconisées, à savoir :

- toutes les espèces de *Citrus* en provenance d'Afrique du Sud et de Madagascar ;
- les pêches en provenance d'Afrique de Sud et de Zambie ;
- le melon et les concombres en provenance d'Afrique du Sud ;
- les abricots arrivant d'Afrique du Sud.

¹⁵ Le GT ne dispose pas d'informations exactes sur la nature et la capacité de ces 'contenants'.

Les importations provenant de Madagascar et de l'île Maurice bénéficient d'une législation particulière, citée plus haut (décision et note de 2013), qui mérite d'être suivie.

Des éléments précis pour les méthodes d'échantillonnage sont apportés par la norme ISPM 31 (IPPC, 2008) (cf. La version française, NIMP 31) à laquelle pourra se référer utilement le gestionnaire de risque.

3. Surveillance par piégeage des espèces de Tephritidae prioritaires à proximité des points d'entrée, de stockage ou de rejet des fruits abîmés (hangars proches des lieux d'arrivée et des magasins)

La première mesure généralement adoptée, qui permet la détection précoce de la présence d'une espèce de mouche à l'état adulte, est la mise en place d'un réseau de piégeage, dans la zone de production ou le territoire où le fruit a été importé.

Selon des renseignements récoltés auprès de la FDGDON Réunion (Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles de La Réunion) et communiqués par Alain-Steve Dupuis¹⁶ (de la Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de La Réunion), un réseau de piégeage de *B. invadens* est actuellement mis en place à La Réunion (Annexe 4). Les pièges utilisés sont du type « maxi trap de SEDQ avec couvercle TOPPROTECT » et contiennent de la deltaméthrine pour tuer les mouches capturées (Annexe 5). Le méthyl-eugénol, actuellement fourni par Chemtica, est aussi utilisé. L'identification des mouches capturées est effectuée avec l'appui de fiches d'identification réalisées entre autres par le CIRAD (<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/content/search>) telle que celles permettant la différenciation entre *B. invadens* et *B. zonata* (<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Science-recherche/Nouvelles-des-labos/Dossiers-scientifiques/Inventorier-et-identifier-les-especes/Outil-de-differenciation-de-Bactrocera-invadens-et-Bactrocera-zonata>) et renseignée dans des fichiers informatiques conservés par la FDGDON. Il existe un plan d'urgence en cas de capture commun avec les autres îles de l'océan Indien (Annexe 6).

Les modalités détaillées du piégeage (types de pièges (cf. fig.5), substances attractives, temps de demi-vie des substances, densités de piégeage, positionnement du piège au niveau de la plante, durée de la période d'observation, etc.) sont bien précisées dans divers documents signalés dans le tableau 11 ci-après des couples espèce de Tephritidae/substance attractive, ainsi que dans les articles d'Augustin *et al.* (2012a et b) et Quilici *et al.* (2012).

Les photographies illustrant quelques-uns des types de pièges fréquemment employés proviennent de l'Appendix 1 de la Norme ISPM 26 (IPPC, 2006).

Le GT propose de compléter les systèmes de piégeages aux points d'entrée des importations pour *B. invadens*, *C. rosa*, *D. dorsalis*, *B. tryoni* et *D. vertebratus*. Ces pièges permettent de mettre en évidence uniquement la présence d'adultes de ces mouches au moment de l'entrée des importations. Il serait donc recommandé de placer surtout ces pièges sur les lieux de stockage des

¹⁶ Technicien chargé des contrôles intrants, de la lutte contre les organismes nuisibles réglementés et du suivi des quarantaines végétales. Responsable du suivi des agréments distributeurs, applicateurs et fumigation.

importations (hangars) où la probabilité de capture d'adultes ayant complété le cycle de développement (de par le temps de stockage écoulé) serait plus élevée.

Les mises en élevage, effectuées actuellement en cas de doute, seraient envisageables bien que contraignantes car elles nécessitent un temps d'attente de quinze jours minimum jusqu'à l'émergence des adultes.

Des perspectives nouvelles permettant d'améliorer les systèmes de piégeage ont été signalées par Quilici et Donnet (*in Augustin et al.*, 2012b) mentionnant l'expérience australienne de Liu *et al.* (2009).

De telles évolutions de la surveillance sont à prendre en considération pour mesurer de quelle manière améliorer l'actuel réseau de détection par piégeage des Tephritidae à La Réunion.

Il serait également intéressant d'étudier les possibilités de mises en place d'autres dispositions observées dans d'autres contextes de surveillance (Nouvelle-Zélande, Australie) comme l'installation d'une « Fruit Fly Hotline » dans le cadre des mesures mises en place par le gouvernement de l'Australie du Sud (Government of South Australia, 2006).



Figure 5. Photographies illustrant les différents types de pièges fréquemment employés pour les Tephritidae

Tableau 11. Tableau récapitulatif des couples mouches/substances attractives

Mouche	Substance	Informations		Références
<i>Anastrepha fraterculus</i>	Acétate d'ammonium (AA), Hydrolysate de caséine, extrait de levure		Pas de pièges spécifiques pour les mâles, souvent attirés par les attractifs à base d'ammoniaque présents dans les pièges de <i>Rhagoletis cerasi</i> par ex (si les deux mouches cohabitent)	<i>Anastrepha fraterculus</i> « Data Sheet » (EPPO/CABI, 1997)
	Nulure + H ₂ O		Meilleur FTD (fly per trap per day/mouche par piège par jour)	Sobrinho <i>et al.</i> , 2004
<i>Anastrepha obliqua</i>	Putrescine + AA	Piégeage des femelles		FAO/IAEA, 2003 (Page 11 et Annexes 4 à 7)
	Appâts protéiques (PA) 2C-1 (Putrescine + AA)			ISPM 26 (IPPC, 2006)
<i>Bactrocera dorsalis</i>	Méthyl-eugénoL (ME)	Piégeage des mâles		FAO/IAEA, 2003 (Page 11 et Annexes 4 à 7)
<i>Bactrocera invadens</i>	Méthyl-eugénoL (ME) (para-phéromone)	Piégeage des mâles		DPV, 2007
	3C = Putrescine + AA + Triméthylamine	Piégeage des femelles, principalement		ISPM 26 (IPPC, 2006)
<i>Bactrocera tryoni</i>	Cuelure	Piégeage des mâles		FAO/IAEA, 2003 (Page 11 et Annexes 4 à 7)
<i>Ceratitidis cosyra</i>	2C-2 (AA + Triméthylamine)	Piégeage des femelles principalement		ISPM 26 (IPPC, 2006)

	Terpinyl Acétate (TA)	Piégeage des mâles		DPV, 2007
	Appâts protéiques, Cuelure		vergers de manguiers	Hala <i>et al.</i> , 2006
<i>Ceratitis malgassa</i>		pas de substances attractives pour les mâles		http://delta-intkey.com/ffa/www/cer_malg.htm
	Terpinyl Acétate (TA)			http://books.google.fr/books?id=OPoBn0o_cY8C&pg=PA423&lpg=PA423&dq=ceratitis+rubivora+attractant&source=bl&ots=25XHKO_Pihg&sig=PP0Zg-mtZSgNushSw2SNL2V5qEQ&hl=fr&sa=X&ei=Z13OU_jrLuai0QWC1YDADQ&ved=0CFUQ6AEwBQ#v=onepage&q=ceratitis%20rubivora%20attractant&f=false
<i>Ceratitis quinaria</i>	Appâts protéiques, Cuelure		vergers de manguiers	Hala <i>et al.</i> , 2006
	Trimedlure (para-phéromone) (TML)	Piégeage des mâles		FAO/IAEA, 2003 (Page 11 et Annexes 4 à 7)
<i>Ceratitis rosa</i>	Ajout de Triméthylamine (TMA) à Putrescine + AA (= 3Composants)	Piégeage des femelles	Détection précoce, plus sensible aux faibles populations que le TML, son équivalent mâle	FAO/IAEA, 2003 (Page 11 et Annexes 4 à 7)
	ME, Cuelure, TML, Appâts protéiques, leurre à base de trois composants			Mwatawala <i>et al.</i> , 2006
<i>Ceratitis rubivora</i>	Trimedlure TML et Terpinyl Acétate TA			http://delta-intkey.com/ffa/www/cer_rubi.htm http://books.google.fr/books?id=OPoBn0o_cY8C&pg=PA423&lpg=

				PA423&dq=ceratitis+rubivora+attractant&source=bl&ots=25XHKQPihg&sig=PP0Zg-mtZSgNushSw2SNL2V5qEQ&hl=fr&sa=X&ei=Z13OU_jrLuai0QWC1YDADQ&ved=0CFUQ6AEwBQ#v=onepage&q=ceratitis%20rubivora%20attractant&f=false
	TML , Appâts protéiques , leurre à base de trois composants (Putrescine, AA, TML)			Mwatawala <i>et al.</i> , 2006
<i>Dacus frontalis</i>	Cuelure	Piégeage des mâles		FAO/IAEA, 2003 (Page 11 et Annexes 4 à 7)
<i>Dacus lounsburyi</i>	Cuelure	Piégeage des mâles		http://delta-intkey.com/ffa/www/dac_loun.htm
	Appâts protéiques		Forêts naturelles sèches	Hala <i>et al.</i> , 2006
<i>Dacus vertebratus</i>	Cuelure, Appâts protéiques			Mwatawala <i>et al.</i> , 2006
			Forêts naturelles sèches	Hala <i>et al.</i> , 2006
<i>Rhagoletis sp. dont cerasi</i>	Carbonate d'ammonium (AC) et/ou Acétate d'ammonium (AA) [substances attractives à base de nourriture]	Piégeage des femelles		FAO/IAEA, 2003 (Page 11 et Annexes 4 à 7)
<i>Rhagoletis cerasi</i>	AA, sels d'ammonium, bicarbonate d'ammonium			ISPM 26 (IPPC, 2006)
<i>Rhagoletis cingulata</i>		Pas de substances attractives connues pour les mâles		http://delta-intkey.com/ffa/www/rha_cing.htm
	AA			http://www.bioone.org/doi/abs/

	Pièges de phéromones alimentées de AA			10.1603/0022-0493-99.4.1316 Pelz-stenlinski et al 2006 http://www.pherotech.com/
	Bicarbonat d'ammonium ou AA ou AA + triméthylamine		AA attire les femelles	Bjelis et al., 2014 http://www.bgsm.co.th/ISFFEI_A/B/abstracts.html#182
	AA, sels d'ammonium, bicarbonate d'ammonium			ISPM 26 (IPPC, 2006)
<i>Rhagoletis completa</i>		Pas de substances attractives connues pour les mâles		http://delta-intkey.com/ffa/www/rha_comp.htm
	Carbonate d'ammonium			Duso et dal Lago., 2006

	Piégeage des femelles	À base de nourriture ou de phéromones	
	Appâts protéiques liquides	Captent mâles et femelles avec une préférence pour les femelles ; Moins sensibles que les phéromones face à des populations faibles ; capte des insectes non cibles	FAO/IAEA, 2003 (Page 11)
	Piégeage des mâles	À base de phéromones	



CONCLUSIONS GENERALES DU GROUPE DE TRAVAIL

L'analyse faite a permis d'identifier les espèces de Tephritidae les plus menaçantes, dans l'état actuel de nos connaissances, pour La Réunion. *B. invadens*, *C. rosa* (d'Afrique), *B. dorsalis*, *B. tryoni* et *D. vertebratus* seraient les mouches les plus menaçantes pour La Réunion de par leur risque d'entrée et d'établissement.

La liste hiérarchisée des filières d'importation, de manière complète ou simplifiée, avec le classement proposé des filières à risque, apporte un éclairage sur les productions végétales (fruits et légumes frais) à observer de manière prioritaire, en fonction des pays d'origine, lors des arrivées de marchandises. Elle concerne les importations provenant essentiellement d'Afrique du Sud (fruits du genre *Citrus*, *Prunus* [les pêches en particulier], melons et concombres), de Madagascar (fruits du genre *Citrus*) et de Zambie (pêches).

Le GT rappelle que les conclusions apportées dépendent de la méthodologie adoptée et de ses limites signalées à différentes étapes. Les conditions réelles de transport des fruits, les capacités de survie des Tephritidae dans des fruits infestés, sont également des points qui mériteraient d'être davantage spécifiés.

Ainsi une des conclusions importantes de cette étude qui aidera dans l'optique de futures analyses est la nécessité de disposer de données homogènes, recueillies de la même manière (informatisée, bien sûr), avec le plus de détails possibles, notamment sur les espèces végétales (noms latins) introduites et les espèces de mouches éventuellement détectées lors des contrôles (conservation systématique en alcool absolu des larves, par exemple, en vue d'une identification précise par analyses moléculaires).

À cet égard, il est important de noter que La Réunion est le DOM pour lequel les données nécessaires au remplissage d'une matrice croisant 'critères' et 'triplets' liés aux filières d'importation sont les plus complètes. Pour l'application de la méthode aux autres DOM des difficultés potentielles ont été anticipées. C'est la raison pour laquelle le GT a décidé de réduire/simplifier les critères nécessaires pour l'élaboration de la méthode proposée, considérée comme générique et applicable aux autres DOM.

Le travail présenté plaide enfin pour une mise en place d'un réseau mondial de surveillance, avec une base de données informatique gérant les informations en temps quasi réel, à l'image de ce qui est déjà réalisé dans le cadre de l'OEPP.

Date de validation du rapport d'expertise collective

par le groupe de travail : 02/10/2014

par le comité d'experts spécialisé : 10/10/2014

3 Bibliographie

3.1 Publications

Aluja MF, Díaz-Fleischer F, Arredondo J (2004) Non-host status of commercial *Persea americana* cultivar 'Hass' to *Anastrepha ludens*, *Anastrepha obliqua*, *Anastrepha serpentina*, and *Anastrepha striata* (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Journal of Economic Entomology*, 97:293-309.

Asokan R, Rebijith KB, Singh SK, Sidhu AS, Siddharthan S, Karanth PK, Ellango R, Ramamurthy VV (2011) Molecular identification and phylogeny of *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 94(4):1026-1035.

Augustin S, De Kogel WJ, Donner P, Faccoli M, Lees DC, Marini L, Mori N, Toffolo EP, Quilici S, Roques A, Yart A, Battisti A (2012a) A list of methods to detect arthropod quarantine pests in Europe, *Bulletin OEPP/EPPO*, 42 (1):93–94.

Augustin S, Boonham N, De Kogel WJ, Donner P, Faccoli M, Lees DC, Marini L, Mori N, Toffolo EP, Quilici S, Roques A, Yart A, Battisti A (2012b) A review of pest surveillance techniques for detecting quarantine pests in Europe, *Bulletin OEPP/EPPO*, 42 (3):515–551.

Bjeliš M, Radunić D, Miklavc J, Saljak G (2014) Evaluation of trap types and food attractants for North American Cherry Fruit Fly – *Rhagoletis cingulata* Loew (Diptera, Tephritidae). 9th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance. p182

Caceres C, Segura DF, Vera MT, Wornoayporn V, Cladera JL, Teal P, Sapountzis P, Bourtzis K, Zacharopoulou A, Robinson AS (2009) Incipient speciation revealed in *Anastrepha fraterculus* (Diptera : Tephritidae) by studies on mating compatibility, sex pheromones, hybridization and cytology. *Biological Journal of the Linnean Society*, 97(1):152-165.

Canal NA, Uramoto K, Zucchi RA (2013) Two new species of *Anastrepha* Schiner (Diptera :Tephritidae) closely related to *Anastrepha pickeli* Lima. *Neotropical Entomology*, 42(1):52-57.

Clarke AR, Armstrong KF, Carmicheal AE, Milne JR, Raghu S, Roderick GK, Yeates DK (2005) Invasive phytophagous pests arising through a recent tropical evolutionary radiation: The *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 50:293-319.

DAAF La Réunion (2014) La production agricole et agroalimentaire locale poursuit sa reconquête face aux importations. Agreste La Réunion, n°91, Août 2014.

Davies N, Villablanca FX, Roderick GK (1999) Bioinvasions of the medfly, *Ceratitidis capitata*: source estimation using DNA sequences at multiple intron loci. *Genetics*, 153:351-360.

De Meyer M, Quilici S, Franck A, Chadhouliati A, Issimaila M, Youssoufa MA, Barbet A, Attié M, White IM (2012) Records of frugivorous fruit flies (Diptera : Tephritidae : Dacini) from the Comoro archipelago. *African Invertebrates*, 53:69-77.

DPV Direction de la Protection des Végétaux, Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, République du Sénégal (2007) Suivi des populations des mouches des fruits et démonstration d'un dispositif de lutte intégrée dans des vergers de manguiers. 13pp.

Drew RAI, Tsuruta K, White IM (2005) A new species of pest fruit fly (Diptera: Tephritidae: Dacinae) from Sri Lanka and Africa. *African Entomology*, 13:149-154.

Duso C & Dal Lago G (2006) Life cycle, phenology and economic importance of the walnut husk fly *Rhagoletis completa* Cresson (Diptera:Tephritidae) in northern Italy. *Annales de la Société entomologique de France (N.S), International Journal of Entomology*, 42(2):245-254.

Duyck PF, David P, Quilici S (2004) A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera : Tephritidae). *Ecological entomology*, 29:511-520.

Ekesi S, Nderitu PW, Rwomushana I (2006) Field infestation, life history and demographic parameters of the fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) in Africa. *Bulletin of Entomological Research*, 96:379-386.

EPPO (2003) Report of a pest risk assessment: *Bactrocera zonata*. 2 p.

EPPO (2010a) Report of a pest risk analysis for *Bactrocera invadens*. 24 p.

EPPO (2010b) *Bactrocera zonata* : procedure for official control. *Bulletin OEPP/EPPO*, 40, 390-95.

EPPO/CABI (1997) Quarantine Pests for Europe. 2nd edition. Edited by Smith IM, McNamara DG, Scott PR, Holderness M. CABI International, Wallingford, UK, 1425 pp.

FAOIAEA (2000) Action Plan: Peach Fruit Fly, *Bactrocera zonata* (Saunders). Joint FAO/ IAEA Division, Vienna (AT).

FAOIAEA (2003) Trapping guidelines for area-wide fruit fly programs. 48pp.

Goergen G, Vayssières JF, Gnanvossou D, Tindo M (2011) *Bactrocera invadens* (Diptera Tephritidae), a new invasive fruit fly pest for the Afrotropical region: host plant range and distribution in West and Central Africa. *Environmental Entomology*, 40:844-854.

Gómez-Viveros S, Pinto VM, Valadez-Moctezuma E, Núñez-Colín A (2007) Molecular differentiation in larval stage of three fruitfully pests of *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) pest in México. *African Crop Science Conference Proceedings*, 8:613-616.

Government of South Australia (2006) Important information on fruit fly. Fact Sheet FS 21/77/07.

Hala N, Quilici S, Gnago AJ, N'Depo OR, N'Da Adopo A, Kouassi P, Allou K (2006) Status of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Côte d'Ivoire and implications for mango exports. Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance 10-15 September 2006, Salvador, Brazil, pp. 233-239.

Huang CG, Hsu JC, Haymer DS, Lin GC, Wu WJ (2009) Rapid identification of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) by loop-mediated isothermal amplification. *Journal of Economic Entomology*, 102(3):1239-1246.

IPPC (2006) Establishment of Pest Free Areas for Fruit Flies (Tephritidae). ISPM No. 26. IPPC Secretariat, FAO, Rome (IT).

IPPC (2008) Methodologies for Sampling of Consignments. ISPM No. 31. IPPC Secretariat, FAO, Rome (IT).

IPPC (2012) Systems approach for pest risk management of fruit flies (Tephritidae). ISPM No. 35. IPPC Secretariat, FAO, Rome (IT).

Joomaye A & Price NS (1999) Pest risk analysis and quarantine of fruit flies in the Indian ocean region. 5 p.

Krosch MN, Cchutze MK, Armstrong KF, Boontop Y, Boykin LM, Chapman TA, Englezou A, Cameron SL, Clarke AR (2013) Piecing together an integrative taxonomic puzzle: Microsatellite, wing shape and aedeagus length analyses of *Bactrocera dorsalis* s.l. (Diptera: Tephritidae) find no evidence of multiple lineages in a proposed contact zone along the Thai/Malay Peninsula. *Systematic Entomology*, 38(1):2-13.

Liu Y, Zhang J, Richards M, Pham B, Roe P, Clarke A (2009) Towards continuous surveillance of fruit flies using Sensor networks and machine vision. Wireless communications, networking and mobile computing, 2009, WiCom '09. 5th International conference, 24-26 September 2009.

Lloyd AC, Hamacek EL, Kopittke RA, Peek T, Wyatt PM, Neale CJ, Eelkema M, Gu H (2010) Area-wide management of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Central Burnett district of Queensland, Australia. *Crop Protection*, 29:462-469.

Lux SA, Copeland RS, White IM, Manrakhan A, Billah MK (2003) A new invasive fruit fly species from the *Bactrocera dorsalis* (Hendel) group detected in East Africa. *Insect Science and its Application*, 23:355-361.

Malacrida AR, Gomulski LM, Bonizzoni M, Bertin S, Gasperi G, Guglielmino CR (2007) Globalization and fruit fly invasion and expansion : the medfly paradigm. *Genetica*, 131:1-9.

Martin P (2014a) Rapport d'expertise concernant la saisine « Hiérarchisation des mouches Tephritidae les plus menaçantes pour les DOM ». Étape 1 : Extraction de l'information et remplissage de la matrice pour l'île de La Réunion. 93 pp.

- Martin P (2014b) Rapport d'expertise concernant la saisine « Hiérarchisation des mouches Tephritidae les plus menaçantes pour les DOM ». Étape 3a : Analyse de la matrice de La Réunion avec la méthode Prométhée. 59 pp.
- Mwatawala MW, White IM, Maerere AP, Senkondo FJ, De Meyer M (2004) A new invasive *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae) in Tanzania. *African Entomology*, 12(1):154-156.
- Mwatawala MW, De Meyer M, Makundi RH, Maerere AP (2006) Biodiversity of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in orchards in different agro-ecological zones of the Morogoro region, Tanzania. *Fruits*, 61:321-332.
- NAPPO (1998) RSPM N_10 Surveillance for Quarantine Fruit Flies (in portion of a generally infested area). Ontario, CA.
- Ni WL, Li ZH, Chen HJ, Wan FH, Qu WW, Zhang Z, Kriticos DJ (2012) Including climate change in pest risk assessment : the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae). *Bulletin of Entomological Research*, 102:173-183.
- Quilici S, Donner P, Battisti A (2012) Surveillance techniques for non-native insect pest detection, *Bulletin OEPP/EPPO*, 42 (1):95–101.
- Port Réunion (2012) Trafics 2012/ 2012 Traffic. 25 pp.
- Ryckewaert P (2004) Analyse de risque phytosanitaire, version simplifiée. *Anastrepha grandis* (Diptera/Tephritidae). Référence : CUC-a1. 4 pp.
- Ryckewaert P, Deguine JP, Brévault T, Vayssières JF (2010) Fruit flies (Diptera: Tephritidae) on vegetable crops in Reunion Island (Indian Ocean): state of knowledge, control methods and prospects for management. *Fruits*, 65:113-130.
- Salles LA (2000) Biologia e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus* (Wied.). In: Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil. Conhecimento básico e aplicado. A Malvasi & RA Zucchi (Eds). Holos Editora, Ribeirão Preto, pp. 81-86.
- Schutze MK, Krosch MN, Armstrong KF, Chapman TA, Englezou A, Chomic A, Cameroun SL, Halistones D, Clarke AR (2012) Population structure of *Bactrocera dorsalis* s.s., *B. papayae* and *B. philippinensis* (Diptera:Tephritidae) in southeast asia: Evidence for a single species hypothesis using mitochondrial DNA and wing-shape data. *BMC Evolutionary biology*, 12(1):130.
- Schutze MK, Jessup A, Clarke AR (2012) Wing shape as a potential discriminator of morphologically similar pest taxa within the *Bactrocera dorsalis* species complex (Diptera: Tephritidae). *Bulletion of Entomological Research*, 102(1),103-111.
- Segura DF, Vera MT, Rull J, Wornoayporn V, Islam A, Robinson AS (2011) Assortative mating among *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) hybrids as a possible route to radiation of the fraterculus cryptic species complex. *Biological Journal of the Linnean Society*, 102(2):346-354.

Selivon D & Perondini ALP (2000) Morfologia dos ovos de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha*. In: Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil. Conhecimento básico e aplicado. A Malavasi & RA Zucchi (Eds). Holos Editora, Ribeirão Preto, pp. 49-54.

Silva LN, Lima AL, Xavier SL, Silva WR, Marinho CF, Zucchi RA (2011) *Anastrepha* species (Diptera : Tephritidae), their hosts and parasitoids in southern Amapa state, Brazil, *Biota Neotropical*, 11:429-434.

Sobrinho RB, Mesquita ALM, Enkerlin W, Guimaraes JA, Bandeira CT, Peixoto MJA (2004) Evaluation of fruit fly attractants in the state of Ceará – Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, 35:253-258.

Sookar P, Permalloo S, Gungah B, Alleck M, Seewooruthun SI, Soonnoo AR (2006) An area wide control of fruit flies in Mauritius. In: Proceedings of the 7th International Symposium on fruit flies of economic importance, 10-15 September 2006, Salvador, Brazil, 261-269.

Tan KH, Tokushima I, Ono H, Nishida R (2011) Comparison of phenylpropanoid volatiles in male rectal pheromone gland after methyl eugenol consumption and molecular phylogenetic relationship of four global pest fruit fly species: *Bactrocera invadens*, *B. dorsalis*, *B. correcta* and *B. zonata*. *Chemoecology*, 21(1):25-33.

Van Sauers-Muller A (2005) Host plants of the carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera: Tephritidae), in Surinam, South America. *Neotropical entomology* 34:203-214.

Vargas RI, Mau RFL, Jang EB, Faust RM, Wong L (2008) The Hawaii fruit fly areawide pest management programme. In: Areawide pest management: Theory and implementation, eds. Koul O, Cuperus G & Elliott N, CAB International, 2008, Chapter 16, pp. 300-325.

Vayssières JF, Georgen G, Lokossou O, Dossa P, Akponon C (2005) A new *Bactrocera* species in Benin among mango fruit fly (Diptera: Tephritidae) species. *Fruits* 60, 371-377.

Vayssières JF, Cayol JP, Caplong P, Séguret J, Midgarden D, Van Sauers-Muller A, Zucchi RA, Uramoto K, Malavasi A (2013) Diversity of fruit fly (Diptera : Tephritidae) species in French Guiana: their main host plants and associated parasitoids during the period 1991-2003 and prospects for management. *Fruits* 68:219-243.

Weems HV (1964) Melon Fly (*Dacus cucurbitae* Coquillett) (Diptera Tephritidae). Entomology circular, Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, 29: 1-2.

White IE & Elson-Harris MM (1992) Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. C.A.B. International, Wallingford, 601 pp.

White IE & Elson-Harris MM (1994) Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. C.A.B. International, Wallingford, 601 pp.

Zhang RJ & Hou BH (2005) Assessment on the introduction risk of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) through imported fruits with fuzzy mathematics. *Acta entomologica sinica* 15, 48(2):221-226.

3.2 Normes

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

3.3 Législation et réglementation

Arrêté du 3 septembre 1990 relatif au contrôle sanitaire des végétaux et produits végétaux (version consolidée au 1^{er} mai 2010).

Arrêté du 3 décembre 1991 publié en février 1992 puis consolidé par une nouvelle version au 1^{er} mai 2010 et modifiant l'arrêté du 3 septembre 1990.

Arrêté préfectoral n° 3029 du 25 septembre 1992 relatif à l'interdiction d'introduction de végétaux par les passagers à La Réunion:

Arrêté du 31 juillet 2000 modifié par cinq autres arrêtés datés du 11 mai 2001, 7 février 2002, 13 février 2002, 11 juillet 2002 et 25 août 2011 établissant la liste des organismes nuisibles aux végétaux, produits végétaux et autres objets soumis à des mesures de lutte obligatoire.

Arrêté préfectoral n°2011/1479 du 30 septembre 2011 (Annexes I (chapitre 1) et Annexe IV : 11) fixant les conditions phytosanitaires requises pour l'introduction sur le territoire de l'île de La Réunion de végétaux, produits végétaux et autres objets

Arrêté préfectoral n°2013-443 du 28 mars 2013 modifiant l'arrêté préfectoral n°2011/1479 du 30 septembre 2011.

Arrêté préfectoral n°2013/138 du 24 juillet 2013 modifiant l'arrêté préfectoral n°2011/1479 du 30 septembre 2011.

Arrêté préfectoral n°2014/3327 du 28 avril 2014 relatif à l'interdiction d'introduction de végétaux par les passagers exprimée dans l'arrêté préfectoral n° 3029 du 25 septembre 1992

Décision DAAF/SALIM AL 1300631 du 15 mars 2013 relative à la nécessité de la demande d'ATI est nécessaire pour toute importation de fruits et légumes frais en provenance de Madagascar.

Note de service n° 8079 de la DGAL du 9 mai 1997 relative aux conditions nécessaires en vue de la constitution des dossiers de demande d'importation (dérogations) à titre commercial de végétaux ou de produits végétaux.

Note de service n° 8144 de la DGAL du 17 septembre 1997 relatif aux végétaux, produits végétaux et autres objets originaires de France métropolitaine et des autres états de la Communauté européenne dont l'introduction est subordonnée à la présentation d'un certificat phytosanitaire (donnée par le pays d'origine) et au contrôle du service de la PV des DOM.


Note de la DG-DAAF à La Réunion datée du 18 avril 2013, relative au contrôle phytosanitaire aux frontières.

Note de service de la DGAL/SALIM datée du 22 avril 2013 relative à la mise en œuvre du dispositif d'autorisations techniques préalables à l'importation (ATI).

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine

2012 -SA- 0 1 6 2



LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

COURRIER ARRIVE
05 JUL. 2012
DIRECTION GENERALE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'AGROALIMENTAIRE

Direction Générale de l'Alimentation
Service de la prévention des risques sanitaires de la production primaire
Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des Végétaux
Bureau des Semences et de la Santé des Végétaux
 Adresse : 251, rue de Vaugirard
 75 732 PARIS CEDEX 15
 Dossier suivi par : Olivier Dufour
 Tél. : 01 49 55 81 64 / Fax : 01 49 55 59 49
 Courriel institutionnel :
bssv.sdqpv.dgal@agriculture.gouv.fr

Le Directeur Général de l'Alimentation
à
Monsieur le Directeur Général
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
 253 avenue du Général Leclerc
 94701 Maisons Alfort cedex

Réf. Interne : BSSV/2012- **07 - 005** Paris, le **- 2 JUL. 2012**

Objet : Demande de réalisation d'une hiérarchisation des mouches *Tephritidae* les plus menaçantes pour les zones tropicales ultra-marines et notamment La Réunion.

La Direction de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DAAF) de la Réunion nous a fait part de ses interrogations quant aux risques phytosanitaires importants liés à l'introduction de mouches des fruits exogènes devenant trop souvent de nouveaux ravageurs pour les cultures locales.

Aujourd'hui le réseau d'épidémiologie local et les nombreux travaux de recherche du CIRAD démontrent que seules 9 espèces de *Tephritidae* sont présentes à la Réunion.

Afin de maintenir ce bon niveau phytosanitaire, l'arrêté préfectoral n°2011/1479 du 30 septembre 2011 (Annexe IV : 11) demande notamment à ce qu'il soit attesté que les fruits importés sont originaires d'une région connue comme exempte de *Tephritidae* (à l'exception des 9 espèces déjà présentes localement), ou aient été soumis à un traitement adéquat (ce qui en pratique est souvent incompatible avec la fragilité des fruits). Le grand nombre d'espèces de *Tephritidae* et leur large répartition mondiale font que les services certificateurs, aussi bien les SRAL en métropole que les services phytosanitaires des pays tiers, ont beaucoup de difficultés à apporter ces garanties.

Il apparaît opportun et urgent de répondre avec plus de précision aux questions suivantes :

- 1/- Afin de répondre à l'impératif de protection des cultures sans entraver inutilement le commerce et priver la Réunion de ses approvisionnements en fruits et légumes, quelles mouches des fruits auraient un impact significatif sur les cultures réunionnaises si elles étaient introduites ?
- 2/- Considérant les flux commerciaux entrant à La Réunion, quelles mesures aux frontières (y compris interdiction, certification sur l'origine, traitement post récolte) sont appropriées pour protéger le territoire des mouches qui seront identifiées au point 1 ?

1/2

Aussi dans ce contexte, je vous demande de procéder à la hiérarchisation des mouches *Tephritidae* non présentes à la Réunion, et de procéder de même dans les autres DOM tropicaux : Mayotte, Guadeloupe, Martinique et Guyane.

Cette hiérarchisation pourrait permettre d'adapter d'ores et déjà plus finement la politique des contrôles à l'importation dans les régions françaises tropicales ultra-marines dans l'attente du travail à venir de hiérarchisation de l'ensemble des organismes nuisibles listés pour les DOM.

Je vous saurais gré de bien vouloir me faire part des résultats de cette analyse **avant le 30 juin 2013**.

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

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

Le Directeur Général de l'Alimentation

Patrick DEHAUMONT

Copie : DAAF Réunion, Guadeloupe, Martinique, Guyane et Mayotte, les experts pour la DGAL
Sophie Szilvasi, Bertrand Bourgouin et Pierre Ehret.

2/2

Annexe 2 : Liste rouge

La liste rouge rassemble les 224 espèces de Tephritidae retenues par le GT, susceptibles de représenter un danger économique dans le cas d'une introduction à la Réunion.

Genre	Espèces		
<i>Adrama</i>	<i>apicalis</i>		
<i>Anastrepha</i>	<i>acris</i>	<i>antunesi</i>	<i>bahiensis</i>
	<i>bezzii</i>	<i>bistrigata</i>	<i>consobrina</i>
	<i>daciformis</i>	<i>distincta</i>	<i>ethalea</i>
	<i>fraterculus</i>	<i>grandis</i>	<i>leptozona</i>
	<i>limae</i>	<i>ludens</i>	<i>macrura</i>
	<i>margarita</i>	<i>mburucuyae</i>	<i>minensis</i>
	<i>nigrifascia</i>	<i>obliqua</i>	<i>ocresia</i>
	<i>ornata</i>	<i>pallidipennis</i>	<i>panamensis</i>
	<i>parishi</i>	<i>passiflorae</i>	<i>perdita</i>
	<i>pseudoparallela</i>	<i>punctata</i>	<i>rheediae</i>
	<i>sagittata</i>	<i>schultzi</i>	<i>serpentina</i>
	<i>sororcula</i>	<i>steyskali</i>	<i>striata</i>
	<i>suspensa</i>	<i>turicai</i>	<i>zenildae</i>
<i>Anomoia</i>	<i>purmunda</i>		
<i>Bactrocera</i>	<i>albistrigata</i>	<i>aquilonis</i>	<i>arecae</i>
	<i>atrisetosa</i>	<i>biguttula</i>	<i>breviaculeus</i>
	<i>bryoniae</i>	<i>cacuminata</i>	<i>calophylli</i>
	<i>carambolae</i>	<i>caryeae</i>	<i>caudata</i>
	<i>cilifera</i>	<i>correcta</i>	<i>cucumis</i>
	<i>cucurbitae</i>	<i>curvipennis</i>	<i>decepiens</i>
	<i>depressa</i>	<i>distincta</i>	<i>diversa</i>
	<i>dorsalis</i>	<i>duplicata</i>	<i>endiandrae</i>
	<i>expandens</i>	<i>facialis</i>	<i>frauenfeldi</i>
	<i>froggatti</i>	<i>halfordiae</i>	<i>incisa</i>
	<i>invadens</i>	<i>jarvisi</i>	<i>kirki</i>
	<i>kraussi</i>	<i>latifrons</i>	<i>limbifera</i>
	<i>mayi</i>	<i>mcgregori</i>	<i>melanoscutata</i>
	<i>melanotus</i>	<i>melas</i>	<i>minax</i>
	<i>moluccensis</i>	<i>munda</i>	<i>musae</i>
	<i>mutabilis</i>	<i>neohumeralis</i>	<i>nigra</i>
	<i>nigrotibialis</i>	<i>nigrovittata</i>	<i>obliqua</i>
	<i>occipitalis</i>	<i>ochrosiae</i>	<i>oleae</i>
	<i>opiliae</i>	<i>pallida</i>	<i>papayae</i>
	<i>passiflorae</i>	<i>philippinensis</i>	<i>psidii</i>
	<i>scutellaris</i>	<i>scutellata</i>	<i>simulata</i>

	<i>tau</i> <i>trimaculata</i> <i>tsuneonis</i> <i>xanthodes</i>	<i>trilineata</i> <i>trivialis</i> <i>umbrosa</i> <i>zonata</i>	<i>trilineola</i> <i>tryoni</i> <i>versicolor</i>
<i>Callistomyia</i>	<i>flavilabris</i>		
<i>Capparimyia</i>	<i>savastani</i>		
<i>Carpomya</i>	<i>incompleta</i> <i>zizyphae</i>	<i>pardalina</i>	<i>vesuviana</i>
<i>Ceratitis</i>	<i>aliena</i> <i>catoirii</i> <i>discussa</i> <i>giffardi</i> <i>morstatti</i> <i>quinaria</i> <i>silvestrii</i>	<i>anoniae</i> <i>colae</i> <i>fasciventris</i> <i>malgassa</i> <i>penicillata</i> <i>rosa</i> <i>turneri</i>	<i>capitata</i> <i>cosyra</i> <i>flexuosa</i> <i>manjakatempo</i> <i>punctata</i> <i>rubivora</i>
<i>Dacus</i>	<i>aequalis</i> <i>aaxanus</i> <i>ciliatus</i> <i>etiennellus</i> <i>hamatus</i> <i>inflatus</i> <i>maynei</i> <i>petioliformus</i> <i>rufoscutellatus</i> <i>vansomereni</i>	<i>africanus</i> <i>bistrigatus</i> <i>demmerezi</i> <i>eumenoides</i> <i>humeralis</i> <i>nornatus</i> <i>momordicae</i> <i>punctatifrons</i> <i>smieroides</i> <i>vertebratus</i>	<i>armatus</i> <i>bivittatus</i> <i>disjunctus</i> <i>frontalis</i> <i>hyalobasis</i> <i>lounsburyii</i> <i>pallidilatus</i> <i>retexus</i> <i>telfaireae</i> <i>yangambinus</i>
<i>Dirioxa</i>	<i>pornia</i>		
<i>Monacrostichus</i>	<i>citricola</i>		
<i>Neoceratitis</i>	<i>asiatica</i>	<i>cyanescens</i>	
<i>Nitrariomyia</i>	<i>lukjanovitshi</i>		
<i>Oedicarena</i>	<i>latifrons</i>		
<i>Rhagoletis</i>	<i>alternata</i> <i>berberidis</i> <i>boycei</i> <i>completa</i> <i>electromorpha</i> <i>flavigenualis</i> <i>juniperina</i> <i>mendax</i> <i>pomonella</i> <i>ribicola</i>	<i>basiola</i> <i>berberis</i> <i>cerasi</i> <i>conversa</i> <i>fausta</i> <i>indifferens</i> <i>lycopersella</i> <i>mongolica</i> <i>psalida</i> <i>striatella</i>	<i>batava</i> <i>blanchardi</i> <i>cingulata</i> <i>cornivora</i> <i>ferruginea</i> <i>juglandis</i> <i>meigenii</i> <i>nova</i> <i>ramosae</i> <i>suavis</i>

	<i>tabellaria</i>	<i>tomatis</i>	<i>turanica</i>
	<i>zephyria</i>	<i>zoqui</i>	
<i>Rhagoletotrypeta</i>	<i>uniformis</i>		
<i>Taomyia</i>	<i>marshalli</i>		
<i>Toxotrypana</i>	<i>curvicauda</i>		
<i>Trirhithrum</i>	<i>abomaculatum</i>	<i>basale</i>	<i>coffeae</i>
	<i>inscriptum</i>	<i>manganum</i>	<i>nigerrimum</i>
	<i>nigrum</i>	<i>occipitale</i>	
<i>Zonosemata</i>	<i>electa</i>		

ANNEXE 3 : Expertise sur le risque climatique pour la Réunion vis-à-vis des seize espèces de Tephritidae sélectionnées par le GT

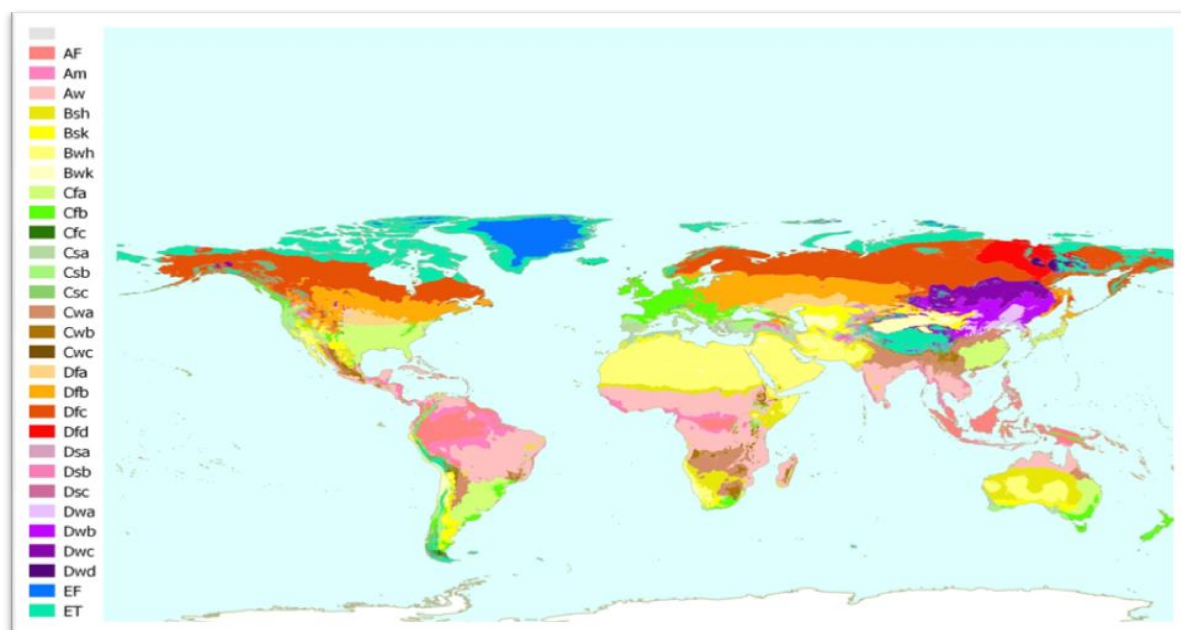
(Note du GT : Cette expertise a contribué à la caractérisation du critère « risque d'établissement en fonction du climat » de la matrice initiale (comme indiqué page 32)

1. Méthode de travail

a. Climat

Compte tenu du nombre d'espèces de Tephritidae à étudier, il n'a pas été possible de mettre en place une modélisation bioclimatique sophistiquée (avec MAXENT ou CLIMEX par exemple) pour chacune d'entre elles. Une approche plus pragmatique a été retenue, en utilisant la **classification climatique de Koeppen-Geiger**.

Il s'agit d'une classification des climats, fondée sur les précipitations et les températures. C'est Wladimir Peter Koeppen qui l'a inventée dans les années 1920. Un très grand nombre d'études climatiques et de publications ont adopté une des versions du système. La plus courante des versions est celle présentée par Rudolf Geiger en 1961. La carte de Koeppen-Geiger reste aujourd'hui une référence, grâce à des mises à jour fréquentes, tant dans les domaines de l'hydrologie, de la géographie, de l'agriculture, de la biologie et de la climatologie à travers les recherches sur l'évolution des climats. La plupart des cartes actuellement disponibles sont cependant à une échelle géographique insuffisante pour une étude précise portant sur des territoires de faible surface, comme les DROM-COM. C'est pourquoi nous avons utilisé le travail de De Bie *et al.* (2007) qui ont utilisé la base de données WorldClim (Hijmans *et al.* (2005)) qui porte sur la période 1950-2000. Ces auteurs ont conservé les critères de Koeppen-Geiger sans aucune modification. La très haute résolution des données climatiques leur permet de fournir une carte avec une résolution de 1km² pour le monde entier (**carte 1**).



Carte 1 : Classification climatique haute résolution de Koeppen-Geiger (De Bie *et al.* (2007))

La classification de Koeppen-Geiger répartit les climats en cinq grandes classes (A, B, C, D et E) et en vingt-neuf sous-classes¹⁷. La délimitation de chaque classe correspond à la satisfaction d'un critère de caractérisation, soit purement thermique, soit correspondant à une combinaison de la température de l'air et de la pluviométrie (**tableau 1**).

Code	Type	Description
A	Climat tropical	<ul style="list-style-type: none"> ■ Température moyenne de chaque mois de l'année > 18 °C ■ Pas de saison hivernale ■ Fortes précipitations annuelles (supérieure à l'évaporation annuelle)
B	Climat sec	<ul style="list-style-type: none"> ■ Evaporation annuelle supérieure aux précipitations annuelles ■ Aucun cours d'eau permanent
C	Climat tempéré chaud	<ul style="list-style-type: none"> ■ Températures moyennes des 3 mois les plus froids comprises entre -3 °C et 18 °C ■ Température moyenne du mois le plus chaud > 10 °C ■ Les saisons été et hiver sont bien définies
D	Climat tempéré froid	<ul style="list-style-type: none"> ■ Température moyenne du mois le plus froid < -3 °C ■ Température moyenne du mois le plus chaud > 10 °C ■ Les saisons été et hiver sont bien définies
E	Climat polaire	<ul style="list-style-type: none"> ■ Température moyenne du mois le plus chaud < 10 °C ■ La saison d'été est très peu marquée

Tableau 1 : Type climatique selon la classification de Koeppen-Geiger

¹⁷ Les sous-classes ne sont pas utilisées dans cette étude car la répartition de la pluviométrie sur cette île au relief complexe n'est pas correctement modélisée.

Le travail de De Bie *et al.* (2007) permet de disposer à l'échelle mondiale et à très haute résolution de la localisation des classes de la classification de Koeppen-Geiger. Ainsi par exemple, l'île de La Réunion comprend 36,6% de son territoire dans la classe A (tropicale) (**Figure 1**).

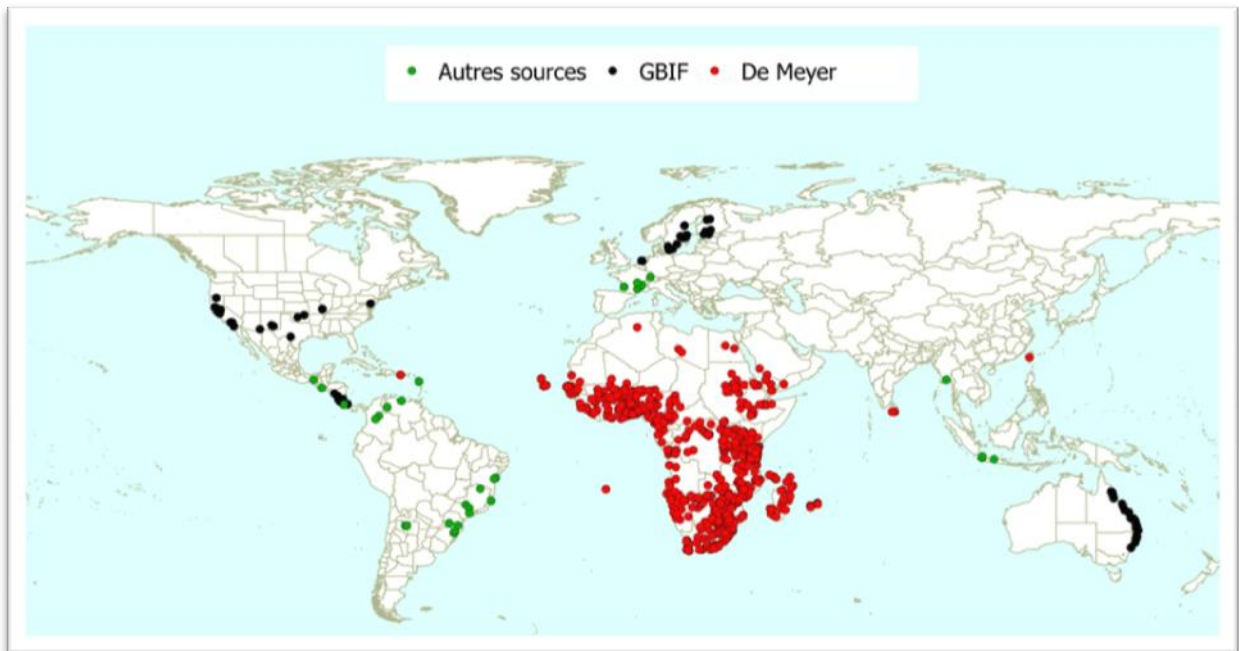
b. Tephritidae

Nous avons collecté le signalement géographique précis de spécimens appartenant aux seize espèces de Tephritidae retenues dans les filières d'importation à l'île de La Réunion (avec latitude et longitude) à partir de différentes sources muséologiques ou bibliographiques :

- Base de données des Tephritidae Afrotropicaux (Marc De Meyer - Head, Entomology Section, Royal Museum for Central Africa, Tervuren, Belgique)
- Base de données GBIF (GBIF Data Portal, data.gbif.org, consulté le 2014-03-18)
- Publications scientifiques : Boykin *et al.* (2006), Chavarria *et al.* (2009), Ovruski *et al.* (2010) et Smith-Caldas *et al.* (2001)
- QBank Arthropods (<http://www.q-bank.eu/Arthropods/DefaultInfo.aspx?Page=Home>)

Au total, 3.648 spécimens ou signalements ont été recueillis pour 1.601 lieux différents¹⁸ et utilisés pour en déduire les zones climatiques préférentielles des seize espèces (**carte 2**). Les signalements collectés (**tableau 2**) ne sont pas forcément représentatifs de la répartition totale des Tephritidae car la plupart des signalements nationaux disponibles dans la littérature internationale ne sont pas accompagnés de leurs coordonnées géographiques. Les signalements proviennent majoritairement (89%) de la base de données de De Meyer.

¹⁸ Plusieurs spécimens pouvant avoir été capturés au même endroit, la localisation n'est comptabilisée qu'une seule fois dans la suite de cette étude



Carte 2 : Répartition des signalements de Tephritidae selon les sources

	Nombre de signalements
Boykin et al. (2006)	9
<i>Anastrepha fraterculus</i>	9
Chavarria et al. (2009)	1
<i>Anastrepha fraterculus</i>	1
De Meyer (2013)	3.244
<i>Bactrocera invadens</i>	809
<i>Bactrocera dorsalis</i>	1
<i>Ceratitis cosyra</i>	554
<i>Dacus vertebratus</i>	551
<i>Ceratitis malgassa</i>	42
<i>Ceratitis quinaria</i>	118
<i>Dacus frontalis</i>	157
<i>Ceratitis rosa</i>	742
<i>Dacus lounsburyi</i>	55
<i>Ceratitis rubivora</i>	215
GBIF	373
<i>Anastrepha obliqua</i>	30
<i>Bactrocera tryoni</i>	142
<i>Rhagoletis cerasi</i>	25
<i>Rhagoletis cingulata</i>	23

<i>Rhagoletis completa</i>	153
Ovruski et al. (2010)	1
<i>Anastrepha fraterculus</i>	1
Q-Bank Arthropods	12
<i>Anastrepha obliqua</i>	2
<i>Bactrocera dorsalis</i>	4
<i>Rhagoletis cerasi</i>	1
<i>Rhagoletis completa</i>	5
Smith-Caldas et al. (2001)	8
<i>Anastrepha fraterculus</i>	8
Total général	3.648

Tableau 2 : Répartition des signalements de Tephritidae selon les sources d'information

c. Croisement des données

Pour chaque localisation géographique, le type climatique (classe et sous-classe de Koeppen-Geiger) a été noté. Puis, un « profil » climatique a été identifié pour chacune des seize espèces de Tephritidae en calculant le pourcentage de chaque classe et sous-classe climatique. Le nombre de signalements par espèce de Tephritidae est indiqué dans le **Tableau 3**.

Espèces de Tephritidae	Nombre de signalements retenus pour l'étude climatique
<i>Anastrepha fraterculus</i>	19
<i>Anastrepha obliqua</i>	32
<i>Bactrocera dorsalis</i>	5
<i>Bactrocera invadens</i>	809
<i>Bactrocera tryoni</i>	142
<i>Ceratitis cosyra</i>	554
<i>Ceratitis malgassa</i>	42
<i>Ceratitis quinaria</i>	118
<i>Ceratitis rosa</i>	742
<i>Ceratitis rubivora</i>	215
<i>Dacus frontalis</i>	157
<i>Dacus lounsburyii</i>	55
<i>Dacus vertebratus</i>	551

<i>Rhagoletis cerasi</i>	26
<i>Rhagoletis cingulata</i>	23
<i>Rhagoletis completa</i>	158
Total général	3.648

Tableau 3 : nombre de signalements retenus par espèce de Tephritidae

2. Résultats

a. Profil climatique de La Réunion

L'île de La Réunion comprend une part importante de sa surface en zone C, le reste étant occupé par la classe A (**figure 1**). Les classes B, D et E ne sont pas représentées.

	Grandes classes climatiques	
	A	C
Reunion	36,6%	63,4%

Figure 1 : Proportion (en surface) pour La Réunion des grandes classes de la classification de Koeppen-Geiger

b. Profil climatique des seize Tephritidae

La **figure 2** fournit une synthèse par grandes classes climatiques. Si l'on considère les cinq grandes classes climatiques, nous distinguons quatre groupes d'espèces :

- 1) trois espèces sont plutôt de type A
- 2) quatre espèces sont plutôt de type A et C
- 3) deux espèces ne montrent pas de type prédominant entre A, B et C
- 4) sept espèces sont plutôt de type C (ou D)

	Espèces	A	B	C	D	E	Nb de localisations	Nb de signalements	A+C	Note de risque
1)	<i>Anastrepha obliqua</i>	100%	0%	0%	0%	0%	19	809	100%	3
	<i>Bactrocera invadens</i>	84%	8%	8%	0%	0%	448	554	92%	3
	<i>Bactrocera dorsalis</i>	80%	0%	20%	0%	0%	5	5	100%	3
	<i>Ceratitis cosyra</i>	61%	5%	34%	0%	0%	244	551	95%	3
2)	<i>Anastrepha fraterculus</i>	53%	0%	47%	0%	0%	19	32	100%	3
	<i>Dacus vertebratus</i>	47%	13%	41%	0%	0%	270	215	87%	3
	<i>Ceratitis malgassa</i>	43%	0%	57%	0%	0%	21	42	100%	3
3)	<i>Ceratitis rosa</i>	28%	4%	67%	0%	0%	204	157	96%	3
	<i>Ceratitis quinaria</i>	28%	38%	34%	0%	0%	71	118	62%	2
	<i>Bactrocera tryoni</i>	24%	0%	76%	0%	0%	51	19	100%	3
	<i>Dacus frontalis</i>	20%	42%	38%	0%	0%	93	142	58%	2
	<i>Dacus lounsburyi</i>	20%	0%	80%	0%	0%	35	55	100%	3
4)	<i>Ceratitis rubivora</i>	19%	1%	78%	0%	1%	67	742	97%	3
	<i>Rhagoletis cingulata</i>	0%	0%	100%	0%	0%	2	23	100%	3
	<i>Rhagoletis completa</i>	0%	22%	78%	0%	0%	32	158	78%	3
	<i>Rhagoletis cerasi</i>	0%	0%	50%	50%	0%	20	26	50%	2
							1601	3648		

Figure 2 : Profils climatiques (en % de signalement par classe climatique) des seize espèces de Tephritidae en fonction des cinq grandes classes de la classification de Koeppen-Geiger et note de risque associée. Par exemple, les dix-neuf localisations géographiques d'*Anastrepha obliqua* sont toutes (100% des cas) situées dans la classe climatique A. Cette espèce est considérée comme présentant un risque de niveau 3 car son optimum climatique correspond totalement à celui de La Réunion.

c. Risque climatique pour La Réunion

La topographie montagneuse de La Réunion génère une certaine variabilité climatique ce qui rend plus complexe l'évaluation du risque. Cependant, on peut noter que toutes les mouches des fruits étudiées ici sont susceptibles de rencontrer des conditions climatiques favorables à leur établissement sur l'île de La Réunion dans au moins l'une des deux grandes zones climatiques de Koeppen-Geiger. *A. obliqua*, *B. invadens*, *B. dorsalis* ont une plus grande probabilité de s'installer à faible altitude. *C. rubivora*, *R. cingulata*, *R. completa* et *R. cerasi* resteront plutôt confinées aux zones d'altitude. Les autres espèces montrent une plasticité écologique plus importante et elles pourront potentiellement s'établir dans la plupart des zones climatiques de l'île de La Réunion.

Pour définir les notes relatives au critère « risque d'établissement en fonction du climat » de la matrice, nous avons cumulé les % des colonnes A et C pour chaque espèce, qui sont les deux classes représentées à la Réunion, mais sans faire de pondération. La note finale de risque est déterminée selon la règle suivante :

- note 1 : risque faible (0 à 33 %)
- note 2 : risque moyen (34 à 66 %)
- note 3 : risque élevé (67 à 100 %).

3. Conclusion

Le climat considéré ici en fonction de cinq grandes classes climatiques, ne fournit pas un critère de hiérarchisation très puissant, étant donné que les conditions environnementales très variées de l'île de La Réunion permettent potentiellement un établissement au moins localisé de toutes les espèces de mouches des fruits étudiées. Pour améliorer la prévision, il conviendrait d'étudier plus finement et individuellement les besoins climatiques de chacune des espèces (sous réserve qu'ils soient connus), ce qui n'était pas possible dans le cadre limité de cette étude.

Bibliographie

de Bie C.A.J.M., Skidmore A.K., Toxopeus B., Venus V. "An updated Köppen–Geiger climate classification of the world using very high resolution interpolated climate surfaces of monthly P and T data from 1950 to 2000." *ITC News* 4 (2007): 16-17.

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas." *International journal of climatology* 25.15 (2005): 1965-1978.

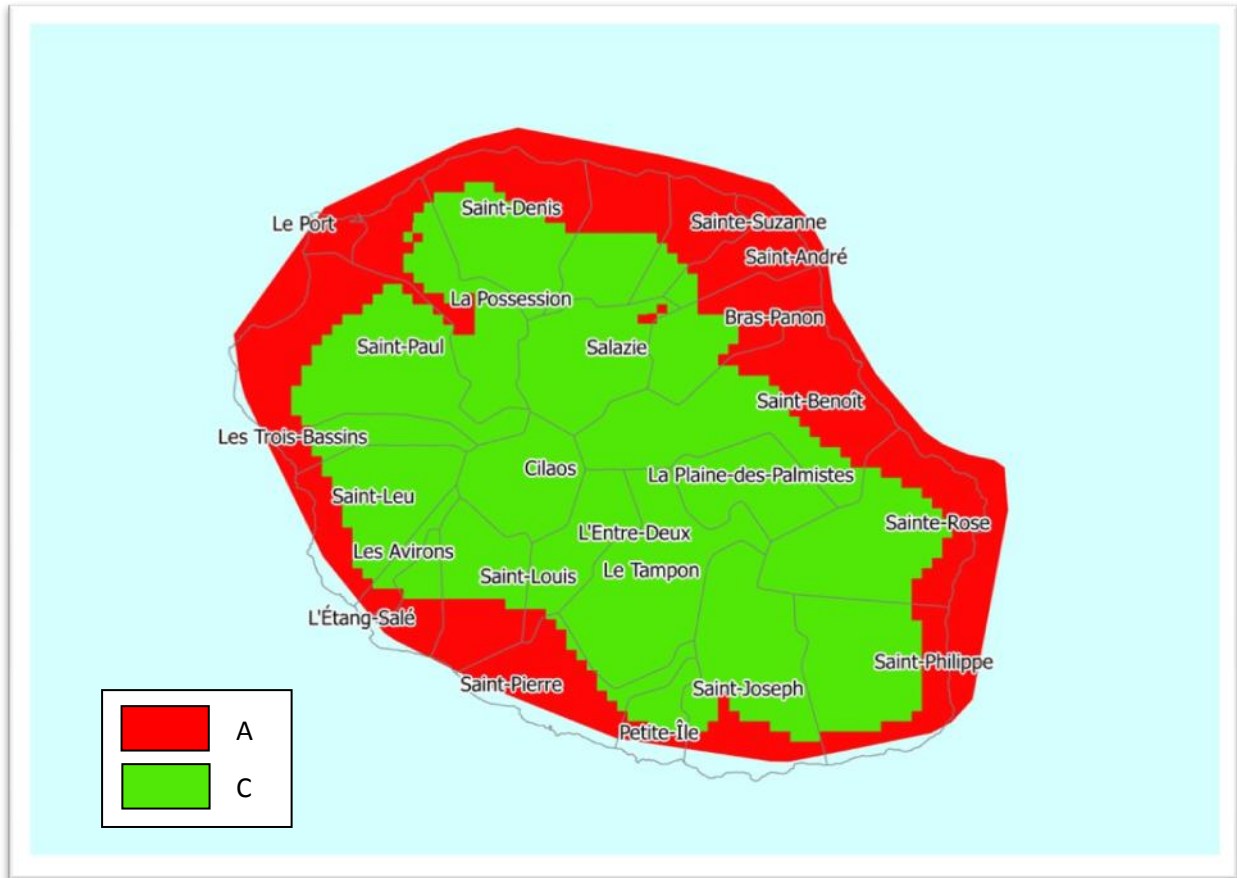
Boykin, L. M., Shatters, R. G., Hall, D. G., Burns, R. E., & Franqui, R. A. "Analysis of host preference and geographical distribution of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) using phylogenetic analyses of mitochondrial cytochrome oxidase I DNA sequence data." *Bulletin of entomological research* 96.05 (2006): 457-469.

Chavarria, G., Zart, M., Botton, M., dos Santos, H. P., & Marodin, G. A. B. "Flutuação populacional de adultos de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) em cultivo protegido e convencional de videira." *Revista Brasileira de Fruticultura* 31 (2009): 725-731.

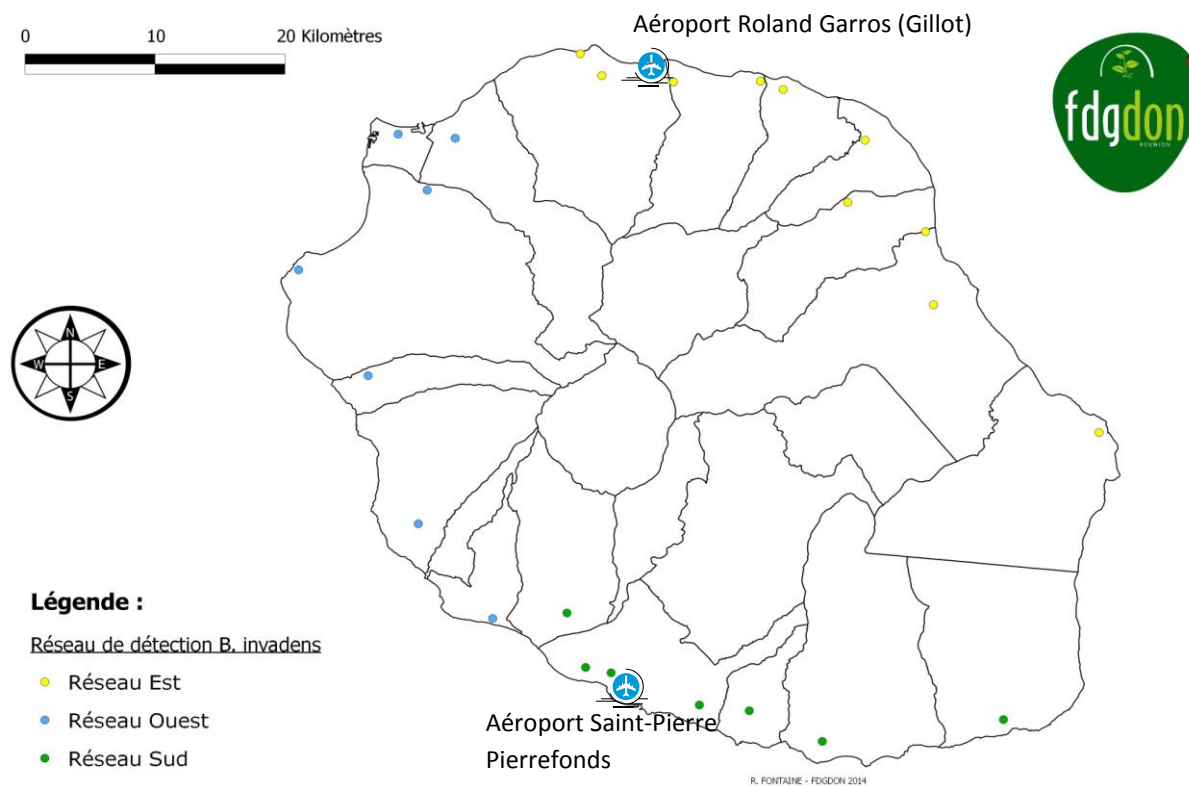
Ovruski, S. M., Schliserman, P., Van Nieuwenhove, G. A., Bezdjian, L. P., Núñez-Campero, S., & Albornoz-Medina, P. "Occurrence of *Ceratitidis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) on cultivated, exotic fruit species in the highland valleys of Tucuman in Northwest Argentina." *Florida entomologist* 93.2 (2010): 277-282.

Smith-Caldas, M. R., Mcpherson, B. A., Silva, J. G., & Zucchi, R. A. "Phylogenetic relationships among species of the *fraterculus* group (*Anastrepha*: Diptera: Tephritidae) inferred from DNA sequences of mitochondrial cytochrome oxidase I." *Neotropical Entomology* 30.4 (2001): 565-573.

Annexe 1 : Cartographie de La Réunion selon les grandes classes de la classification de Koeppen-Geiger (De Bie *et al.* (2007))



ANNEXE 4 : Réseau de piégeage de *B. invadens* à La Réunion en 2014 (source : FDGDON Réunion)



L'emplacement des aéroports ne figure pas sur la carte de base ; il a été ajouté par le GT.

ANNEXE 5 : Photographie d'un piège *in situ* et fiche technique du couvercle Topprotect (source : FDGDON Réunion- A.S. Dupuis)



Piège en situation sur *Prunus* 'Cœur de 'bœuf'

SEDQ

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE DESARROLLOS QUIMICOS, S. L.



con la feromona o atrayente adecuado para cada especie.

La eficacia de TOPPROTECT depende de las condiciones de temperatura. En condiciones normales es de más de 120 días.

**TOPPROTECT
(FERAG I T™)**

TAPA INSECTICIDA
PARA EL SEGUIMIENTO DEL VUELO Y
TRAMPEO MASIVO
DE INSECTOS DIVERSOS MEDIANTE
ATRAYENTES.



Disposición de TOPPROTECT en una trampa mosquero

PRODUCTO

El producto TOPPROTECT es una tapa de trampa mosquero impregnada con un insecticida de contacto (Deltametrina). La substancia activa insecticida está adsorbida en la parte interior de la tapa sobre el plástico translúcido.

El contenido en insecticida es de 12 mg de deltametrina.

La deltametrina es un insecticida de contacto admitido en los reglamentos de agricultura ecológica para su uso dentro de una trampa (CE834/2007 y CE2092/91).



TOPPROTECT

USOS Y APLICACIÓN

El producto TOPPROTECT se emplea en el seguimiento del vuelo y en el control mediante trapeo masivo de diferentes insectos frugívoros como tapa de una trampa mosquero. Se usa junto

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

El producto TOPPROTECT va envasado en bolsas de 25 unidades. El material del envase es impermeable al insecticida.

El producto TOPPROTECT se dispone como tapa de una trampa mosquero. El dispositivo completo se cuelga de la rama de un árbol del cultivo objetivo de control.



Disposición de la trampa mosquero con la tapa TOPPROTECT en un olivo.

Evitar el contacto con la parte interior de la tapa.

SEDQ

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE DESARROLLOS QUIMICOS, S. L.



Se recomienda guardar el producto en sus envases originales, sin abrirlos, hasta el momento de su uso. En estas condiciones el producto puede ser guardado durante un periodo de dos años.

A pesar de que la substancia activa (la deltametrina) tiene un carácter tóxico, no se presentan riesgos de toxicidad en el manejo normal del producto para las personas, animales o plantas ya que el preparado está situado en el interior de una trampa y no es posible el contacto. Por la

misma razón, los riesgos de contaminación de las aguas y suelos son a descartar.

No obstante las características particulares del producto que evitan el contacto directo con el material impregnado de deltametrina, se recomienda el empleo de guantes en el manejo de los difusores.

Los difusores usados y sus envases han de ser gestionados de acuerdo con la legislación vigente.

FABRICANTE



SEDQ
Avda. Diagonal, 352, entlo.
08013 Barcelona
tel. 00 34 93 4584000
fax 00 34 93 4584007

sedq.jc.mb.15.07.10
f.fl.caa.rev.1

ANNEXE 6 : Plan d'action d'urgence pour la région de l'océan Indien pour les mouches des fruits exotiques (Version finale du 12 juin 2013)

Indian Ocean Region Emergency Action Plan for Exotic Fruit Flies

1. GENERAL INFORMATION3
 - 1.1. Action statement3
 - 1.2. Pest profiles of *Bactrocera invadens* and *Bactrocera dorsalis*4
 - 1.2.1. *Bactrocera invadens*4
 - 1.2.2. *Bactrocera dorsalis*6
2. SURVEY PROTOCOL7
 - 2.1. Early detection7
 - 2.2. Delimiting survey8
 - 2.3. Fruit sampling10
3. QUARANTINE10
4. ERADICATION PROCEDURES11
5. IDENTIFICATION & INFORMATION FLOW13
 - 5.1. Identification13
6. SEQUENCE OF EVENTS13



7. TRAPPING DENSITIES AND ERADICATION ACTIONS FOR NON METHYL EUGENOL
RESPONDING SPECIES14

7.1 Trapping densities during delimiting surveys for cuclure and trimedlure or enriched ginger root oil
responding flies14

7.2 Eradication actions for cuclure and trimedlure or enriched ginger root oil responding flies15

8. STOCK OF MATERIALS REQUIRED IN PREPAREDNESS OF ERADICATION AND
MONITORING15

9. REFERENCES16

1. GENERAL INFORMATION

1.1. Action statement

The Indian Ocean Region emergency action plan for exotic fruit flies is a common recommended protocol for all Indian Ocean member states for survey, containment and eradication of exotic fruit flies following detection in an area within an existing surveillance network. The recommended protocol is adapted from the IAEA/FAO *Bactrocera zonata* action plan and the South African action plan for the control of *Bactrocera invadens* Drew Tsuruta and White

Under the memorandum of understanding to strengthen sub regional cooperation for preventing the invasion of exotic fruit fly species and improving the control of existing species between the Republic of France and Republic of Madagascar and Republic of Mauritius and Republic of Mozambique and Republic of Seychelles and the United Republic of Tanzania, the Parties acknowledge that among the identified Tephritid fruit flies, the species with the highest risk of becoming pervasive are *Bactrocera invadens* recently introduced and existing in some parts of Sub-Saharan Africa, particularly, in some of the Indian Ocean Islands, in addition to *Bactrocera cucurbitae*, *Bactrocera zonata* and some *Ceratitidis* species which are already pervasive in the region.

Under the Indian Ocean Commission Regional Fruit Fly Programme (1997-2000), *Bactrocera dorsalis* was considered at high risk of introduction for all member states of the Indian Ocean.

In the core of this emergency action plan for exotic fruit flies, recommendations were provided for *B. invadens* and *B. dorsalis* which respond to the male attractant methyl eugenol. Trapping densities and eradication actions recommended for *B. invadens* and *B. dorsalis* will be similar to other methyl eugenol responding species such as *B. zonata*. For other exotic fruit flies which do not respond to methyl eugenol and are at high risk of introduction to specific member states, supplementary recommendations on trapping densities and eradication actions were provided for two groups of exotic fruit flies: cuelure responding flies and trimedlure/enriched ginger root oil responding flies.

A Steering Committee should be set up in each country for detection survey and management of actions relating to exotic fruit flies. The Steering Committee will ensure financial and resource management and oversee communication, co-ordination of actions and decision making in response to exotic fruit fly detection. Notifications to the international community will be done by the National Plant Protection Organisation (NPPO) in accordance with the requirements of the World Trade Organisation Sanitary Phytosanitary Standards (SPS) Agreement, the International Plant Protection Convention (IPPC) and relevant International Standards Phytosanitary Measures (ISPM), with which the national

phytosanitary standard and operating procedures for pest reporting are aligned. The Steering Committee will be informed of the notifications.

The Steering Committee should consist of officials from the NPPO, representatives from major affected industries, representatives of related ministries and other major stakeholders. The Steering Committee should be chaired by the authority at the NPPO.

1.2. Pest profiles of *Bactrocera invadens* and *Bactrocera dorsalis*

1.2.1. *Bactrocera invadens*

1.2.1.1. Origin and distribution

Bactrocera invadens originates from Asia and has invaded various parts of Africa, including recently some southern African regions. The pest is also present in three Indian Ocean countries/islands: Comores, Mayotte and Madagascar. *B. invadens* is closely related to *B. dorsalis*.

1.2.1.2. Host Range

B. invadens is a polyphagous species and has to date been recorded from a large number of host species. The host list is compiled Annex 1a and is mainly derived from field studies conducted in different countries in Africa. It must be noted that information on the maturity stages of the hosts listed were not always provided. In addition for some commercial hosts listed for *B. invadens*, information on the cultivated variety was not always stated. Commercial fruit which are affected by *B. invadens* in Africa include fruit for export such mango and citrus.

The hosts listed should be inspected and regulated in the case of a *B. invadens* find. The host list presented below is not exhaustive and can still expand.

1.2.1.3. Demography

The mean generation time for *B. invadens* was found to be 30.7 days at $28 \pm 1^\circ \text{C}$ (Rwomushana *et al.*, 2008). However, generation time is largely dependent on temperature. In order to determine phenological events in the field for monitoring and eradication purposes, it is important to determine the temperature-development rate of the pest. The developmental rates of *B. invadens* were determined at five constant temperatures of 15°C , 20°C , 25°C , 30°C and 35°C and a photoperiod of L12:D12. . The table below gives the mean total pre-imaginal developmental time (egg to pupa) (days) obtained at varying constant temperatures for *B. invadens*.

Table 2: Mean total developmental time for immature stages of *B. invadens* (Rwomushana *et al.*, 2008)

Temperature °C	Mean total pre-imaginal developmental time, days (egg to pupa)
15	75.74
20	31.45
25	21.19
30	17.76

To predict the developmental rate of individual life stages, a temperature summation model can be used. This approach is based on the assumption that above some lower threshold for development, temperature-developmental rate relationships are linear and, therefore, a constant number of heat units, expressed as day-degrees above this threshold are needed to complete the development. To calculate developmental times in fluctuating daily temperature regimes, the number of day-degrees per day can be determined by the formula $(T_{\max} + T_{\min})/2 - t$ with T_{\max} being maximum temperature, T_{\min} minimum temperature and t , the lower development threshold. The lower development threshold of *B. invadens* was found to be 8.8°C , 9.4°C and 8.7°C for the egg, larva and pupa.

1.2.1.4. Attractants

5

B. invadens responds to methyl eugenol which is a parapheromone and attracts only males. Some attraction of both sexes of the fly to protein hydrolysate (such as Torula yeast) and the 3-component BioLure have also been reported.

1.2.2. *Bactrocera dorsalis*

1.2.2.1. Origin and distribution

Bactrocera dorsalis is part of the *B. dorsalis* complex. The *B. dorsalis* complex contains 75 described species which are largely endemic to Asia. *B. dorsalis* is distributed in several countries in Asia and is also established in Hawaii and some Pacific Ocean islands.

1.2.2.2. Host Range

B. dorsalis has a wide host range and was recorded on 124 species in 42 plant families. The host list is compiled in Annex 1b and is derived from published literature with host records from China, Hawaii and Pacific Ocean islands.

The hosts listed should be inspected and regulated in the case of a *B. dorsalis* find.

1.2.2.3. Demography

The mean generation time for *B. dorsalis* was found to be 33.4 days at a constant temperature of $29 \pm 1^\circ \text{C}$ (Vargas *et al.* 1997) and 55.1 ± 2.3 days at an alternative temperature regime of $29:18 \pm 1^\circ \text{C}$ (maximum:minimum at cycles of 9-h periods and 3 h periods of increase or decrease) (Vargas *et al.* 2000). The developmental rates of *B. dorsalis* were determined at four alternative temperatures (maximum: minimum) of 24:13, 24:24, 29:18 and $35.24 \pm 1^\circ \text{C}$, at $60 \pm 10\%$ RH and a photoperiod of L12:D12. . Table 4 below gives the published mean total pre-imaginal developmental time (egg to pupa) (days) obtained at varying alternative temperatures for *B. dorsalis*.

Table 4: Mean total developmental time for immature stages of *B. dorsalis* (Vargas *et al.* 2000)

Temperature °C (maximum : minimum)	Mean total pre-imaginal developmental time, days (egg to pupa)
24:13	39.2
24:24	22.1
29:18	21.5
35:24	20.3

1.2.2.4. Attractants

Similar to *B. invadens*, *B. dorsalis* males respond to methyl eugenol. Females and males of *B. dorsalis* respond to both Torula yeast and the 3-component BioLure, with the pest species having a stronger attraction response to Torula yeast compared to the 3-component BioLure.

2. SURVEY PROTOCOL

2.1. Early detection

A regular detection programme throughout the year should be in place to detect any incursion of *B. invadens*/*B. dorsalis*. Detection traps should be placed at points of entry such as border posts, sea ports and international airports as well as in production areas of known

7

hosts and cities/towns/villages close to the points of entry. Surveillance traps can also be placed in production areas and marginal areas in other parts of the country. Trapping with Methyl Eugenol and Biolure (3-component) should be carried out to determine pest absence or presence. Fruit fly trapping guidelines provided as Annex 1 to International Standards on Phytosanitary Measures No. 26, Establishment of pest free areas for fruit flies (Tephritidae) should be followed for relevant trapping densities used in different locations (points of entry, production and marginal areas) and trapping procedures.

2.2. Delimiting survey

When one *B. invadens*/*B. dorsalis* is collected in an area, a delimiting survey should be implemented immediately. The area immediately surrounding each fly find will be a core area of a 1 km x 1 km square grid. Methyl eugenol baited traps and traps baited with food-based attractants (Biolure-3-component or protein attractants) will each be placed at a density of 10 traps per km² within the core area (Figure 1 & Table 5). Moving outwards from the core area, there will be three surrounding zones of sizes 8, 16 and 24 km². In each of the surrounding zones, the trapping density will be 2 methyl eugenol baited traps per km². Additionally, radiating transects of up to 100 km will be put into place from the third surrounding zone and will follow main road networks. Methyl Eugenol baited traps will be placed every 2 km for the first 10 km, every 5 km thereafter for the next 40 km and every 10 km for the 50 remaining km (depending on countries). Moreover, within 50 km radius of the core area, methyl eugenol baited traps will be placed in farms with orchards or fields containing host material. The density of traps in the farms will be determined by farm size, crops and extent of plantings. All traps will be serviced weekly, with core traps serviced daily for the first week. Traps will be maintained through three to four *B. invadens*/*B. dorsalis* generations (approx. 16 weeks) after the last fruit fly find.

If a fruit fly is found in an additional trap, a 1 km x 1km core area will be established around the fly find and traps will be placed at the same rate as mentioned above.

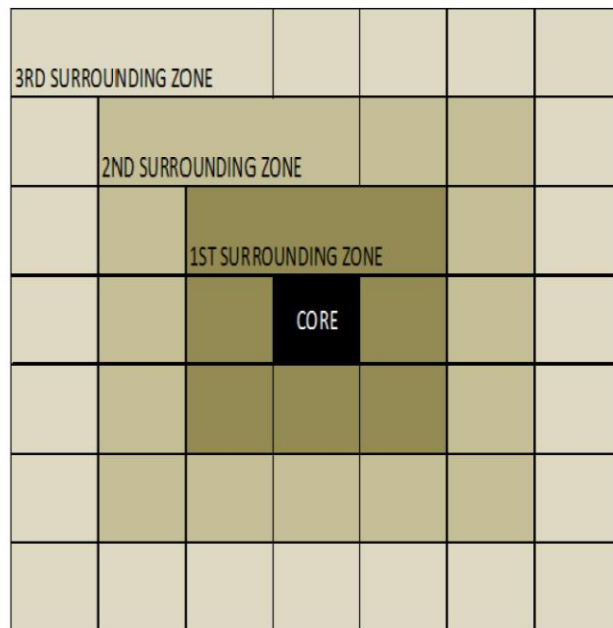


Figure 1. Delimiting survey with single km² core area and three surrounding zones

Table 5: Trap density in core and surrounding zones

Zones	Area/km ²	Number of traps per km ² . Methyl Eugenol (ME) + food-based attractant (food- based attractant only in core area)
Core	1	10 food-based attractant +10 ME
1 st	8	2 ME
2 nd	16	2 ME
3 rd	24	2 ME

Record keeping is essential in a delimiting survey. The geographical coordinates of all traps should be taken and incorporated in a geographical information system. The location of traps should be geo-referenced with the use of global positioning system (GPS) equipment. Records of all trap inspections should be kept by the NPPO and should include trap number, date of servicing, outcome of servicing (catch/no catch), status of trap and replacement of trap in cases where it is gone or damaged, replacement of lure (yes/no) (See Annex 2).

2.3. Fruit sampling

Host fruit from the delimited area will be surveyed, depending on host availability. Infested fruits will be collected and incubated for up to 6 weeks in pupating medium (sand or sawdust) in closed, aerated plastic containers in a facility within the area. Any adult should be killed following emergence and preserved in alcohol or mounted for identification.

3. QUARANTINE

Once a *B. invadens*/*B. dorsalis* sample is caught in a trap and the identification is done with reasonable confidence by a trained personnel, the area of the fruit fly detection is quarantined with immediate effect to restrict movement of host material, in particular fruits listed above as *B. invadens*/*B. dorsalis* hosts, cannery waste and soil, out of the area. The initial quarantine area will extend to a circular area of 5 km radius from the trapping point. The delimiting survey will also be implemented immediately to determine the area of the infestation and therefore also any expansion of the initial quarantine area.

Movement of host material will be regulated in accordance with both relevant local legislation and international trade agreements.

Road blocks, where possible, could be implemented to regulate movement of fruits from the area. At any international point of entry or exit near a detection site, a random check of passenger baggage could be implemented.

All local growers in the area of the fruit fly detection, establishments within the area that handle fruits, cannery waste and soil, as well as the organs of state that would implement road blocks, should be notified of the threat posed by the fruit fly and actions (monitoring and control) that need to be taken.

An area may be removed from quarantine status by the NPPO after the pest has been declared eradicated or there has been no other *B. invadens*/*B. dorsalis* find for at least 4 generations (calculated from the local climate data, but generally around 16 weeks).

4. ERADICATION PROCEDURES

Eradication of *B. invadens*/*B. dorsalis* should be initiated following the second detection of *B. invadens*/*B. dorsalis* in the delimiting survey area. The total area of coverage will depend on the extent of spread. For each *B. invadens*/*B. dorsalis* detection, the area under eradication will be 25 km² surrounding the trap site. Duration of eradication measures should be planned for at least 2 generations of *B. invadens* (generation estimated based on local climatic conditions but generally should be estimated for about 8 weeks). Trapping to verify eradication should continue for at least two *B. invadens* generation (generally 8 weeks) after eradication measures have stopped (no more bait spraying and placement of fresh male annihilation blocks).

A combination of ground applied male annihilation treatments and air/ground applied protein bait treatments (air/ground application in orchards and ground application in residential areas) should be carried out. Fruit stripping should be considered as a contributory measure, where appropriate. Countries should ensure legal authorization of all products required for eradication.

Male annihilation Technique (MAT)

This will involve the distribution of square (5cm x 5 cm) 1.3 cm thick, wooden blocks (fibre-board/soft board/plywood) soaked in a mixture of methyl eugenol and insecticide at a ratio 3: 1 and placed at a density of 400-600 per km², either nailed to poles or hung from trees (10 000-15 000 blocks per 25 km² fly-detection unit). A single application of MAT blocks will cover a period of 8 weeks.

Protein baiting

Protein bait sprays should be carried out weekly (See Annex 3 for recommended products). For repeated applications, products/insecticides should be alternated to prevent development of resistance. Protein bait should preferably be applied on host trees. In production areas, aerial bait sprays can also be an option.

Optional eradication treatments

Fruit stripping. Fruit stripping is removal of all susceptible fruit on trees. If fruit stripping is undertaken in the core area, stripped fruits should be placed in plastic bags, fumigated if possible and removed for burial under at least 50 cm of fill. The burial site should be located within the quarantined area. Fruit should be left on a few selected trees as "trap" trees. This is a strategy to prevent dispersal of the pest outside of the quarantine area. Fruit lying on the

11

ground under the “trap” trees should be removed, part incubated in the laboratory in the quarantine area and the rest disposed of properly. Additionally the soil under the “trap” trees should be treated with locally approved product (for e.g imidacloprid or entomopathogens such as *Metarhizium anisopliae*).

Treatment of hot-spots: In most eradication programmes there will be some areas where the pest species persists longer than in the main treated areas. This may be because conditions are particularly suitable for pest breeding, the treatments have not been uniformly applied or a host has not been detected and treated. These situations may sometimes be detected by persistent fly catches in the monitoring traps. Where a “hot spot” is suspected, the spray teams should apply additional treatments and the blocking teams check the distribution and placement of the MAT blocks. Where feasible, some sampling and rearing of hosts could also be conducted.

5. IDENTIFICATION & INFORMATION FLOW

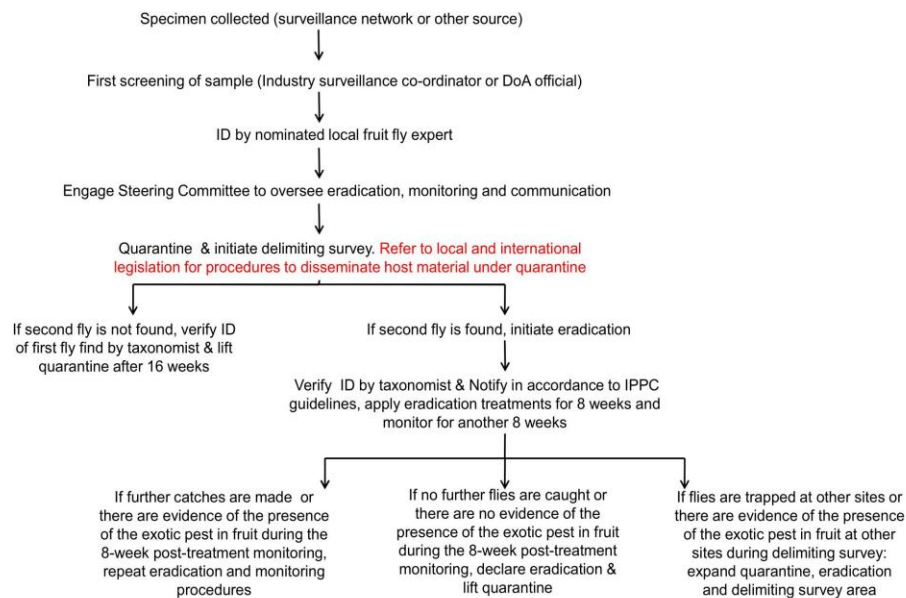
5.1. Identification

During detection trapping, specimens should be collected and first screened by a local designated identifier. Any suspect specimen should be forwarded immediately to the local fruit fly expert in vials of at least 70% alcohol for confirmation.

If a positive ID is obtained from the local fruit fly expert, a Steering Committee should oversee the implementation of the quarantine, delimiting survey and eradication measures as described above. The effectiveness of the programme should be monitored periodically by the NPPO through review of documentation and procedures.

For final confirmation of the fruit fly ID, the specimen should be sent to a fruit fly taxonomist. Care should be taken to ensure that reference samples are preserved in accordance with acceptable scientific procedures.

6. SEQUENCE OF EVENTS



7. TRAPPING DENSITIES AND ERADICATION ACTIONS FOR NON METHYL EUGENOL RESPONDING SPECIES

For exotic fruit flies of high risk to the Indian Ocean Region and which do not respond to methyl eugenol, recommendations on trapping densities and eradication actions are provided for two fruit fly groups: cuelure responding flies and trimedlure or enriched ginger root oil (EGO) responding flies.

7.1 Trapping densities during delimiting surveys for cuelure and trimedlure or enriched ginger root oil responding flies

Given that cuelure and trimedlure are less powerful attractants compared to methyl eugenol, a higher trapping density is required when using these two attractants during a delimiting survey EGO could be an alternative to trimedlure as it is attractive to the same *Ceratitis* species but it also attracts some other *Ceratitis* species that do not respond to trimedlure (e.g *Ceratitis cosyra*). The densities of cuelure and trimedlure/EGO traps required in the core and surrounding zones are provided in Table 6.

Table 6. Trap density in core and surrounding zones for delimiting surveys on cuelure and trimedlure/EGO responding exotic fruit flies

Zones	Area/km ²	Cuelure responding species	Trimedlure/EGO responding species
		Number of traps per km ² . CueLure + food-based attractants (food-based attractants only in core area)	Number of traps per km ² . Trimedlure (TML)/EGO + Biolure 3C (Biolure 3C only in core area)
Core	1	20 Cuelure + 10 food-based attractant	40 TML/EGO + 10 Biolure 3C
1 st	8	10 Cuelure	20 TML/EGO
2 nd	16	6 Cuelure	10 TML/EGO
3 rd	24	4 Cuelure	8 TML/EGO

7.2 Eradication actions for cuelure and trimedlure or enriched ginger root oil responding flies

The trigger, treatment area and duration of treatments for cuelure and trimedlure/EGO responding flies should be similar to those recommended for *B. invadens*/*B. dorsalis* (see section 4). Similar protein bait treatments should be implemented for cuelure or trimedlure/EGO responding flies. For cuelure responding flies, male annihilation treatments using cuelure should be combined with protein bait treatments. For trimedlure/EGO responding flies, protein bait treatments should be implemented. Moreover, male annihilation treatments with EGO (such as Last FF) can be used if available.

For cuelure responding flies, the male annihilation treatment will involve the distribution of square (5cm x 5 cm) 1.3 cm thick wooden (fibre-board/soft board blocks/plywood) soaked in a mixture of cuelure and insecticide at a ratio 3: 1 and placed at a density of 800 per km², either nailed to poles or hung from trees (20 000 blocks per 25 km² fly-detection unit). A single application of MAT blocks will cover a period of 8 weeks.

For both cuelure and trimedlure/EGO responding flies, weekly orchard/vegetable plantation and back-garden sanitation should be implemented in eradication area. Fruit lying on the ground or remaining on trees after harvest should be removed and buried in a designated site within the quarantine area. Optional eradication treatments as described in Section 4 could also be implemented.

8. STOCK OF MATERIALS REQUIRED IN PREPAREDNESS OF ERADICATION AND MONITORING

Materials should be kept in a designated facility in preparedness for a potential exotic fruit fly outbreak. The stock is essential to be able to initiate a delimiting survey and eradication procedures without delay. In the event of an incursion and eradication actions being initiated, replacement of such stock must commence immediately. In the absence of an outbreak, stock of attractants and insecticides should be replaced every 2 years.

For eradication, the quantity of materials to be stockpiled in preparation will be based on units of one fly detection site and 2 months of eradication (See Annex 4 for amount of materials to be stockpiled and conditions for storage of materials). The area of coverage around each fly detection site will be 25 km² as mentioned previously. The extent of stock piling (in multiples of single detection site units) is to be determined by the Steering Committee.

For monitoring, the amount of materials required would be based on one fly detection and 4 months of trapping. Four radiating transects will be calculated from the zone surrounding the core area.

9. REFERENCES

- Allwood, A. J., Vueti, E. T., Leblanc, L. & Bull, R. (2002) Eradication of introduced *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae) in Nauru using male annihilation and protein bait application techniques In Veitch, C. R. and Clout, M. N. (eds). Turning the tide: the eradication of invasive species. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 19-25
- California Department of Food and Agriculture (2000) Action plan for cue lure attracted fruit flies including the Melon fly *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). California Department of Food and Agriculture, Plant Health and Pest Prevention Services, Sacramento, California
- Cantrell, B., Chadwick, B. & Cahill, A. (2002) Fruit fly fighters: eradication of the papaya fruit fly. Series: SCARM Report No. 81. Commonwealth of Australia and each of its States and Territories. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia
- Clarke, A. R., Armstrong, K. F., Carmichael, A. E., Milne, J. R., Raghu, S., Roderick, G. K. & Yeates, D. K. (2005) Invasive phytophagous pests arising through a recent tropical evolutionary radiation: The *Bactrocera dorsalis* complex of fruit flies. Annual Review of Entomology 50: 293-319
- Clift, A.D., Meats, A. & Gleeson, P. J. (1998) A dispersal model for papaya fruit fly *Bactrocera papayae* Drew and Hancock and its application to treatment priorities in an eradication protocol. In: Pest management- future challenges, Vol. 2. Ed by Zalucki MP, Drew RAI, White G, 6th Australasian Applied Entomology Research Conference, Brisbane, 27-31
- Drew, R.A.I., Tsuruta, K. & White, I.M. (2005) A new species of pest fruit fly (Diptera: Tephritidae: Dacinae) from Sri Lanka and Africa. African Entomology 13: 149-150
- De Meyer M, Mohamed S, White IM, 2012. Invasive fruit fly pests in africa. <http://www.africamuseum.be/fruitfly/AfroAsia.htm>

- Ekesi, S. Nderitu P.W. & Rwomushana I. (2006) Field infestation, life history and demographic parameters of the fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) in Africa. Bulletin of Entomological Research 96: 379-386
- European and Mediterranean Plant Protection Organisation (2008) *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) A new fruit fly species. EPPO alert list
- FAO (1998) International standards for phytosanitary measures ISPM No.8 Determination of pest status in an area, Secretariat of the International Plant Protection convention
- FAO (2002) International standards for phytosanitary measures ISPM No.17 Pest reporting, Secretariat of the International Plant Protection convention
- FAO (2006) International standards for phytosanitary measures ISPM No.26 Establishment of pest free areas for fruit flies (Tephritidae), Secretariat of the International Plant Protection convention
- Fay, H.A., Drew, R.A.I & Llyod, A.C. (1997) The eradication program for papaya fruit flies (*Bactrocera papayae* Drew & Hancock) in North Queensland. In: Management of fruit flies in the Pacific. A regional symposium Ed by Allwood AJ & Drew RAI, ACIAR, Nadi, Fiji, 259-261
- Fletcher, B.S. (1989) Temperature-development rate relationships of the immature stages and adults of tephritid fruit flies. In: Fruit flies: their biology, natural enemies and control Vol 3A Ed by Robinson A.S. & Hooper C., Amsterdam, Elsevier
- IAEA (2000) Action Plan, peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders)
- Indian Ocean Commission Regional Fruit Fly Programme (2000) Pest risk analysis and quarantine of fruit flies in the Indian Ocean region. Indian Ocean Commission, Mauritius
- Leblanc, L., Vargas, R. I. & Rubinoff, D. (2010) Captures of pest fruit flies (Diptera: Tephritidae) and nontarget insects in biolure and torula yeast traps in Hawaii. Environmental Entomology 39(5): 1626-1630
- Lux, S.A., Copeland, R.S., White, I.M., Manrakhan, A. & Billah, M.K. (2003) A new invasive fruit fly species from the *Bactrocera dorsalis* (Hendel) group detected in East Africa. Insect Science and its Applications 23(4): 355-361
- Meats, A., Fay, H.A.C. & Drew, R.A.I. (2008) Distribution and eradication of an exotic tephritid fruit fly in Australia: relevance of invasion theory. Journal of Applied Entomology 132: 406-411
- Messenger, P.S. & Flitters, N.E. (1954) Bioclimatic studies of three species of fruit flies in Hawaii. Journal of Economic Entomology 47(5): 756-765

- Mwatawala, M.W., De Meyer M., Makundi, R.H. & Maerere, A.P. (2006) Seasonality and host utilization of the invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Dipt. Tephritidae) in central Tanzania. *Journal of Applied Entomology* 130(9-10): 530-537
- Mwatawala, M.W., De Meyer M., Makundi, R.H. & Maerere, A.P. (2006) Biodiversity of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in orchards in different agro-ecological zones of the Morogoro region, Tanzania. *Fruits* 61: 321-332
- North American Plant Protection Organization (2007) *Bactrocera invadens* Drew, Tsuruta & White Phytosanitary alert system. www.pestalert.org
- Rwomushana, I., Ekesi, S., Ogot, C. K. P. O., Gordon, I. (2008) Effect of temperature on development and survival of immature stages of *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Applied Entomology* 132: 832-839
- Smith E. C. S. 2010. Draft Seychelles Action Plan for responses to detections of the fruit fly pest, *Bactrocera invadens* Drew Tsuruta and White (Diptera: Tephritidae)
- United States Department of Agriculture (2003) Mediterranean fruit fly Action Plan
- Vargas, R., Walsh, W.A., Kanehisa D., Jang, E. B. & Armstrong, J. W. (1997) Demography of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America* 90(2): 162-168
- Vargas, R., Walsh, W.A., Kanehisa D., Stark, J.D. & Nishida, T. (2000) Comparative demography of three Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) at alternating temperatures. *Annals of the Entomological Society of America* 93(1): 75-81
- Vayssières, J.F., Goergen, G., Lokossou, O., Dossa, P. & Akponon, C. (2005) A new *Bactrocera* species in Benin among mango fruit fly (Diptera: Tephritidae) species. *Fruits* 60: 371-377



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