



HAL
open science

L'informatique au secours du gestionnaire de risque sanitaire

Pierre Martin, Pierre Silvie

► **To cite this version:**

Pierre Martin, Pierre Silvie. L'informatique au secours du gestionnaire de risque sanitaire. 10e Conference Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Oct 2014, Montpellier, France. hal-01077044

HAL Id: hal-01077044

<https://hal.science/hal-01077044>

Submitted on 23 Oct 2014

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

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

**AFPP – COLLOQUE RAVAGEURS ET INSECTES INVASIFS ET ÉMERGENTS
MONTPELLIER – 21 OCTOBRE 2014**

L'INFORMATIQUE AU SECOURS DU GESTIONNAIRE DE RISQUE SANITAIRE

P. MARTIN^(1, 2) et P. SILVIE^(1, 3)

⁽¹⁾ CIRAD, UPR AïDA, F-34398 Montpellier Cedex 5 (France), pierre.martin@cirad.fr

⁽²⁾ LIRMM (CNRS – Université de Montpellier), F-34095 Montpellier Cedex 5 (France)

⁽³⁾ IRD, UR 072, Laboratoire Évolution, Génomes et Spéciation, F-91405 Orsay Cedex (France), pierre.silvie@cirad.fr

RÉSUMÉ

Les transferts de végétaux frais entre continents, via les passagers ou les échanges commerciaux, ont permis à des espèces de Tephritidae d'investir de nouveaux territoires. Ces espèces allochtones sont sources de pertes de production agricole voire d'altération de l'écosystème. La fragilité de l'équilibre naturel des milieux insulaires rend ces territoires très sensibles aux introductions. Pour protéger l'agriculture locale sans entraver inutilement le commerce, une réglementation des importations est définie. Dans le cas de la Réunion, la mise à jour de la réglementation posait la question d'identifier, parmi 309 filières d'importation, celles susceptibles d'être infestées par une des 224 espèces jugées menaçantes. Cet article présente la méthode automatique utilisée pour identifier, au sein de bases de données, sites web et documents scientifiques, les 55 filières susceptibles d'être infestées par 16 espèces des genres *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Dacus* ou *Rhagoletis*.

Mots-clés : Filière, Importation, Tephritidae, La Réunion, risque phytosanitaire.

ABSTRACT

COMPUTER TECHNIQUES TO ASSIST HEALTH RISK MANAGER

Transfers of fresh vegetables between continents via passengers or commercial trade had enabled Tephritidae species to colonise new areas. These alien species can cause crop production losses, while also altering local ecosystems. The fragile natural balance of island environments makes these areas very sensitive to alien species introductions. Import regulations are applied to protect local agriculture without unduly hampering trade. Updating regulations pertaining to the island of Réunion led to the problem of identifying, in the existing 309 pathways, those risking infestation by some of the 224 potentially threatening species. This paper presents an automatic method to identify 55 pathways risking potential infestation by 16 species of the genera *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Dacus* and *Rhagoletis* in databases, websites and scientific documents.

Keywords: Pathways, import, Tephritidae, La Réunion, pest risk.

INTRODUCTION

Les transferts de végétaux frais entre continents, via les passagers ou les échanges commerciaux, ont permis à des espèces de Tephritidae d'investir de nouveaux territoires. Selon le lieu d'arrivée, ces espèces allochtones ont pu entraîner des pertes de production agricole importantes voire une altération de l'écosystème local, tel que le déplacement d'espèces autochtones (Duyck *et al.*, 2004 ; Duyck *et al.*, 2006).

Aussi, pour les milieux insulaires dont l'équilibre naturel est fragile, empêcher leur entrée puis leur établissement représente des enjeux économique et de développement durable majeurs. Les importations dans les îles françaises sont contrôlées en regard d'une réglementation nationale ou locale afin de protéger l'agriculture locale sans entraver inutilement le commerce. Pour l'île de La Réunion, qui sera l'exemple traité dans cet article, la réglementation est basée sur l'application de l'arrêté préfectoral de la Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la Réunion (DAAF, 2014) qui dénonce 45 espèces de mouches des fruits d'intérêt économique réparties selon 28 genres de fruits ou légumes-hôtes. Pour chaque entrée de ces végétaux, que ce soit par voies maritime ou aérienne, par le fret commercial ou via les passagers, les services douaniers doivent s'assurer de l'absence de ces espèces de mouches.

Afin d'adapter plus finement la politique des contrôles à l'importation, le Ministère Français de l'agriculture et de l'agro-alimentaire a demandé à l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) de produire une liste hiérarchisée des mouches Tephritidae les plus menaçantes pour les zones tropicales ultra-marines dont il a la gestion. Pour apporter une réponse en adéquation avec le contexte de chaque territoire, un Groupe de Travail (GT) a été constitué par l'Anses, comprenant des entomologistes experts des zones concernées.

Dans un premier temps, le GT a établi une liste de 224 espèces de Tephritidae considérées comme les plus importantes au niveau mondial. Cette liste, appelée 'liste rouge', a été constituée à partir du *Catalogue of life* (Roskov *et al.*, 2014) qui recense 4740 espèces de Tephritidae. Dans un second temps, les filières d'importation de fruits et légumes ont été identifiées à partir de l'inventaire des importations à La Réunion. Dans un dernier temps, pour pouvoir hiérarchiser les filières susceptibles de conduire à une introduction non volontaire d'une ou plusieurs des espèces de la liste rouge au moyen d'une méthode non décrite ici, il a été décidé de dresser au préalable un tableau intermédiaire appelé 'Matrice originale', au format Microsoft Excel®, tableau comprenant divers critères d'évaluation.

Cet article présente le cheminement adopté et les méthodes informatiques ayant conduit au remplissage automatique de la Matrice originale de La Réunion.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

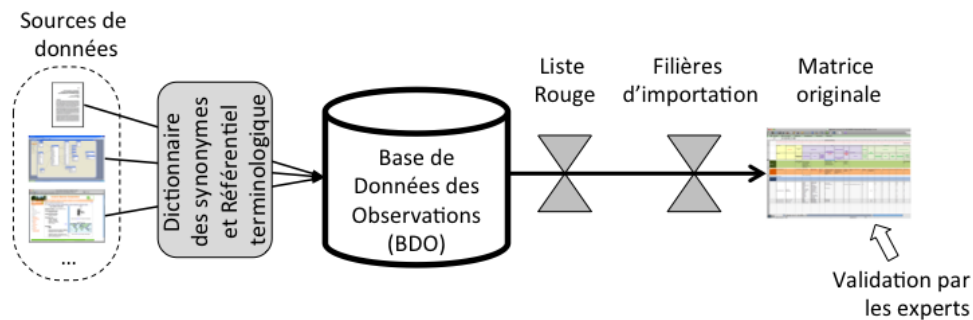
Le cheminement adopté pour parvenir à remplir la Matrice à partir des sources de données est représenté de façon linéaire dans la figure 1. Les flèches qui établissent des liens entre chaque composante représentent les méthodes informatiques appliquées entre les étapes.

LES SOURCES DE DONNEES

La littérature ne faisant pas état d'une base de données spatiale mondiale regroupant l'ensemble des espèces de fruit infesté par des Tephritidae, le GT a identifié plusieurs sources de données susceptibles de contenir des informations sur les espèces de mouches, leurs plantes-hôtes et leur aire de répartition géographique. Ainsi ont été utilisés cinq communications écrites (Iwaizumi, 2004 ; Sauers-Muller, 2005 ; Clarke *et al.*, 2005 ; Uchoa, 2012 ; Oliveira *et al.*, 2002), trois sites internet

(Agropec Consultoria, 2013 ; CABI, 2013 ; Zucchi, 2008), une base de données (De Meyer, 2013) et le logiciel PQR (Plant Quarantine data Retrieval system ; EPPQ, 2013) mis à disposition sur internet par l'OEPP (Organisation Européenne et méditerranéenne pour la Protection des Plantes).

Figure 1 : Cheminement du remplissage automatisé de la Matrice originale.
Description of the automated filling of the original matrix.



LA LISTE ROUGE

Les 224 espèces retenues dans le travail préliminaire des experts du GT appartiennent à 20 genres distincts dont les genres *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Dacus* et *Rhagoletis*.

LES FILIÈRES D'IMPORTATION

L'inventaire des importations, réalisées entre 2007 et 2011, a été fourni par le Service de l'ALimentation (SALIM) de la DAAF. Trois cent neuf (309) filières d'importation ont été recensées. Elles concernent 37 territoires, issus des 5 continents, et 115 espèces de fruits et légumes appartenant à 60 genres différents.

LES RÉFÉRENTIELS TERMINOLOGIQUES

La compilation de données d'origines diverses conduit généralement à la présence de descripteurs différents pour qualifier une même information, à l'exemple des noms d'espèces qui évoluent au fil des actualisations de la classification des organismes. De façon à disposer de termes partagés entre les diverses sources de données, des référentiels terminologiques ont été choisis.

Pour les Tephritidae, le référentiel choisi a été le *Catalogue of life* déjà mentionné. Ce choix a permis de conserver les dénominations utilisées par le GT pour produire la liste rouge.

Pour les plantes-hôtes, le référentiel terminologique est la liste des noms latins indiqués comme « Préféré » des espèces du dictionnaire des organismes de PQR (table t_vbayname). L'hypothèse adoptée est que PQR, de par sa vocation, comportait la majorité des plantes cultivées et échangées dans le monde.

Enfin, pour les territoires, l'adoption d'un référentiel terminologique est plus critique dans la mesure où le territoire est une étendue délimitée, à l'exemple d'une île, d'un pays ou d'une région. L'option retenue est la langue anglaise, et les termes sont ceux du site web GeoNames (www.geonames.org).

Il est important de noter que l'adoption d'un référentiel terminologique ne reflète pas une position scientifique quant à la valeur de vérité potentielle des données représentées, mais permet de disposer d'un langage commun pour conduire le travail.

LES DICTIONNAIRES DE SYNONYMES

L'existence de synonymes pour les espèces de Tephritidae et pour les espèces de fruit représente toujours une contrainte de juxtaposition de travaux basés sur l'analyse de la bibliographie. De plus, l'aptitude de certaines espèces de Tephritidae à infester toutes les espèces de fruits d'un genre donné devait être prise en considération. Ces contraintes ont conduit à l'élaboration de dictionnaires de synonymes qui ont permis de réaliser la correspondance entre les termes utilisés dans les sources de données et les référentiels terminologiques.

Le dictionnaire de synonymes pour les espèces de Tephritidae a été réalisé en rassemblant tous les synonymes des 224 espèces de la liste rouge proposés par le site *Encyclopedia of life* (www.eol.org). En un seul clic, ce site réunit, pour une espèce donnée, l'ensemble des dénominations recensées sur différents sites webs (NCBI Taxonomy, Species 2000 & ITIS *Catalogue of life*, Integrated Taxonomic Information System (ITIS), etc.). Le dictionnaire des synonymes résultant comporte un total de 573 enregistrements.

Pour les plantes-hôtes, le dictionnaire des synonymes a été produit à partir du dictionnaire des organismes (table t_vbayname) du logiciel PQR complété des données présentes au sein des autres sources de données. L'intérêt offert par PQR est qu'il comporte un grand nombre de synonymes de plantes cultivées sous les formes vernaculaires et latines binomiales. Le dictionnaire résultant comporte au total 128.300 enregistrements.

Enfin, le dictionnaire de synonymes des territoires a été construit à partir de la table des territoires de PQR (table t_geog) complétée des données présentes dans les autres sources de données et traduites au moyen du traducteur automatique proposé par le site web Google (translate.google.com). Le dictionnaire des synonymes résultant comporte au total 366 enregistrements. Celui-ci comporte des variantes terminologiques d'ordre divers : langue (français vs. anglais), écriture (e.g. Vietnam vs. Viet Nam), type de l'espace considéré (île, pays, région, continent, etc.) et précision (« unknown »).

Pour chacun des termes de ces dictionnaires, la transcription de chaque donnée initiale en une donnée normalisée selon le référentiel a été effectuée avec le logiciel Microsoft Excel® au moyen de la fonction RechercheV.

LA BASE DE DONNÉES DES OPÉRATIONS (BDO)

La BDO constitue la source de données pour le remplissage automatique de la Matrice originale. Sa structure d'organisation est un tableau à deux dimensions implémenté dans un fichier Microsoft Excel®. Chaque ligne comporte un triplet décrit selon le type de données indiqué en colonne. Les trois premières colonnes permettent de décrire le 'triplet', i.e. la mouche, le fruit, le territoire. Les trois colonnes suivantes contiennent les références du document source : le nom de la source de données originale, le numéro (ou clé) de cet enregistrement au sein de la source de données, la référence bibliographique d'où provient le triplet lorsque l'information provient d'une source tiers. Trois colonnes supplémentaires comportent la transcription des triplets selon les référentiels terminologiques. Cette mise en correspondance du triplet source, complété des références de la source de données, avec la version transcrite du triplet permet de préserver l'origine de l'information afin d'en vérifier la validité si nécessaire.

Les trois référentiels terminologiques (Tephritidae, plantes-hôtes, territoires) ont été inscrits au sein d'onglets différents du fichier au format Microsoft Excel® dans lequel est implémenté la BDO.

Pour remplir la BDO à partir des sources de données, une première opération a consisté à localiser, au sein de chaque source de données, les espèces de Tephritidae observées sur des plantes-hôtes dans les

territoires, ainsi que les informations susceptibles de compléter la matrice, à l'exemple de la nuisibilité du Tephritidae. Pour cette recherche, effectuée *de visu*, toutes les espèces de plantes-hôtes et de mouches des fruits ont été considérées, indépendamment de l'objectif final d'utilisation.

Le transfert des données depuis les sources jusqu'à la base BDO a été variable selon la source. Pour les sources présentant des données sous forme 'structurée', comme les bases de données ou les tableurs, une requête a permis l'extraction des données intéressantes et leur copie dans BDO. Pour les autres sources de données (articles scientifiques, sites web, etc.), un prétraitement spécifique à chacune (suppression de textes intermédiaires, réorganisation des informations, etc.) a été réalisé au moyen de la plateforme de traitement du langage naturel GATE (Cunningham *et al.*, 2011).

LA MATRICE ORIGINALE

Les experts du GT ont retenu 14 critères d'évaluation pour procéder ultérieurement à la hiérarchisation. Ces critères concernent la relation entre l'espèce de Tephritidae et le fruit (nuisibilité, etc.), la filière d'importation (quantité de fruits acheminée par bateau et par avion, si le fruit est plante-hôte dans le territoire d'origine, etc.), et la culture sur place (surface cultivée en champs et jardin, plante-hôte potentielle, etc.).

RÉSULTATS

Les résultats de trois étapes sont présentés dans ce chapitre : (i) la récupération des triplets (espèce de mouche/plante-hôte/territoire) dans les sources de données pour constituer BDO, (ii) le remplissage automatique de la Matrice originale, et (iii) la validation des enregistrements par les experts.

RECUPERATION DES INFORMATIONS A PARTIR DES SOURCES DE DONNEES

La Base de Données des Observations (BDO) a été constituée pour regrouper les informations sur les triplets identifiés à partir des sources de données recensées par le GT. Le nombre de ces triplets a différé sensiblement d'une source à l'autre (Tableau I).

Parmi les diverses sources de données, il n'a pas été possible de recueillir les données pour Uchoa (2012), Oliveira *et al.* (2002) et le site web du CAB International (2013). Pour les articles, malgré la présence des trois composantes du triplet au sein de chaque ligne des tableaux, les relations entre les plantes-hôtes et les territoires n'étaient pas établies. Dans le cas du CAB International (2013), la présentation des informations des 63 fiches relatives à des espèces de Tephritidae s'effectue au moyen de plusieurs onglets qui différencient les plantes-hôtes, les lieux où elle a été observée, etc. Mais ce découpage ne permettait pas de relier les plantes-hôtes avec les territoires.

Pour les autres sources, les extractions ont pu être faites. Pour les deux premiers articles (cf. Tableau I), les triplets étaient structurés selon des colonnes de données, permettant une mise en forme des données à moindre coût. En revanche, le troisième article a demandé de composer deux tableaux et leurs légendes pour accéder aux triplets.

Les sites web Agropec Consultoria (2013) et Zucchi (2008) ont permis de disposer, respectivement, de 219 et 392 triplets concernant les infestations au Brésil. Dans le cas d'Agropec Consultoria (2013), le site web rassemble les espèces déclarées absentes du Brésil (Statut = A1) et celles présentes (Statut = A2). Ce site permet également d'extraire les données relatives à un statut au moyen d'un filtre. Pour BDO, l'extraction a concerné les espèces ayant pour valeur de Statut A2. Les triplets obtenus concernaient des familles et des ordres divers de bio-agresseurs (Tephritidae, Tortricidae, Xanthomonadaceae, etc.) qui ont ensuite été triés pour ne conserver que les Tephritidae. En revanche les triplets obtenus à partir de Zucchi (2008) ne concernaient que des espèces du genre *Anastrepha*.

Tableau I : Triplets identifiés dans les sources de données.*Triples identified in the data source.*

Source de données	Nature de la source de données	Spécifique aux Tephritidae	Territoire couvert	Nb de triplets
Iwaizumi (2004)	Article scientifique	Oui	Pays d'Asie	64
Sauers-Muller (2005)	Article scientifique	Oui	Suriname	21
Clarke <i>et al.</i> (2005)	Article Scientifique	Oui	Pays du Sud-Est de l'Asie	127
Uchoa (2012)	Chapitre de livre	Oui	Pays d'Amérique du Sud	0
Oliveira <i>et al.</i> (2002)	Bulletin de l'Embrapa	Oui	Régions du Brésil	0
Agropec Consultoria (2013)	Site web	Non	Régions du Brésil	219
Zucchi (2008)	Site web	Non	Régions du Brésil	392
CAB International (2013)	Site web	Non	Territoires du monde	0
De Meyer (2013)	Base de données	Non	Territoires d'Afrique	17 380
PQR (EPPO, 2013)	Logiciel gratuit disponible sur internet	Non	Territoires du monde	417 877 ⁽¹⁾
Total				436 080

⁽¹⁾ toutes espèces confondues

La base de données de De Meyer (2013) a permis d'obtenir 17 383 triplets au moyen d'une requête. Cette base, au format Microsoft Access®, concerne 47 espèces de diptères, dont autres que Tephritidae, présents dans différents territoires d'Afrique. En complément des triplets, les informations extraites sont la référence bibliographique ainsi qu'un indicateur de validité de la donnée attribué par l'auteur de la base de données. Pour conserver cette information dans BDO, une colonne supplémentaire a été ajoutée.

Enfin, le logiciel PQR (EPPO, 2013) de l'EPPO a permis d'obtenir 417 877 triplets. Ces triplets concernent aussi bien des Tephritidae que d'autres espèces de bio-agresseurs (*Bemisia tabaci*, *Phytophthora capsici*, etc.), observés sur 229 territoires et 796 genres de plantes-hôtes. Les organismes nuisibles sont redevables des listes A1 et A2 de l'EPPO et de la Directive européenne 2000/29 mises à jour. Ce logiciel ne permettant l'extraction que d'un seul triplet à la fois, nous avons souhaité accéder au jeu de données brutes sans utiliser son interface d'accès (le logiciel PQR). Les données de cette base étant enregistrées au format sqlite3, une reconstruction du modèle relationnel a été faite, afin d'établir une requête permettant l'extraction des triplets avec le logiciel RazorSql® et leur intégration directe dans BDO.

En complément des triplets, les informations extraites étaient les références bibliographiques, le degré d'hébergement de la plante (hôte majeur, mineur, anecdotique) et la présence du Tephritidae sur le territoire (« Present/no detail », « Present/widespread », « Absent/invalid record », etc.). De façon à mémoriser ces informations dans BDO, trois colonnes supplémentaires ont été ajoutées.

Au total, 436 080 triplets ont été recensés dans l'ensemble des sources de données, dont 417 877, i.e. 96%, provenaient de PQR (Tableau I). Sur ce total, 21 800 triplets font référence à une des 224 espèces de Tephritidae de la liste rouge. Toutefois, seules 95 espèces (soit 42% des 224 espèces) y sont présentes. Le tableau II présente une répartition du nombre d'espèces présentes dans BDO par genre de Tephritidae. Celui-ci montre que pratiquement toutes les espèces du genre *Ceratitis* sont présentes dans la base de données (18/20), une grande proportion d'*Anastrepha* (21/39) et de *Dacus* (17/30), mais seulement quelques *Bactrocera* (19/74) et *Rhagoletis* (9/35). Ces 21 800 triplets concernent 718 espèces de plantes-hôtes relevant de 310 genres différents, répartis selon 218 territoires.

Tableau II : Nombre et proportion des espèces de la liste rouge présentes dans BDO en fonction du genre de Tephritidae.

Number and proportion of red list species present in BDO according to the gender of Tephritidae.

Genre	Nb d'espèces de la liste rouge	Nb d'espèces présentes dans BDO	%	Genre	Nb d'espèces de la liste rouge	Nb d'espèces présentes dans BDO	%
<i>Adrama</i>	1	0	0	<i>Monacrostichus</i>	1	0	0
<i>Anastrepha</i>	39	21	54	<i>Neoceratitis</i>	2	1	50
<i>Anomia</i>	1	0	0	<i>Nitrariomyia</i>	1	0	0
<i>Bactrocera</i>	74	19	26	<i>Oedicarena</i>	1	0	0
<i>Callistomyia</i>	1	0	0	<i>Rhagoletis</i>	35	9	26
<i>Capparimyia</i>	1	1	100	<i>Rhagoletotrypeta</i>	1	0	0
<i>Carpomya</i>	4	1	25	<i>Taomyia</i>	1	0	0
<i>Ceratitis</i>	20	18	90	<i>Toxotrypana</i>	1	1	100
<i>Dacus</i>	30	17	57	<i>Trirhithrum</i>	8	7	88
<i>Dirioxa</i>	1	0	0	<i>Zonosemata</i>	1	0	0

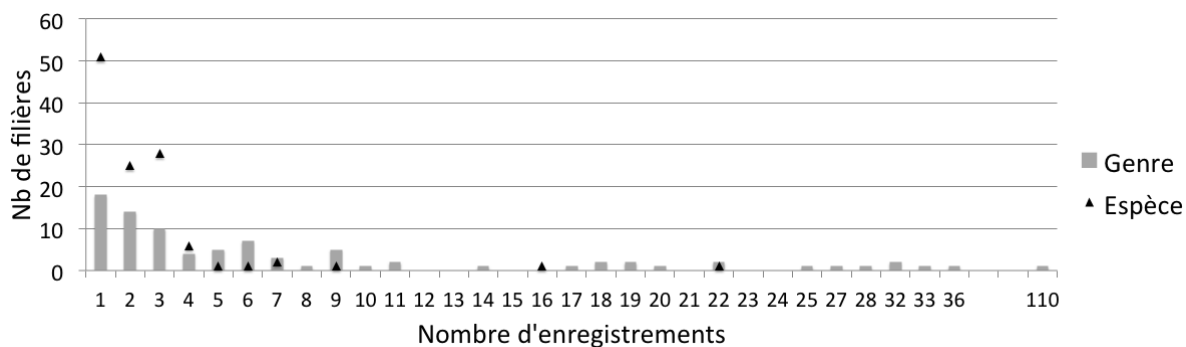
REMPLISSAGE AUTOMATIQUE DE LA MATRICE ORIGINALE

Une première extraction de BDO a consisté à rechercher les filières d'importation de la Réunion au sein des 21 800 enregistrements. Celle-ci a permis de recenser 281 enregistrements d'intérêt pour ce territoire. Un enregistrement est constitué du triplet, exprimé selon la source de données et transcrit selon les référentiels terminologiques, complété des références bibliographiques et des informations supplémentaires identifiées dans PQR (EPPO, 2013) et De Meyer (2013). Ces 281 enregistrements concernent 122 filières potentiellement infestées.

Le nombre d'enregistrements identifiés pour chaque filière diffère sensiblement entre elles, i.e. entre 1 et 22. La répartition du nombre de filières par nombre d'enregistrements est représentée par les triangles dans la Figure 2.

Figure 2 : Répartition du nombre de filières en fonction du nombre d'enregistrements extraits de BDO.

Repartition of the number of pathways in relation to the number of records retrieved from BDO.

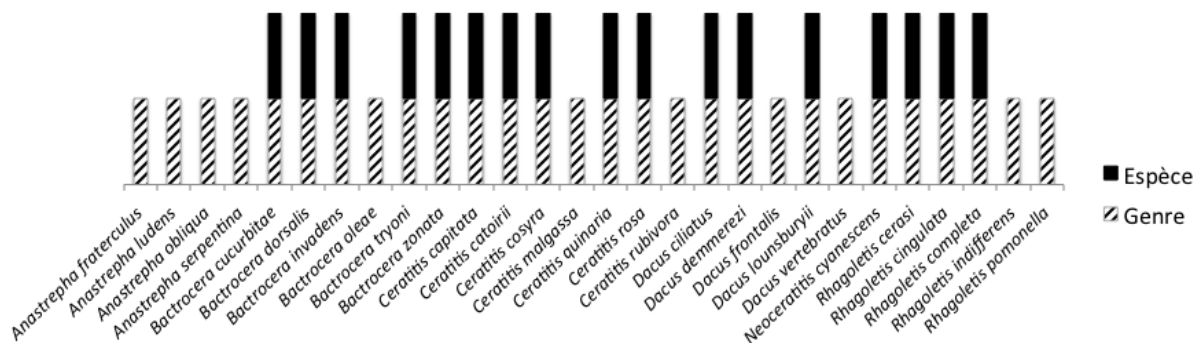


Du fait de l'intérêt de certaines espèces de Tephritidae pour un bon nombre d'espèces d'un même genre de plante-hôte, une seconde extraction dans BDO a été réalisée en considérant, pour chaque filière, le genre du végétal au lieu de la seule espèce. Cette extraction a donné lieu à 757 enregistrements concernant 87 filières. Pour cette seconde extraction, le nombre d'enregistrements identifié par filière varie entre 1 et 110 (les barres verticales de la Figure 2).

La composition des deux extractions (au niveau des espèces puis des genres de plantes-hôtes) permet de disposer de 1042 enregistrements concernant 196 filières. Ceux-ci proviennent de PQR (EPPO, 2013), de De Meyer (2013) et d'Iwaizumi (2004), la répartition de ces enregistrements entre les filières selon leur origine étant très variable. A titre d'illustration, pour les filières ayant le plus grand nombre d'enregistrements, 16 enregistrements sur les 22 de la filière la plus informée de la première extraction proviennent de De Meyer (2013), alors que les 110 enregistrements de la filière la plus informée de la seconde extraction proviennent de PQR.

Les deux extractions ont permis de recenser respectivement 17 et 28 espèces de Tephritidae de la liste rouge (cf. Figure 3). Le nombre d'espèces de Tephritidae associé à chaque filière varie entre 1 et 5 pour la première extraction, et entre 1 et 6 pour la seconde. La filière comportant le plus grand nombre d'enregistrements de la première extraction, i.e. 22, relative à *Prunus persica* est susceptible d'être infestée par 5 espèces de Tephritidae (*Bactrocera invadens*, *Ceratitis capitata*, *Ceratitis cosyra*, *Ceratitis quinaria*, *Ceratitis rosa*) et celle de la seconde extraction relative à une espèce de Citrus relève de 3 espèces de Tephritidae (*Bactrocera dorsalis*, *Bactrocera tryoni* et *Ceratitis capitata*). La filière présentant le plus grand nombre de Tephritidae, i.e. 6, concerne les fruits du genre *Malus*, pour laquelle les 11 enregistrements associés font référence à : *Anastrepha fraterculus*, *B. dorsalis*, *B. tryoni*, *C. capitata*, *C. rosa* et *Rhagoletis pomonella*.

Figure 3 : Espèces de Tephritidae identifiées dans les deux extractions de BDO.
Tephritidae species identified in the two extractions of BDO.



Validation des enregistrements par les experts

Le pré-remplissage de la Matrice originale, au moyen des deux extractions, a donné lieu à l'identification de plusieurs enregistrements pour chaque filière, avec un nombre de Tephritidae variable. Le retrait des enregistrements jugés irrecevables par le GT (doublons, infestations de fruits dans des territoires notifiées par PQR ou De Meyer comme étant non avérées, espèces de Tephritidae déjà présentes à La Réunion, etc.) a conduit à l'identification de 85 enregistrements sur les 1042 extraits de BDO, correspondant à 55 filières d'importation. Ces filières concernent des genres ou espèces de fruit redevables de 11 genres distincts, tels que *Citrus*, *Malus* et *Prunus*, 17 territoires et 16 espèces de Tephritidae.

DISCUSSION

Pour produire ce travail, certaines sources de données n'ont pu être mobilisées pour cause d'absence d'indication de la relation entre les plantes-hôtes et les territoires. C'est le cas par exemple de la revue d'Uchoa (2012) ou de l'encyclopédie électronique du CAB International (2013) qui font respectivement référence à 14 et 63 espèces de Tephritidae. Pour cette dernière, pourtant, de nombreuses références à PQR témoignent de la connaissance de cette information, qui n'est pas relayée. Pour ces sources de données ayant pour vocation de servir de référence scientifique, cette absence correspond au refus de souscription à la logique de capitalisation des connaissances. Pour les auteurs d'articles scientifiques, les relecteurs et les éditeurs, il apparaît primordial de ne pas négliger ces liens avant la publication des travaux.

La liste rouge établie par le GT comportait 224 espèces de Tephritidae d'intérêt économique. En utilisant PQR, la base de données développée par l'organisation inter-gouvernementale en charge de la coopération européenne en matière de santé des plantes, le GT s'attendait à ce qu'un grand nombre d'espèces de Tephritidae jugées menaçantes pour les cultures agricoles soient présentes. Pourtant, et malgré l'ajout de sources de données supplémentaires, seules 46% des espèces de la liste rouge sont présentes dans BDO. Parmi les absentes, on peut noter de nombreuses espèces des genres *Bactrocera* et *Rhagoletis*. Se pose alors la question de la considération des espèces non répertoriées par l'organisation européenne, et de leur autorisation à entrer en Europe et les territoires qui en dépendent.

Le pré-remplissage de la matrice a consisté à identifier, au sein de BDO, les filières susceptibles d'être infestées par une espèce de Tephritidae de la liste rouge. L'application de cette méthodologie à La Réunion a conduit à identifier de façon automatique 196 filières sur les 309 recensées dans l'inventaire de la SALIM, l'absence d'enregistrement pour les 113 autres les déclarant saines. L'absence dans BDO d'un grand nombre d'espèces de Tephritidae de la liste rouge pose la question des limites des sources de données utilisées pour la détection des filières à risques. En effet, l'identification de nouvelles sources de données pourrait conduire à reconsidérer l'état sanitaire de certaines filières. Toutefois, ce constat doit être modéré par les résultats de cette étude qui montre que sur les 96 espèces de la liste rouge présentes dans BDO, 28 espèces ont été insérées de façon automatique dans la matrice lors du pré-remplissage, et que seules 16 n'ont été *in fine* conservées par les experts.

CONCLUSION

La méthodologie adoptée dans ce travail a conduit les experts du GT à identifier 55 filières à risques pour La Réunion, concernant 16 espèces de Tephritidae. Pour le gestionnaire de risque, ce résultat est important car il indique dans un premier temps, sans ordre prioritaire, l'ensemble des filières d'importation à surveiller et les espèces invasives à détecter. Il n'est plus question de contrôler de façon systématique toutes les importations relatives aux 309 filières à la recherche des 45 espèces de Tephritidae notifiées dans la liste de la DAAF.

La méthodologie présentée dans ce document a été développée pour pré-remplir la Matrice originale de La Réunion. Son caractère générique permet sa réutilisation en l'état pour pré-remplir les Matrices originales d'autres zones tropicales ultra-marines, dès lors que toutes les informations nécessaires sont réunies. D'une façon plus globale, cette méthode pourrait être employée pour identifier les filières à risques concernant d'autres espèces de végétaux et les bio-agresseurs afférents.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le SALIM de la DAAF de La Réunion et le GT pour la mise à disposition des données nécessaires. Les auteurs remercient l'Anses pour le financement accordé à cette étude. Enfin, les auteurs remercient M. Marc de Meyer pour sa précieuse contribution.

BIBLIOGRAPHIE

- Agropec Consultoria, 2013. Pragas quarentenarias para o Brasil. Ressource internet www.agropec.socialgo.com/pragas-quarentenarias-para-o-brasil. Site consulté le 4/09/2013.
- CAB International, 2013. Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc. Site consulté le 4 novembre 2013.
- 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.
- Cunningham H., Maynard D., Bontcheva K., 2011. Text Processing with GATE (Version 6). University of Sheffield - Department of Computer Science, 588 p.
- DAAF, 2014. 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°2011-1479 du 30 septembre 2011 de la Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la Réunion.
- De Meyer M., 2013. African fruit flies database. Disponible sur le site web www.africamuseum.be.
- EPPO, 2013. PQR - EPPO database on quarantine pests (available online). <http://www.eppo.int>
- Duyck P.F., David P., Quilici S., 2004. A review of relationships between interspecific competition and invasions in fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ecological Entomology*, 2004 29, 511–520.
- Duyck P.F., David P., Junod G., Brunel C., Dupont R., Quilici S., 2006. Importance of competition mechanisms in successive invasions by polyphagous tephritids in La Réunion. *Ecology*, 87, 1770–1780.
- Iwaizumi R., 2004. Species and host record of the *Bactrocera dorsalis* complex (Diptera: Tephritidae) detected by the plant quarantine of Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 39, 327-333.
- Roskov Y., Kunze T., Paglinawan L., Abucay L., Orrell T., Nicolson D., Culham A., Bailly N., Kirk P., Bourgoin T., Baillargeon G., Decock W., De Wever A., Didžiulis V., 2014. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 20th January 2014. Ressource internet www.catalogueoflife.org/col. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands.
- Sauers-Muller A., 2005 - Hosts plants of the Carambola fruit fly, *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock (Diptera:Tephritidae), in Suriname, South America. *Neotropical Entomology*, 34, 203-214.
- Uchoa M.A., 2012. Fruit Flies (Diptera: Tephritidae): Biology, Host plants, Natural enemies, and the implications to their natural control. Book Chapter of Integrated Pest Management and Pest Control – Current and Future Tactics, Editors Larramendy M.L. and Soloneski S. ISBN 978-953-51-0050-8, 668 p., Publisher: InTech, pp. 271-300.
- Oliveira M.R.V.de, Lima L.H.C., Paula S.V.de, Queiroz P.R., Martins W.N.L., Pinto R.R., Vieira M.B., 2002. Identificação de Moscas-das-Frutas Quarentenarias para o Brasil. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa*, 25, 57 p.
- Zucchi R.A., 2008. Fruit flies in Brazil - *Anastrepha* species their host plants and parasitoids. Ressource internet www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/. (Site web consulté le 4 novembre 2013).