

ANNEXE AU CADRE GENERAL DE LA VALIDATION SCIENTIFIQUE DES DONNEES ENTOMOLOGIQUES TERRESTRES DE MAYOTTE (SINP 976)

Vincent LEGROS & Jacques ROCHAT

Version 3 — mars 2024

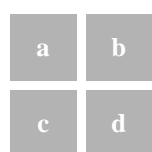




SOMMAIRE

Conditions générales	3
1. CHAMP D'APPLICATION DE L'ANNEXE	4
1.1. Contexte initial	4
1.2. Périmètre d'application	4
1.3. Mise en œuvre	4
2. CONTRAINTES ET DIFFICULTES DE MISE EN OEUVRE	6
2.1. Contraintes inhérentes aux données entomologiques	6
2.2. Contraintes spécifiques au territoire de Mayotte	7
3. SYNTHESE DES BASES DE CONNAISSANCES DISPONIBLES	8
3.1. Plateformes régionales	8
3.2. Plateformes nationales	8
3.3. Plateformes internationales	9
3.4. Listes d'espèces règlementaires	10
3.5. Littérature scientifique	11
3.6. Littérature grise	11
4. CONSTATS ET CHOIX STRATEGIQUES	12
4.1. Mise en œuvre et niveaux de fiabilité	12
4.2. Incomplétude de Taxref	12
4.3. Pointage des données douteuses	13
4.4. Moyens humains indispensables	13
4.5. Expérience des producteurs	13
5. DONNEES DE REFERENCES	14
5.1. Données de références pour la validation automatique	14
5.2. Données de références pour la validation manuelle	16
6. FONCTIONNEMENT DE LA VALIDATION	18
6.1. Clé dichotomique de validation automatique	18
6.2. Clé dichotomique de validation manuelle	19
6.3. Arbre décisionnel de validation automatique	20
6.4. Arbre décisionnel de validation manuelle	21
7. NOTICE D'UTILISATION	22
7.1. Vérification de l'expérience du déterminateur	22
7.2. Vérification selon le protocole d'acquisition de données	22
7.3. Actualisation de Taxref	22
7.4. Validation d'un nom de taxon différent de celui indiqué par l'observateur	22
7.5. Validation de données d'observation négative	22
Bibliographie	i
Annexe 1	v
Annexe 2	vi

Citation : Legros V. & Rochat J. (2024) Annexe au cadre général de la validation scientifique des données entomologiques terrestres de Mayotte (SINP 976), version 3. Rapport d'expertise. Bureau d'expertise Micropoda / DEAL de Mayotte. 22+10pp.



Couverture : a : mâle d'argiope (Araneae) indéterminé photographié le 9 avril 2022 à Hamouro. **b** : *Sternotomis thomsoni* (Cerambycidae), longicorne endémique de Mayotte, détecté le 18 juin 2018 dans la région de Mtsamoudou. **c** : Spécimen femelle du scarabée *Digitonthophagus gazella* photographié le 9 avril 2022 à Hamouro. **d** : Femelle adulte de *Symbellia mayotteana*, criquet endémique de Mayotte observé en 2020 et 2021 dans les régions de Iloni et Mitséni.





Conditions générales

Afin d'évaluer le niveau de fiabilité des données d'occurrences des taxons du SINP 976, la DEAL de Mayotte souhaite développer un outil de validation scientifique des données pour les insectes et autres arthropodes terrestres de Mayotte. La présente expertise a été effectuée par le bureau d'expertise entomologique Micropoda pour le compte de la DEAL de Mayotte. Les informations et méthodes contenues dans le présent document sont fournies par Micropoda à la DEAL de Mayotte au titre de la mission d'expertise entomologique qui lui a été commandée. Ces informations et méthodes ne peuvent être utilisées sans citation expresse de Micropoda et de leurs auteurs à d'autres fins que l'étude dans laquelle s'inscrit cette prestation. Micropoda reste propriétaire intellectuel des méthodes proposées par son équipe pour le présent travail.

Sauf mention particulière, toutes les photographies sont de Jacques Rochat. La reproduction des photographies ou illustrations est interdite sans autorisation écrite de leurs auteurs.

Remerciements

Nous remercions Dominique MARTIRE, Georg PAULUS, Olivier SOUMILLE, et le regretté Daniel GRAND, pour les compléments d'illustrations photographiques.

Historique des versions

Version 1	19 décembre 2022	Document préliminaire
Version 2	31 janvier 2023	Ajout d'un arbre décisionnel de validation automatique
Version 3	28 mars 2024	Modification de l'arbre décisionnel de validation automatique



1. CHAMP D'APPLICATION DE L'ANNEXE

1.1. Contexte initial

Les insectes et autres arthropodes terrestres représentent les 2/3 de la biodiversité mondiale soit un million d'espèces connues dans le monde. L'observation et la collecte de ces animaux de petites tailles génèrent des volumes de données entomologiques considérables résultant de l'importante diversité des espèces et de la forte densité de spécimens rapidement recensées dans les habitats.

Dans le cadre du Système d'Information de l'Inventaire du Patrimoine naturel (SINP) il est indispensable de mesurer la fiabilité de ces données (degré de confiance que l'on peut accorder à la donnée).

La validation scientifique des données est un ensemble de processus d'expertises visant à renseigner sur la fiabilité en faisant intervenir des bases de connaissances et/ou de l'expertise directe (Robert *et al.*, 2016). Cette validation peut être automatique ou manuelle.

1.2. Périmètre d'application

La présente annexe consiste en la description d'un outil de validation scientifique dans le strict cadre des données entomologiques d'espèces d'insectes ou d'arthropodes terrestres sur le territoire de Mayotte.

Les données concernées par ces traitements sont des données sources standardisées sur le format prévu pour l'occurrence des taxons.

Le protocole est limité au périmètre minimal (taxon/date/lieu) et n'est pas applicable à d'autres champs du périmètre élargi (ex. statut d'endémicité, effectifs).

Le protocole concerne le plus bas rang taxonomique connu, idéalement le **rang taxonomique espèce ou sous-espèce** (CINZ, 2018).

La validation scientifique des données à l'échelle régionale est opérée par la tête de réseau du pôle Insectes et arthropodes terrestres de Mayotte.

1.3. Mise en œuvre

Processus de validation

La validation scientifique s'articule en deux phases :

- **La validation automatique** : faisant appel à des référentiels et des bases de connaissances ayant pour origines des résultats d'expertises préalables. Il s'agit d'un processus réalisé informatiquement.
- **La validation manuelle** : faisant appel à l'avis d'un expert sur la base des informations qui lui sont transmises et intervenant après la validation automatique.





Niveaux de fiabilité

Le processus de validation consiste à tester les champs (taxon/date/lieu) selon différentes conditions afin d'attribuer un niveau de fiabilité. Les niveaux de fiabilité sont rappelés dans le tableau ci-dessous, ils sont définis plus en détail dans le protocole de validation des données du SINP (Robert *et al.*, 2016).

Libellé	Définition
Certain – très probable	La donnée (<i>i.e.</i> périmètre minimal taxon/date/lieu) est exacte, ou présente un haut niveau de vraisemblance selon le protocole automatique.
Probable	La donnée présente un bon niveau de fiabilité, elle est vraisemblable ou crédible.
Douteux	La donnée est peu vraisemblable ou surprenante mais on ne dispose pas d'éléments suffisants pour attester d'une erreur manifeste.
Invalide	La donnée est infirmée pour cause d'erreur manifeste.
Non réalisable	Il n'est pas possible de statuer sur le niveau de fiabilité de cette donnée.
Non évalué	Niveau initial ou temporaire. La donnée reste en attente de validation.

Seules les données validées scientifiquement par les valeurs « certains – très probable » et « probable » sont diffusables au grand public au niveau régional.



2. CONTRAINTES ET DIFFICULTES DE MISE EN OEUVRE

2.1. Contraintes inhérentes aux données entomologiques

Hétérogénéité importante de la source de données

Le périmètre taxonomique des arthropodes terrestres étant large et diversifié, la collecte des données entomologiques fait intervenir des méthodes et des protocoles très hétérogènes. Le matériel biologique peut alors être observé, prélevé ou conservé dans des conditions très différentes (spécimens en alcool, épinglé à sec en boîte de collection, photographiés, observés, *etc.*). Ces informations sont susceptibles d'intervenir dans l'évaluation de la fiabilité des données.

Difficulté de détermination

Les méthodes les plus communes pour l'identification des spécimens d'insectes et autres arthropodes terrestres sont l'identification morphologique et l'identification moléculaire (barcoding), ces méthodes pouvant être complémentaires. Bien qu'il existe des méthodes d'identification indirecte (ex. écoute de stridulation, identification de traces, de dégâts, *etc.*), celles-ci ne sont pas les plus communes.

L'identification morphologique est la méthode initialement reconnue par le code international de nomenclature zoologique (CINZ, 2018), la description d'une espèce étant alors rendue valable par le dépôt d'un spécimen Type de référence dans un musée. Il existe quelques rares cas de descriptions d'espèces sans Type de référence, sur la base exclusive de photographies (Marshall & Evenhuis, 2015, Pape, 2016) mais ce procédé reste aujourd'hui très controversé (Amorim *et al.*, 2016).

Les moyens déployés pour déterminer morphologiquement une espèce (*i.e.* établir sa correspondance morphologique avec un Type de référence) peuvent être variables. Dans de rares cas, certaines espèces de grosse taille et ayant des caractéristiques morphologiques remarquables peuvent être identifiées à vue sur le terrain ou à l'aide d'une photographie de qualité. Dans la majorité des cas, outre la très petite taille des spécimens, la capture du spécimen pour photographie ou observation directe est *a minima* requise, la mise à mort et la préservation du spécimen pour une observation en laboratoire et le cas échéant, la dissection des pièces génitales (impliquant une atteinte à l'intégrité du spécimen) s'avérant souvent indispensables. Le développement des insectes peut également impliquer des changements morphologiques importants rendant impossible l'identification d'individus juvéniles.

Autre possibilité, l'identification moléculaire nécessite l'utilisation de matériel de laboratoire de haut niveau et reste non accessible à la majorité des naturalistes et observateurs. C'est une méthode fiable pour évaluer la similitude entre échantillons provenant de plusieurs spécimens d'une même espèce. Cependant, les bases de données internationales de références associent des données moléculaires à des identifications morphologiques qui n'ont pas toujours un niveau élevé de fiabilité, engendrant des erreurs dans la qualification du nom de l'espèce associée à une donnée moléculaire (voir par exemple Meganck *et al.*, 2017, pour de telles incohérences).

L'ensemble de ces difficultés, inhérentes même à l'identification des spécimens, complique considérablement la production de données entomologiques complètes (détermination à l'espèce) et la validation scientifique de ces données à des niveaux de fiabilité élevés.

Multiplicité des spécimens au sein d'un même échantillon

Une ligne de données entomologiques est fréquemment associée à des groupes de spécimens (par exemple préalablement triés et rassemblés dans un tube en alcool). La validation scientifique de ce type de données nécessite dans l'idéal un contrôle manuel de l'échantillon afin de vérifier que l'ensemble de ces spécimens appartiennent bien à la même espèce.

Multiplicité des acteurs

Une ligne de données entomologiques issue de la collecte d'un observateur peut faire intervenir plusieurs acteurs dans le processus de détermination (ex. collecteur sur le terrain, technicien en laboratoire pour le tri des échantillons, entomologiste généraliste pour la détermination de groupes taxonomiques, entomologiste spécialisé pour l'identification d'espèces dans un sous-groupe taxonomique précis).





Révisions taxonomiques fréquentes

Les données entomologiques sont sujettes à des remaniements taxonomiques fréquents (révision de genre, mise en synonymie, changement de nom scientifique) nécessitant des mises à jour régulières mais également un suivi de l'historique de ces modifications (une même espèce pouvant par exemple être citée dans la littérature sous un nom différent à une date antérieure).

2.2. Contraintes spécifiques au territoire de Mayotte

Incomplétude des listes d'espèces d'arthropodes terrestres

Les bases de connaissances pour l'entomofaune de Mayotte sont encore très parcellaires et incomplètes. Le travail de synthèse nécessaire au recensement des espèces d'ores et déjà répertoriées n'est pas terminé et la part des espèces non répertoriées représente une proportion importante de la faune de l'île (Gargominy *et al.*, 2021).

Mayotte est une île volcanique de petite taille mais sa proximité avec la côte Est de l'Afrique et Madagascar est favorable à la colonisation naturelle d'un nombre important d'espèces (Wilson & MacArthur, 1967).

Si l'on s'intéresse au nombre total d'espèces potentiellement présentes sur les îles volcaniques de la zone ouest de l'océan Indien, l'île de La Réunion compte 3369 espèces recensées (dont 30% d'endémiques et une part importante d'espèces exotiques) alors que l'entomofaune réelle est estimée entre 6751 et 10812 espèces (Legros *et al.*, 2020). L'île de Mayotte qui est plus proche du continent devrait à *minima* abriter une entomofaune indigène plus riche que celle de l'île de La Réunion, à laquelle viendrait s'ajouter un cortège d'espèces exotiques non négligeable.

Les études entomologiques réalisées ces dernières années sur le territoire de Mayotte confirment cette tendance et ont révélé une richesse spécifique importante avec un taux d'endémisme avoisinant les 5% (Legros & Rochat, 2021a, 2021b, 2022, Rochat *et al.*, 2010, 2012 inédit, Rochat & Legros 2018a, 2018b, 2021a, 2021b, 2022a, 2022b). Une part importante des espèces rencontrées étaient nouvelles pour l'île bien que souvent déjà connues des îles voisines (Madagascar et Comores, Seychelles) mais non encore répertoriées à Mayotte (Parnaud, 2009, 2017 ; Rochat *et al.*, 2010a, Rochat & Legros, 2018a, 2018b). Une proportion non négligeable d'espèces pourrait d'ailleurs être endémique de Mayotte et de Madagascar.

Le recensement de ces espèces inconnues (pas de références locales) et leur détermination nécessitera des comparaisons avec la faune Malgache (spécifique), la faune africaine (afro-tropicale), la faune des Seychelles et des Mascareignes (zone biogéographique malgache au sens large), sans oublier la faune cosmopolite tropicale et dans une moindre mesure les espèces d'origine orientale (région indo-pacifique et australienne).

De nombreuses espèces se sont également avérées nouvelles pour la science (*cf.* par exemple Dierkens, 2012, 2014 ; Hugel, 2009 ; Johanson & Mary, 2009). Il est donc à prévoir la découverte d'espèces uniques nécessitant d'être décrites pour la première fois par des spécialistes. Ce dernier cas de figure occasionnant des délais pouvant être considérables.

Dans le cadre du processus de validation, les données relatives à des espèces non décrites ne peuvent être validées scientifiquement au rang de l'espèce. Dans le cas des données relatives à des espèces non recensées sur l'île, en l'absence de publications de référence, la validation scientifique avec une fiabilité élevée est difficile.

Manque d'informations sur l'écologie des arthropodes terrestres

Au même titre que le recensement des espèces, les données écologiques relatives aux espèces recensées sur le territoire de Mayotte sont lacunaires. Les relations avec les végétaux ou les habitats sont rarement connues et il n'existe généralement pas de cartes de répartitions des espèces sur l'île. De telles informations pouvant s'avérer utiles à l'évaluation de la fiabilité des données entomologiques. La fiabilité d'une donnée de présence d'une espèce sur un site pouvant par exemple être confortée ou remise en cause selon la présence ou non de l'habitat de cette espèce, sa ressource alimentaire (plant hôte le cas échéant), ou encore sa compatibilité avec les conditions climatiques du site.





3. SYNTHÈSE DES BASES DE CONNAISSANCES DISPONIBLES

Cette section présente une liste non exhaustive de bases de connaissances publiques ou en libre accès pouvant fournir des données dans le cadre de la validation scientifique des données pour les arthropodes terrestres de Mayotte.

3.1. Plateformes régionales

Plateforme SINP 976

Le système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel de Mayotte bénéficie d'un portail de diffusion des données en ligne. Cet outil permet notamment la visualisation géolocalisée des données d'arthropodes terrestres valides. L'administrateur de cette plateforme régionale est la DEAL de Mayotte (SINP 976, 2021).

Observatoire de Mayotte

L'Observatoire de Mayotte (2022) est un portail de partage des données créé en 2018 par la DEAL de Mayotte ayant pour objectif de regrouper et mettre à disposition des données de domaines variés relatives au territoire de Mayotte (agriculture, climat, transport, culture, nature paysage biodiversité, *etc.*).

3.2. Plateformes nationales

Référentiel taxonomique Taxref

Le référentiel taxonomique Taxref (Gargominy *et al.*, 2021) a pour objectif de lister toutes les espèces présentes sur le territoire français et de leur attribuer un nom scientifique unique. Ce travail nécessite de synthétiser les informations issues de sources variées telles que les bases de données numériques, les articles scientifiques de synthèse ou de description des espèces mentionnant la présence d'espèces sur le territoire. Cet outil conçu pour servir de référence devrait donc progressivement absorber les informations actuellement présente dans toutes les autres sources de données. Mais la convergence des données vers ce référentiel occasionnera nécessairement un temps de latence entre les différentes mises à jour.

Sur le département de Mayotte la liste des espèces d'insectes et d'araignées comprend 971 espèces dans la version 15 (dont 313 coléoptères, 233 lépidoptères, 116 hyménoptères, 97 diptères et 51 araignées). Cependant, de nombreuses espèces recensées de l'île de Mayotte ne sont pas encore intégrées au référentiel qui est encore très incomplet.

Les informations résumées au paragraphe 2.2 permettent de mesurer l'étendue du travail restant à accomplir. A ce jour, il est fort probable que moins de 10% des espèces réellement présentes à Mayotte soient recensées.

Données d'occurrences des taxons de l'INPN

Le standard des données de l'INPN pour l'occurrence des taxons a défini un format commun de données incluant des attributs obligatoires, recommandés ou facultatifs (Jomier, 2018) pour le partage des données. Un certain nombre de ces attributs pourrait être utilisés pour juger de la fiabilité des données. À titre d'exemple, le sexage des individus de très petite taille peut être un indice de l'expérience du déterminateur alors que le stade de développement du spécimen peut renseigner sur la difficulté de détermination du taxon. De nombreux champs peuvent ainsi s'avérer être des sources d'informations pertinentes (description incluant la qualité des photos, conditions météorologiques d'observations, *etc.*).





Plateforme thématique UMS Patrimoine Naturel

Les plateformes thématiques effectuent des analyses transversales en utilisant des regroupements de données (association d'observations) de la biodiversité et de la géodiversité dans le but d'améliorer les politiques publiques (Jomier, 2018). L'occurrence d'un taxon particulier pouvant par exemple être associée à des données météorologiques, c'est le cas de certains coléoptères émergeant après les fortes pluies.

Plateformes utiles à la cartographie des espaces naturels

Différentes plateformes publiques apportent des données cartographiques sur le type d'habitat, les niveaux de conservation ou de protection des espaces naturels de Mayotte. Le manque de connaissances sur la biologie des arthropodes terrestres de Mayotte rend pour le moment le lien avec ce type de données difficile.

Plateformes	Informations disponibles
Inventaire National du Patrimoine naturel (INPN) (MNHN & OFB, 2003-2022)	Cartographie des ZNIEFF de Mayotte, cartographie des espaces protégés et gérés.
Conseil National de l'Information Géolocalisée (CNIG, 2022)	Cartographie IGN (ex. forêts publiques, zones humides, parcs nationaux etc...).
Base Mascarine Cadetiana Mayotte Conservatoire Botanique National des Mascarin (CBNM, 2016)	Recensement et cartographie de la flore et des habitats de l'île.

Suivi Photographique des Insectes POLLinisateurs (SPIPOLL)

Ce projet de science participative a pour but d'obtenir des données quantitatives à partir de photographie d'insectes pollinisateurs ou floricoles, sur l'ensemble de la France métropolitaine (Jomier & Lois, 2019).

3.3. Plateformes internationales

Plateformes issues d'organisations mondiales

Les données des plateformes fondées par des organisations internationales peuvent être utilisées pour évaluer la fiabilité d'une donnée sur le territoire de Mayotte.

Plateformes	Fondateurs	Informations disponibles
GBIF (2022)	OCDE	Réseau international de données sur la biodiversité dans le monde.
CABI (2022)	Commonwealth	Référentiel des espèces invasives dans le monde.





Plateformes indépendantes

De nombreuses plateformes en libre accès se sont développées ces dernières années et sont devenues des sources de données incontournables dans des champs taxonomiques précis. Les publications scientifiques utilisées comme sources pour les données y sont généralement mentionnées. De nombreuses espèces présentes sur le territoire de Mayotte sont recensées dans ces bases de données numériques mais n'ont pas encore été prises en compte dans le référentiel Taxref. Ces dernières bénéficient d'une actualisation en temps réel.

Nous listons ici quelques plateformes numériques mentionnant des espèces présentes sur le territoire de Mayotte.

Plateformes	Fondateurs	Informations disponibles
BOLD Barcode of Life Data System (Ratnasingham & Hebert, 2007)	Centre de biodiversité génomique du Canada	Base de données référençant les barcodes pour les arthropodes dans le monde.
ANTWEB (+ANTCAT) (Bolton, 2022)	California Academy of science	Catalogue et bibliographie des fourmis du monde entier apportant également des informations de répartitions géographiques et d'écologie des espèces.
WSCA World Spider Catalog Association (2022)	Norman I. Platnick (Muséum d'histoire naturelle de New York) et Musée d'histoire naturelle de Berne (Suisse)	Catalogue et bibliographie des araignées du monde entier.

3.4. Listes d'espèces réglementaires

Des documents utilisés comme références par les administrations intègrent des listes d'espèces associées à des informations relatives à la conservation de la biodiversité ou des espaces naturels. Certaines de ces listes, créées précocement comme base de travail (et n'étant qu'à leur première version), doivent être interprétées avec prudence (quelques erreurs ayant été détectées).

Liste réglementaires	Informations disponibles
Référentiel illustré de la faune terrestre protégée de Mayotte (DEAL Mayotte, 2019)	Informations relatives à l'identification (nom scientifique, description, illustration), à la biologie (phénologie, habitat préférentiel), au statut sur le territoire (distribution, endémicité, rareté, menaces) ainsi qu'aux protocoles d'observations pour 44 espèces protégées (33 insectes, 9 araignées, un scorpion et un Bernard l'ermite).
Liste des espèces déterminantes et patrimoniales pour les ZNIEFF de Mayotte (Parnaudeau & Cazanove, 2015)	Information sur l'endémicité, la rareté apparente et la mention d'espèces en limite d'aires géographiques. La présence d'au moins une espèce déterminante est nécessaire à l'établissement d'une ZNIEFF de type 1.
Liste rouge IUCN (IUCN, 2021)	Il n'existe pas de liste rouge IUCN au niveau régional pour les arthropodes terrestres de Mayotte, néanmoins les statuts de conservation de 35 espèces présentes à Mayotte ont été évalués à l'échelle mondiale. Ces évaluations intègrent des critères de rareté et de menaces variés.





3.5. Littérature scientifique

La littérature scientifique rassemble les articles publiés dans des revues scientifiques spécialisées nécessitant l'approbation (*i.e.* l'examen et la validation des résultats et de la rigueur de la méthode scientifique) par un comité de lecture. Ce dernier est constitué de pairs indépendants intervenant anonymement pour les auteurs en leur qualité de scientifique spécialisé dans le domaine visé. Généralement produite par des chercheurs mais aussi par d'autres acteurs de la communauté scientifique, la littérature scientifique permet aux auteurs de présenter de manière détaillée leurs études et leurs conclusions. Elle constitue un élément indispensable pour l'évaluation de la fiabilité des données entomologiques.

Bien que l'anglais soit la langue prédominante, la littérature scientifique existe en plusieurs langues et les revues scientifiques sont très nombreuses. Ces dernières peuvent être accessibles *via* des plateformes de recherche en ligne et sont souvent payantes. La littérature scientifique est souvent très dispersée et le rassemblement des informations relatives à une espèce constitue un travail de synthèse bibliographique à part entière.

3.6. Littérature grise

De nombreux documents traitant de l'entomofaune de Mayotte ont été produits ces dernières années par des acteurs variés pour des études d'impacts, des diagnostics en milieux cultivés ou encore des évaluations du niveau de conservation des espaces naturels. Certains documents issus de financements publics ou privés contiennent parfois des informations diffuses qui ne sont pas encore recensées et fiabilisées par les plateformes régionales (photographies opportunistes, commentaires sur l'écologie des espèces, graphiques, *etc.*).





4. CONSTATS ET CHOIX STRATEGIQUES

4.1. Mise en œuvre et niveaux de fiabilité

Dans le cadre du SINP, un travail de recensement des systèmes de validation existants a permis de mettre en évidence la diversité des outils et procédures de contrôle de forme et de fond pouvant être mis en place dans le vaste champ des données d'occurrences des taxons (Robert *et al.*, 2015). Plus récemment, de nombreux systèmes de validations scientifiques des taxons ont été proposés à l'île de La Réunion (Le Tellier *et al.*, 2019).

Le champ taxonomique des insectes et autres arthropodes terrestres à Mayotte associe un périmètre d'application particulièrement vaste (des milliers d'espèces) à un niveau de connaissance très faible (espèces méconnues, non recensées ou à découvrir) rendant la mise en place d'un protocole de validation scientifique des données difficile.

La recherche d'un niveau de précision maximum lors du processus d'évaluation de la fiabilité des données en multipliant le nombre de critères et de conditions à tester, augmentent considérablement la complexité de l'outil d'évaluation, les risques d'erreurs et les difficultés de mise en œuvre par les administrateurs et les têtes de réseaux. L'intégration de données en temps réel en multipliant les sources d'informations disponibles impliquent par exemple des contraintes logistiques importantes. Il pourrait être pertinent de développer des outils de validation pour des périmètres taxonomiques plus réduits (ex. l'Ordre) afin d'intégrer les spécificités inhérentes aux différents groupes.

A contrario, la mise en place d'un outil minimaliste garantissant un déploiement efficace et une prise en main facile par les acteurs risquerait d'aboutir à un niveau de validation plus faible ne permettant pas d'utiliser toute l'information disponible pour tester la fiabilité d'une donnée.

Le présent protocole est une première tentative de mise en place d'un outil robuste permettant une évaluation progressive de la fiabilité des données entomologiques sur le territoire de Mayotte pour une mise en œuvre réaliste. Il devra toutefois être régulièrement mise à jour avec l'évolution des connaissances.

4.2. Incomplétude de Taxref

Pour le moment, la liste des espèces en présence étant largement incomplète (Gargominy *et al.*, 2021), les présences ou absences d'espèces au regard de cette liste ne suffisent pas à elles seules à définir un degré de fiabilité d'une donnée. Ainsi, une donnée correspondant à un taxon absent de la liste de Taxref Mayotte ne peut pas être automatiquement validée à la valeur « douteuse » car la majorité des espèces ne sont pas encore référencées par Taxref. De même, une donnée correspondant à un taxon présent dans la liste Taxref de Mayotte ne peut pas automatiquement être validée à la valeur « probable » pour son lieu de collecte en raison du nombre important de taxons présents aussi bien à Mayotte qu'ailleurs dans le monde. Il n'est donc pour le moment pas jugé pertinent d'utiliser cette liste en validation automatique.

Ce critère sera cependant d'autant plus fort que la base Taxref sera complète et son impact sur la fiabilité des données est amené à évoluer avec le temps au même titre que le protocole de validation. La validation scientifique de données pourra également aiguiller l'actualisation progressive du référentiel Taxref dans le cas où les taxons validés ne seraient pas encore référencés. C'est pourquoi, bien que d'autres bases numériques citent la présence de nombreuses espèces à Mayotte sur la base de sources scientifiques, l'attente de la mise à jour de Taxref est jugée préférable à la multiplication d'autres sources d'informations qui risquerait de rendre le processus de validation difficile.





4.3. Pointage des données douteuses

Le standard des données d'occurrences des taxons de l'INPN permet l'accès à un nombre important de champs au-delà de la simple combinaison « Taxon/Date/Lieu » que l'on qualifie de périmètre élargi (taille des spécimens, sexe, effectifs *etc.*). L'utilisation de ces informations dans le cadre de la validation scientifique du périmètre minimal nécessiterait idéalement une validation scientifique préalable du périmètre élargi.

Il est donc difficile d'évaluer une donnée à la valeur « probable » ou « certaine – très probable » sur la seule base d'informations provenant du périmètre élargi. De plus, cela présenterait le risque de la validation mutuelle des composants d'un même raisonnement. La taille du spécimen pourrait par exemple être jugée probable au regard de l'identification du taxon, alors que l'identification d'un taxon aurait été préalablement jugée probable au regard de la taille du spécimen. Ce type d'erreur pouvant s'avérer de plus en plus difficile à déceler à mesure de la multiplication des données, des acteurs et des outils de validation dans le temps.

Par opposition, l'utilisation de ces informations pour pointer des incohérences entre différents champs menant à une évaluation à la valeur « douteuse » ne présente aucun risque. La relation entre la taille du spécimen et l'identification du taxon peut par exemple être jugée douteuse. À ce titre, la validation automatique peut être utilisée comme un filtre préalable pour la détection de problèmes.

Note : le statut d'une donnée douteuse peut par la suite évoluer au cours de la validation manuelle.

4.4. Moyens humains indispensables

La mise en place de validation automatique et la construction d'arbres décisionnels pour la validation manuelle peut permettre d'améliorer la précision des niveaux de fiabilité. Cependant, la validation, dans le champ de l'entomologie, au niveau « certain – très probable » voir même « probable » passe nécessairement par le déploiement de moyens humains et le contrôle par des experts. Cela est vrai à la fois pour leurs compétences de spécialistes que par leurs capacités à traiter au cas par cas et en temps réel, un ensemble d'informations inhérentes aux jeux de données (mais aussi aux échantillons, à leur expérience professionnelle, *etc.*) qu'il est difficile voire impossible de simuler automatiquement. C'est pourquoi l'utilisation de circuits courts « tête de réseau – déterminateurs » apparaît particulièrement pertinente.

Pour des jeux de données conséquents (fréquents en entomologie), la sollicitation de l'expertise peut nécessiter des temps de travail importants relatifs au contrôle des données, des spécimens, ou encore à la vérification d'un nombre important de photographies. Ces travaux nécessitent, tout comme l'investissement dans des études moléculaires (barcoding), des moyens humains spécifiques à la validation scientifique des données.

4.5. Expérience des producteurs

Contrairement aux collectes de données fortuites par des observateurs peu concernés, les quantités les plus importantes de données entomologiques sont générées par des protocoles d'échantillonnages réalisés par des entomologistes. C'est pourquoi, s'il peut parfois s'agir d'amateurs passionnés ou d'étudiants, les producteurs de données sont souvent des entomologistes expérimentés. Dans ce dernier cas la possibilité offerte à la tête de réseau de valider directement les données selon une évaluation de l'expérience du producteur favoriserait la validation et la mise à disposition rapide des données.



5. DONNEES DE REFERENCES

5.1. Données de références pour la validation automatique

Liste des attributs du standard des données utilisés

Liste des attributs du standard des données (Jomier, 2018) utilisés dans le cadre de la validation automatique.

Code	Statut	Définition
nomCite	Obligatoire	Nom cité à l'origine par l'observateur.
statSource	Obligatoire	Indique si la DS de l'observation provient directement du terrain (via un document informatisé ou une base de données), d'une collection, de la littérature ou n'est pas connue.
occStadeDeVie	Recommandé	Stade de développement du sujet de l'observation.



**Liste des groupes taxonomiques présentant un risque de confusion important**

Cette liste correspond à des taxons dont la détermination comporte un risque de confusion important entre espèces présentant des patterns morphologiques proches sur le territoire de Mayotte. Les taxons présents dans cette liste peuvent être de niveaux hiérarchiques différents (ex. famille, genre ou espèce). Ils peuvent, dans certains cas, ne pas être présents sur le territoire de Mayotte mais présenter le risque d'être cités par erreur. Certains taxons ont également été jugés comme particulièrement difficiles à identifier (ex. espèces sombres ou très petites, examen des pièces génitales obligatoire, etc.). Quelques espèces présentant des risques de confusion sont illustrées en annexe 1 à titre d'exemple.

A-C	D-N	N-U
Taxons à risque	Taxons à risque	Taxons à risque
<i>Acrosternum</i> Fieber, 1860	Dermestidae Latreille, 1804	<i>Nephele comoroana</i> Clark, 1923
<i>Alphitobius</i> Stephens, 1829	Diaspididae Targioni-Tozzetti, 1868	<i>Nephila comorana</i> Strand, 1916
<i>Amauris nossima</i> (Ward, 1870)	<i>Dysdercus</i> Amyot & Audinet-Serville, 1835	<i>Nezara</i> Amyot & Serville, 1843
Anthorcoridae Fieber, 1837	<i>Dysgonia angularis</i> (Boisduval, 1833)	<i>Orphanostigma abruptalis</i> (Walker, 1859)
Anthribidae Billberg, 1820	<i>Dysgonia masama</i> (Griveaud, 1981)	<i>Oryctes comoriensis</i> Fairmaire, 1893
Aphodiinae Leach, 1815	<i>Enicospilus</i> Stephens, 1835	<i>Oryctes mayottensis</i> Dechambre, 1982
<i>Argyrodes chounquii</i> Lopez, 2010	<i>Eurema floricola anjuana</i> (Butler, 1879)	<i>Oryctes monoceros</i> (Olivier, 1789)
<i>Belenois creona</i> (Cramer, 1776)	Formicidae Latreille, 1809	<i>Oryctes pyrrhus</i> Burmeister, 1847
<i>Blattella germanica</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Gonocephalum</i> Solier, 1834	<i>Oryctes simiar dujardini</i> Dechambre, 1987
Carabidae Latreille, 1802	<i>Grosphus mayottensis</i> Lourenço & Goodman, 2009	<i>Parapoinx fluctuosalis</i> (Zeller, 1852)
Cerambycidae Latreille, 1802	<i>Heliophanus comorensis</i> Dierkens, 2012	Phycitinae Zeller, 1839
<i>Chloroclystis toreumata</i> Prout, 1937	<i>Heliophanus excentricus</i> Ledoux, 2007	<i>Piezodorus</i> Fieber, 1860
<i>Cimex lectularius</i> Linnaeus, 1758	<i>Heliophanus hamifer</i> Simon, 1886	<i>Pingasa griveaudi</i> Herbulot, 1966
<i>Cleora rothkirchi insularum</i> Fletcher, 1967	<i>Hersilia aldabrensis</i> F. & D.-S., 2006	<i>Pingasa rhammaria signifrontaria</i> (Mabille, 1893)
<i>Cleora transversaria</i> (Pagenstecher, 1907)	<i>Hersilia madagascariensis</i> (Wunderlich, 2004)	<i>Polytoxus</i> Gené, 1842
Coccidae Fallen, 1814	Histeridae Gyllenhal, 1808	<i>Portia africana</i> (Simon, 1886)
<i>Coelonia fulvinitata</i> (Butler, 1875)	<i>Hypolimnas antheodon drucei</i> (Butler, 1874)	<i>Portia schultzi</i> Karsch, 1878
<i>Coelonia solani</i> (Boisduval, 1833)	<i>Hypolimnas dubius</i> Palisot de Beauvois, 1805	<i>Pseudophonocetus</i> Schouteden, 1913
<i>Coelonia solani comorana</i> Clark, 1927	<i>Leptocoris</i> Hahn, 1833	<i>Pycnoscelus indicus</i> (Fabricius, 1775)
<i>Colocleora comoraria</i> (Oberthür, 1913)	<i>Leptotes mayottensis</i> (Tite, 1958)	<i>Pycnoscelus surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)
Cossoninae Schoenherr, 1825	<i>Leucania Ochsenheimer</i> , 1816	<i>Rodolia fumida</i> Mulsant, 1850
<i>Cratopus deficiens</i> (Pascoe, 1886)	Lygaeinae Schilling, 1829	<i>Rodolia mayottensis</i> Fürsch, 2003
<i>Cratopus denudatus</i> Fairmaire, 1898	<i>Mesomorphus villiger</i> (Blanchard, 1853)	<i>Scopula</i> Schrank, 1802
<i>Cratopus ditissimus</i> Boheman, 1840	<i>Myriochila perplexa</i> (Dejean, 1825)	Staphylinidae Latreille, 1802
<i>Cratopus viridisparvus</i> Fairmaire, 1896	<i>Myriochila trilunaris</i> (Klug, 1833)	<i>Trigoniulus corallinus</i> (Gervais, 1842)
Cydinidae Billberg, 1820	<i>Mythimna</i> Stal, 1860	<i>Utetheisa pulchella pulchella</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Cyligramma</i> Boisduval, 1833	<i>Nephele comma</i> Hopffer, 1857	





5.2. Données de références pour la validation manuelle

Référentiel pour l'expérience du déterminateur

L'expérience du déterminateur est le critère sélectionné pour l'évaluation de la fiabilité d'une détermination taxonomique.

Type	Définition
0	Inconnu.
1	Observateur opportuniste : observateur faiblement concerné ayant fait une observation ponctuelle ou fortuite.
	Naturaliste : professionnel exerçant ou ayant exercé son métier dans le cadre plus général de la biodiversité et de l'environnement.
	Entomologiste de niveau technique: amateur passionné ayant un fort intérêt pour l'entomologie et récoltant depuis de nombreuses années des informations relatives à l'entomologie, étudiant en entomologie ou professionnel exerçant son métier dans le domaine de l'entomologie (technicien d'élevage en laboratoire, désinsectiseur, apiculteur, etc.) n'ayant jamais publié dans des revues scientifiques.
2	Entomologiste expérimenté : professionnel ou amateur spécialisé en entomologie et ayant publié dans des revues scientifiques avec comité de lecture traitant de l'entomologie.
3	Entomologiste spécialisé : expert professionnel ou amateur spécialiste du sous-groupe taxonomique visé et ayant décrit des espèces ou réalisé la révision de familles ou de genres pour ce groupe dans des revues scientifiques avec comité de lecture.

Référentiel pour les protocoles d'acquisitions de données

Les protocoles d'acquisition des données sources peuvent renseigner sur l'expérience de l'observateur, sur les difficultés de détermination associée au conditionnement, ou sur les possibilités de transmission du matériel biologique à des spécialistes.

Type	Définition
0	Inconnu.
1	Observation visuelle du spécimen <i>in situ</i> sans collecte ni photographie.
2	Photographie opportuniste de spécimen <i>in situ</i> .
	Photographie <i>in situ</i> suite à la mise en œuvre d'un dispositif d'échantillonnage ou d'observation spécifique (piège lumineux, piège malaise, etc.) ou photographie de spécimen ou partie de spécimen en laboratoire.
3	Spécimen entier préservé en tube avec un conservateur (alcool à 70° ou 90°, acétate d'éthyle, etc.).
4	Spécimen naturalisé et préservé à sec en boîte de collection.
5	Parties de spécimens disséqués et préservés en alcool ou entre lame et lamelle pour observation microscopique (ex. <i>genitalia</i>).
6	Fragments ou sous-produits de spécimen préservés en alcool.
7	Méthodes indirectes (ex. écoute de stridulation, observation de traces, de dégâts...).





Liste d'espèces facilement reconnaissables

Cette liste correspond à des espèces facilement reconnaissables (ex. par leur taille, leur couleur, la présence de patterns morphologiques remarquables) et présentant un faible risque de confusion avec d'autres taxons sur le territoire de Mayotte. Une attention particulière a été portée sur le niveau de variabilité morphologique au sein d'un même genre, sur la présence ou non d'espèces du même genre dans la zone biogéographique proche et sur les risques vis-à-vis de taxons proches morphologiquement et pouvant être inconnus à ce jour ou introduits à l'avenir. La présente liste devra donc faire l'objet d'une actualisation régulière selon l'évolution des connaissances. L'intégralité des espèces de cette liste est illustrée à l'annexe 2.

A-H

Espèces remarquables
<i>Acherontia atropos</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Agathodes musivalis</i> Guenée, 1854
<i>Amerila vitrea saalmuelleri</i> (Rothschild, 1911)
<i>Anax imperator mauricianus</i> (Rambur, 1842)
<i>Antherina suraka comorana</i> Viette, 1965
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758
<i>Argina astrea</i> (Drury, 1773)
<i>Asemonea bimaculata</i> Dierkens, 2014
<i>Bocchoris inspersalis</i> (Zeller, 1852)
<i>Byblia anvatara</i> (Boisduval, 1833)
<i>Cadarena pudoraria</i> (Hübner, 1825)
<i>Charaxes saperanus</i> Poulton, 1926
<i>Cheilomenes sulphurea</i> (Olivier, 1791)
<i>Cirrhochrista griveaudalis</i> Viette, 1961
<i>Colotis euippe</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Digama sagittata duberneti</i> Viette, 1972
<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius, 1787)
<i>Eagris sabadius isabella</i> Turlin, 1995
<i>Elpis dolens</i> Mulsant, 1850
<i>Euchloron megaera lacordairei</i> (Boisduval, 1833)
<i>Eugnoristus monachus</i> (Olivier, 1807)
<i>Filodes costivitalis</i> Guenée, 1862
<i>Gasteracantha rhomboidea comorensis</i> Strand, 1916
<i>Ghesquierellana hirtusalis hirtusalis</i> (Walker, 1859)
<i>Harmonia coryphaea</i> (Guérin, 1842)
<i>Heteropsis narcissus mayottensis</i> (Oberthür, 1916)

H-Z

Espèces remarquables
<i>Hydriris ornatalis</i> (Duponchel, 1832)
<i>Hypolimnas misippus</i> Linnaeus, 1764
<i>Junonia goudoti</i> (Boisduval, 1833)
<i>Junonia oenone</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Junonia rhadama</i> (Boisduval, 1833)*
<i>Lagria villosa</i> (Fabricius, 1781)
<i>Leptaulaca undecimpunctata</i> (Klug, 1833)
<i>Macroglossum aesalon sainsoni</i> Turlin, 1996
<i>Neptis mayottensis</i> Oberthür, 1890
<i>Nilus majungensis</i> (Strand, 1907)
<i>Nyctemera insulare</i> (Boisduval, 1833)
<i>Palpopleura lucia</i> (Drury, 1773)
<i>Papilio demodocus</i> Esper, 1798
<i>Phalanta phalantha aethiopica</i> (Rothschild & Jordan, 1903)
<i>Protaetia aurichalcea</i> (Fabricius, 1775)
<i>Proxhyle comoreana</i> De Toulgoët, 1959
<i>Pseudoclanis grandidieri comorana</i> Rothschild & Jordan, 1916
<i>Rhyothemis semihyalina</i> (Desjardins, 1832)
<i>Sternotomis thomsoni</i> Buquet, 1855
<i>Symbellia mayotteana</i> Descamps & Wintrebert, 1969
<i>Tagiades insularis mayotta</i> Evans, 1937
<i>Trachelophorus humeralis</i> (Olivier, 1807)
<i>Xylocopa caffra</i> (Linnaeus, 1767)
<i>Xystrocera globosa</i> (Olivier, 1795)
<i>Zebronia phenice</i> (Stoll in Cramer, 1782)

* Espèce non répertoriée dans Taxref (références associées : Turlin, 1994d, Rochat *et al.*, 2010, Balletto *et al.*, 2015)





6. FONCTIONNEMENT DE LA VALIDATION

6.1. Clé dichotomique de validation automatique

Principe de clé dichotomique : série de critères numérotés énonçant des alternatives opposées, le choix d'une alternative impliquant le résultat en fin de ligne. Un chiffre en fin de ligne indique le prochain critère à tester. Un chiffre entre parenthèse indique le critère précédemment testé.

1	
Rang taxonomique espèce indéterminé (attribut nomCite)	Non réalisable
Rang taxonomique espèce déterminé	2
2(1)	
Source de l'observation (attribut statSource) inconnue	Douteux
Source de l'observation connue	3
3(2)	
Espèce appartenant à un groupe taxonomique avec risque de confusion important	Douteux
Espèce n'appartenant pas à un groupe taxonomique avec risque de confusion important	4
4(3)	
Stade de développement (Attribut occStadeDeVie) renseigné et différent de l'adulte	Douteux
Stade de développement adulte ou non renseigné	Non évalué

Note : à l'exception des données ayant le statut « non réalisable », toutes les données issues de la validation automatique peuvent ensuite être soumises à la validation manuelle.





6.2. Clé dichotomique de validation manuelle

Principe de clé dichotomique : série de critères numérotés énonçant des alternatives opposées, le choix d'une alternative impliquant le résultat en fin de ligne. Un chiffre en fin de ligne indique le prochain critère à tester. Un chiffre entre parenthèse indique le critère précédemment testé.

1	
L'identification est basée sur une méthode d'identification indirecte de protocole type 7	2
L'identification est basée sur une identification morphologique ou moléculaire.....	3
2(1)	
Identification indirecte par déterminateur de type 3.....	Probable
Identification indirecte par un déterminateur de type 2 ou 1.....	Douteux
3(2)	
Identification morphologique par un déterminateur de type 3.....	Certain – très probable
Pas d'identification morphologique par un déterminateur de type 3.....	4
4(2)	
Identification moléculaire.....	Probable
Pas d'identification moléculaire.....	5
5(4)	
Identification morphologique par un déterminateur de type 2	Probable
Identification morphologique par un déterminateur de type 1.....	6
6(5)	
Protocole de type 1.....	Non réalisable
Protocole différent.....	7
7(6)	
Protocole de type 2.....	8
Protocole différent.....	9
8(7)	
Espèce présente sur la liste des espèces facilement reconnaissables.....	Probable
Espèce non présente sur la liste des espèces facilement reconnaissables.....	
.....	Vérification des photographies par un déterminateur de type 2 ou 3
9(7)	
Protocole de type 3 ou 4.....	Vérification des spécimens par un déterminateur de type 2 ou 3 ou barcoding
Protocole de type 5.....	Vérification du matériel biologique par à un déterminateur de type 3
Protocole de type 6.....	Barcoding

Note : la validation manuelle peut prendre en compte toutes les données issues de la validation automatique à l'exception des données ayant le statut « non réalisable ».





6.3. Arbre décisionnel de validation automatique

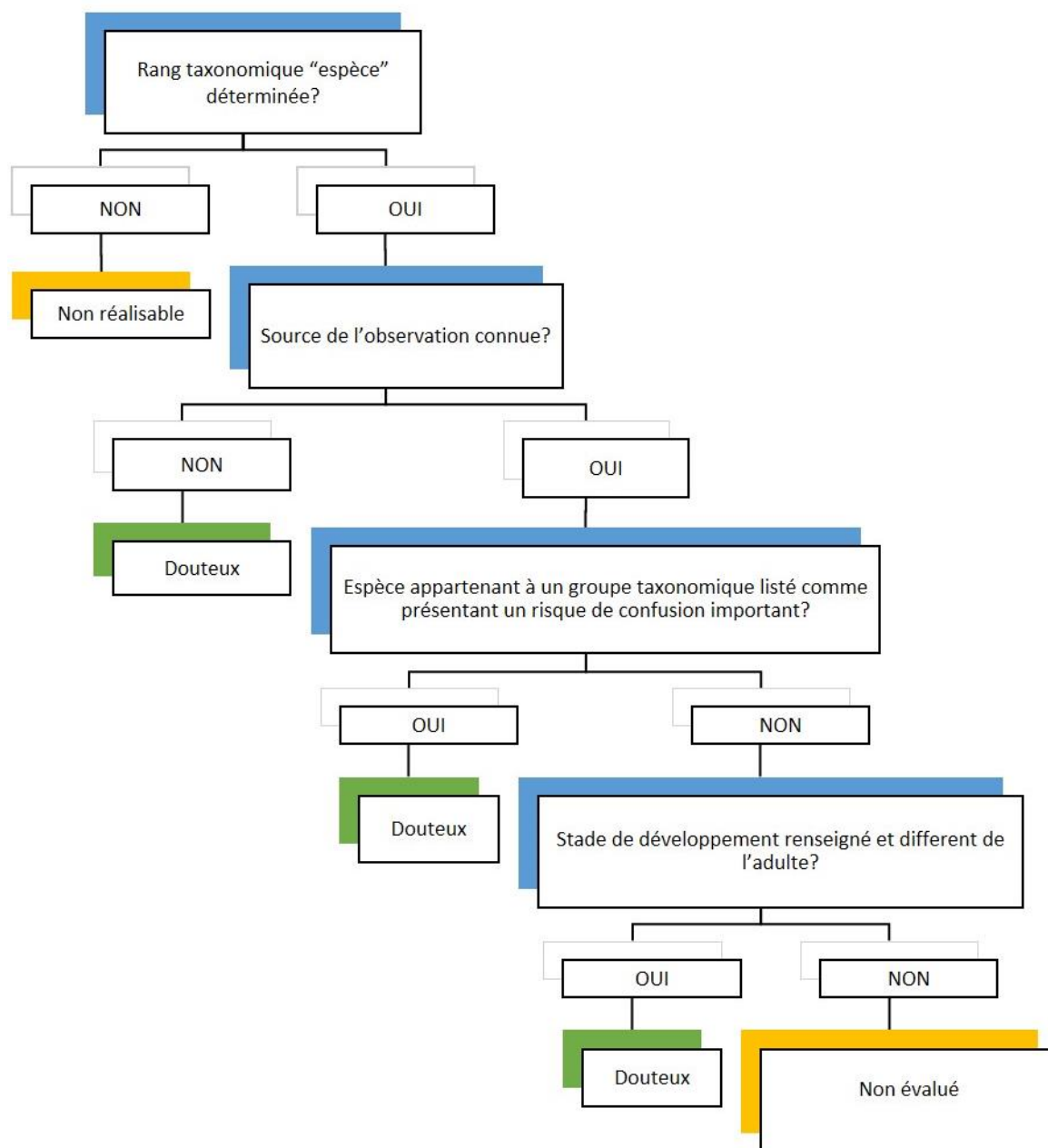


Figure 1. Arbre décisionnel de la validation scientifique automatique pour les arthropodes terrestres de Mayotte (cf. données de références)

Note : à l'exception des données ayant le statut « non réalisable », toutes les données issues de la validation automatique peuvent ensuite être soumises à la validation manuelle.





6.4. Arbre décisionnel de validation manuelle

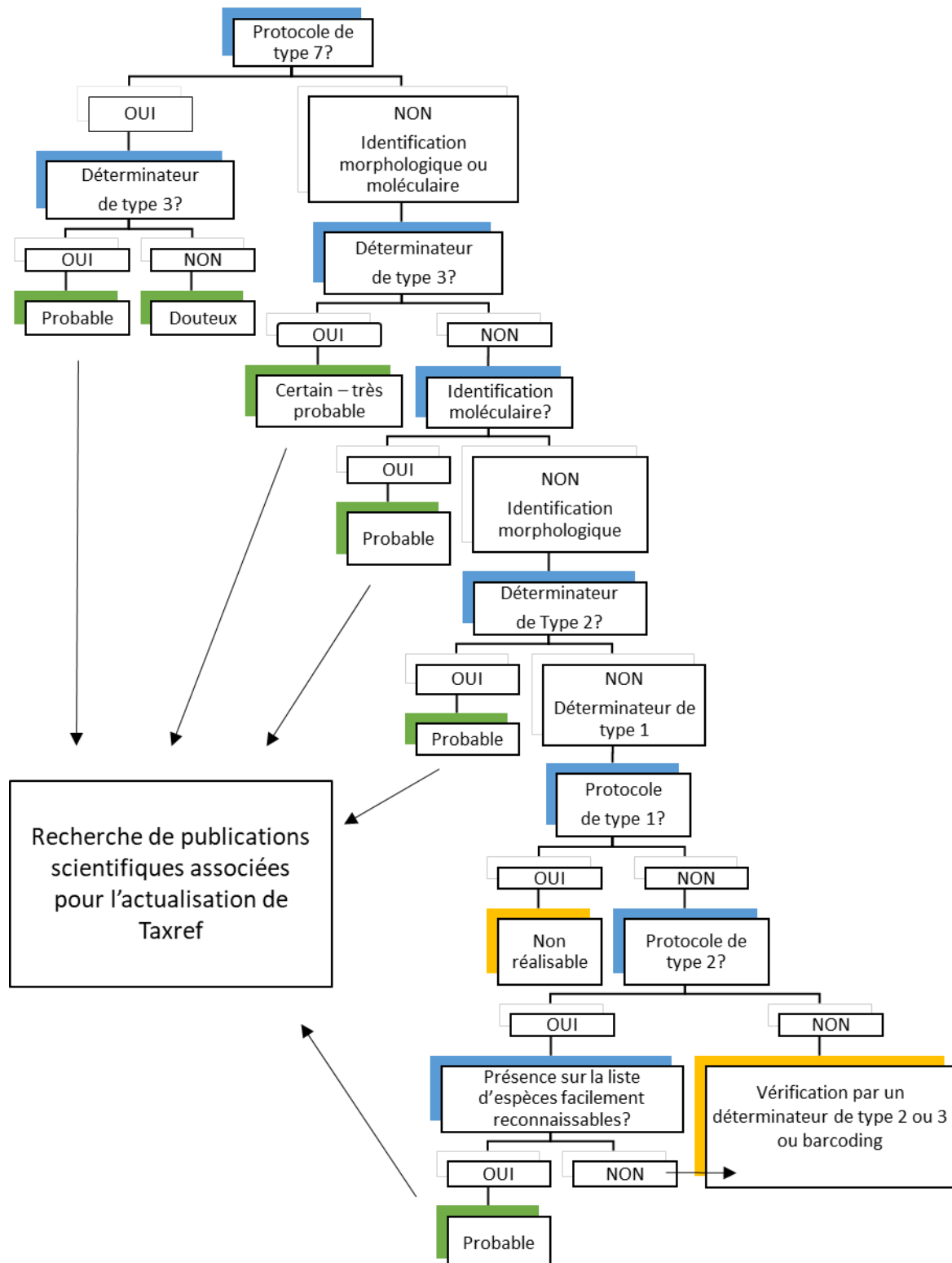


Figure 2. Arbre décisionnel de la validation scientifique manuelle pour les arthropodes terrestres de Mayotte (cf. données de références)

Note : la validation manuelle peut prendre en compte toutes les données issues de la validation automatique à l'exception des données ayant le statut « non réalisable ».





7. NOTICE D'UTILISATION

7.1. Vérification de l'expérience du déterminateur

La notion de déterminateur fait ici référence à la dernière personne ayant identifiée le taxon au rang taxonomique le plus fort. Le déterminateur peut-être le producteur de données lui-même en tant qu'observateur ou une autre personne intervenue après l'observation ou la collecte, avant ou au cours du processus de validation scientifique.

L'expérience du déterminateur doit être établie selon le référentiel pour l'expérience du déterminateur présenté au paragraphe « données de références » du présent document. Elle peut être validée par une vérification des critères mentionnés (ex. preuve de publications scientifiques à comité de lecture pour le champ taxonomique concerné) et nécessite le cas échéant une prise de contact avec le déterminateur.

7.2. Vérification selon le protocole d'acquisition de données

Dans le cas précis d'une identification par un déterminateur de type 1 et en l'absence d'identification moléculaire (position 6(5) de la clé dichotomique de validation manuelle), le type de protocole d'acquisition de données doit être établi selon le référentiel pour les protocoles d'acquisitions de données présenté au paragraphe « données de références ».

Afin d'améliorer les niveaux de fiabilité des données et selon le type de protocole d'acquisition de données, des photographies, spécimens ou partie de spécimens peuvent être transmises (le cas échéant avec l'autorisation du producteur de données) à un nouveau déterminateur plus expérimenté. Des spécimens ou partie de spécimens peuvent également être utilisés pour des identifications moléculaires.

Dans l'attente de la vérification par un nouveau déterminateur ou d'une identification moléculaire, la donnée reste au niveau « non évalué ».

7.3. Actualisation de Taxref

Dans le cas où le processus de validation scientifique aboutirait à la validation au niveau « certain-très probable » ou « probable » d'un taxon non référencé dans Taxref, les informations pourront être transmises au gestionnaire de la base afin qu'il puisse rechercher des publications scientifiques correspondantes et actualiser le référentiel.

7.4. Validation d'un nom de taxon différent de celui indiqué par l'observateur

En accord avec le producteur, la validation peut aboutir à **retenir un nouveau nom** pour le taxon observé. Ce nom est stocké dans un champ spécifique n'écrasant pas le nom cité à l'origine (Le Tellier 2019).

7.5. Validation de données d'observation négative

Les données d'observation négative sont **exclues de la phase de validation automatique**. Lors de la validation manuelle, le validateur doit vérifier que l'observation négative est intentionnelle et non le résultat d'une erreur de manipulation, puis vérifier que toutes les conditions soient remplies pour s'assurer de l'absence du taxon concerné (Le Tellier 2019). En effet une observation négative correspond à une preuve d'absence probable d'un taxon en un lieu donné par la mise en œuvre de protocoles particuliers. Il ne s'agit pas d'une absence d'observation en un lieu donné qui serait lié à un manque de connaissances.





BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

Ackery P.R., Smith C.R. & Vane-Wright R.I. (1995) *Carcasson's African Butterflies, an annotated catalogue of the Papilionoidea and Hesperioidea of the Afrotropical Region*. The Natural History Museum, London, UK / CSIRO. 803pp.

AntWeb (2022) Version 8.76.4. California Academy of Science, online at <https://www.antweb.org>. Accessed on 01/06/22.

Balletto E., Barbero F., Casacci L., Chakira H., Dafiné A. & Ouledi A. (2015) *Les Papillons Diurnes des Îles Comores / The Butterflies of the Comoros*. Pensoft Publishers, Sofia, Bulgaria. 286pp.

Bolton B. (2022) An online catalog of the ants of the world. Available from <https://antcat.org>. (accessed 17/10/22)

CABI (2022) CABI Compendium. Wallingford, UK: CAB international. www.cabi.org

CINZ (2018) Code international de nomenclature zoologique. Quatrième Édition, texte Français. Disponible sur le site de la Commission internationale de nomenclature zoologique (CINZ) iczn.org (consulté le 01/12/2022). 179pp.

Cliquennois N. (2003) Une nouvelle espèce du genre *Leiophasma* de Mayotte (Phasmatoidea, Pygirhynchinae ?). *Bulletin de la Société entomologique de France*, **108**: 413–418.

CNIG (2022) Conseil National de l'Information Géolocalisée, France. www.géoportail.gouv.fr

DAF (Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Mayotte) (2000) *Arrêté DAF n°347 du 7 août 2000 fixant la liste des espèces animales terrestres (et tortues marines) protégées et les mesures de protection de ces espèces animales représentées dans la collectivité territoriale de Mayotte complétant les listes nationales*. 8pp.

Amorim D.S., Charles Morphy D. Santos, Krell F.T., Dubois A., Nihei S.S., Oliveira O.M.P., Pont A., Song H., Verdade V.K., Fachin D.A., Klassa B., Lamas C.J.E., Oliveira, S.S., De Carvalho C.J.B., Mello-Patiu C.A., Hajdu E., Couri M.S., Silva V.C., Capellari R.S., Falaschi R.L., Feitosa R.M., Prendini L., Pombal Jr. J.P., Fernández F., Rocha R.M., Lattke J.E., Caramaschi U., Duarte M., Marques A.C., Reis R.E., Kurina O., Takiya D.M., Tavares M., Fernandes D.S., Franco F.L., Cuezso F., Paulson D., Guénard B., Schlick-Steiner B.C., Arthofer W., Steiner F.M., Fisher B.L., Johnson R.A., Delsinne T.D., Donoso D.A., Mulieri P.R., Patitucci L.D., Carpenter J.M., Herman L. & Grimaldi D. (2016) Timeless standards for species delimitation. *Zootaxa*, **4137**: 121–128.

Conservatoire botanique national de Mascarin (Boullet V. coord.) (2016) Index de la flore vasculaire de Mayotte (Trachéophytes) : statuts, menaces et protections. Version 2016.1 (mise à jour du 16 décembre 2016). Conservatoire Botanique National de Mascarin, Antenne de Mayotte - Coconi - Disponible à <http://flore-maore.cbnm.org>

DEAL-Mayotte (2019) *Référentiel illustré de la faune terrestre protégée de Mayotte [Arrêté 361/DEAL/SEPR/2018]*. Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL) de Mayotte. 250pp.

Dechambre R.P. (1986) Insectes Coléoptères Dynastidae. *Faune de Madagascar*. **65**: 1–215.

Dechambre R.P. (1987) Un nouvel Oryctes de Mayotte: *O. simiar dujardini*, n. ssp. [Coleoptera Dynastidae]. *L'Entomologiste*, **43**: 21–22.

De Prins J. & De Prins W. (2022) Afromoths, online data-base of Afrotropical moth species (Lepidoptera). World Wide Web electronic publication (www.afromoths.net).

Dierkens M. (2012) Le genre *Heliophanus* (Araneae, Salticidae) à Mayotte (Comores), avec la description de *Heliophanus (Heliocapensis) comorensis* n. sp.. *Cahiers Musée des Confluences - Études scientifiques*, **3**: 71–74.

Dierkens M. (2014) Description de deux nouvelles Salticidae (Araneae) de Mayotte (Comores). *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, **83**: 5–13.

Dijkstra K.-D.B. & Clausnitzer V. (2014) The Dragonflies and Damselflies of Eastern Africa – Handbook for all Odonata from Sudan to Zimbabwe. Studies in Afrotropical Zoology vol. 298. Tevuren, Royal Museum for Central Africa. Belgium. 263pp.





Dijkstra K.-D.B. & Cohen C. (2021) *Libellules et Demoiselles de Madagascar et des Îles de l'Ouest de l'Océan Indien / Dragonflies and Damselflies of Madagascar and the Western Indian Ocean Islands*. Association Vahatra, Antananarivo, Madagascar. 194pp.

Emerit M. (1974) Arachnides araignées Araneidae Gasteracanthinae. *Faune Madagascar*, **38**: 1–215.

Ferrer J. & Poussereau J. (2019) *Les Ténébrionidés de l'île de La Réunion*. Orphie, Saint-Denis, Réunion, France. 223pp.

Gargominy O., Tercerie S., Régnier C., Ramage T., Dupont P., Daszkiewicz P. & Poncet L. (2021) TAXREF v15, référentiel taxonomique pour la France. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Archive de téléchargement contenant 8 fichiers.

Gargominy, O., Tercerie, S., Régnier, C., Ramage, T., Dupont, P., Daszkiewicz, P. & Poncet, L. (2021) *TAXREF v15, référentiel taxonomique pour la France : méthodologie, mise en œuvre et diffusion*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. Rapport UMS PatriNat (OFB-CNRS-MNHN). 63 pp.

GBIF: The Global Biodiversity Information Facility (2022) *What is GBIF?*. Available from <https://www.gbif.org/what-is-gbif>

Génier F. & Moretto P. (2017) *Digitonthophagus* Balthasar, 1959: taxonomy, systematics, and morphological phylogeny of the genus revealing an African species complex (Coleoptera : Scarabaeidae : Scarabaeinae). *Zootaxa*, **4248**: 1–110.

Gomy Y., Lemagnen R. & Poussereau J. (coord.) (2016) *Les Coléoptères de l'île de La Réunion*. Éditions Orphie, St-Denis, La Réunion. 759pp.

Hawltischek O., Eudeline R. & Rouillé A. (2020) *Indian Ocean Field Guide: Terrestrial fauna of the Comoros Archipelago*. 333pp.

Hugel S. (2009) New Landrevinae from Mascarene Islands and little known Landrevinae from Africa and Comoros (Grylloidea: Landrevinae). *Annales de la Société entomologique de France* (n.s.), **45**: 193–215.

IUCN (2021) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-2. <https://www.iucnredlist.org>

Johanson K.A. & N. Mary (2009) Description of three new caddisfly species from Mayotte Island, Comoros Archipelago (Insecta: Trichoptera). *Zootaxa*, 2089: 1–9.

Jomier R. & Lois G. (2019) *Occurrences des taxons et données issues du protocole : cas du Spipoll, principes généraux*, version 1.0, UMS, Paris, 7pp

Jomier R., Poncet L., Robert S., Milon T., Archambeau A.-S., Pamerlon S., Bourgoin T., De Monicault L., Barneix M., Fromage P., Carpy B., Callou C., Candelier S., Huguet A., Meunier D., Wódka-Gosse A., Gros-siord F., Guichard B., Landrieu G., Lafage B., (2018) *Standard de données SINP Occurrences de taxons*, version 2.0, UMS 2006 "Patrimoine naturel", Paris, 100pp.

Kuntner M., Hamilton C.A., Cheng R.C., Gregorič M., Lupse N., Lokovsek T., Lemmon E.M., Lemmon A.R., Agnarsson I., Coddington J.A. & Bond J.E. (2019) Golden orbweavers ignore biological rules: phylogenomic and comparative analyses unravel a complex evolution of sexual size dimorphism. *Systematic Biology*, **68**: 555–572.

Lacroix M. (2000–2009) Melolonthidae – Les Comores. World Wide Web electronic publication. <<http://hanne-tons.free.fr/comores.htm>>.

Lacroix M. & Poussereau J. (2019) *Les Scarabéidés de l'île de La Réunion*. Orphie, Saint-Denis, Réunion, France. 383pp.

Ledoux J.C. (2007) Araignées de l'île de La Réunion: II. Salticidae. *Revue arachnologique*, **1177**: 9–34.

Legros V., Rochat J., Reynaud B. & Strasberg D. (2020) Known and unknown terrestrial arthropod fauna of La Réunion Island, Indian Ocean. *Journal of Insect Conservation*, **24**: 199–217.

Legros V. & Rochat J. (2021a) *Étude entomologique du site concerné par le projet de ZAC à Bandréle (Mayotte)*. Rapport d'étude. Bureau d'expertise Micropoda / Bureau d'étude Espaces. 22+43pp.

Legros V. & Rochat J. (2021b) *Étude entomologique du site concerné par le programme de renouvellement urbain à Kawéni (Mayotte)*. Rapport d'étude. Bureau d'expertise Micropoda / Bureau d'étude Espaces / Bureau d'études ETG / Commune de Mamoudzou. 37+124pp.





Legros V. & Rochat J. (2022) *Étude entomologique des sites concernés par le projet de construction d'une station d'épuration et de logements à Hamouro (Mayotte)*. Rapport d'étude. Bureau d'expertise Micropoda / Bureau d'étude Espaces. 32+49pp.

Le Tellier V., DEAL (coord.), GCOI, Globice, Kélonia-CEDTM, NOI, OCEA Consult', ONCFS, SEOR, UMR PVBMT (2019) *Protocole de validation des données du Système d'information sur la nature et les paysages de La Réunion – volet occurrences de taxons (version 1.2)*. Rapport pour le SINP 974, 25 p. + 16 annexes.

Lourenço W.R. & Goodman S.M. (2009) Scorpions from the Comoros Archipelago: description of a new species of *Grosphus* Simon (Scorpiones, Buthidae) from Mayotte (Maore). *Boletín de la SEA*, **44**: 35–38.

Marshall S.A., Evenhuis N.L. (2015) New species without dead bodies: a case for photo-based descriptions, illustrated by a striking new species of *Marleyimyia* Hesse (Diptera, Bombyliidae) from South Africa. *ZooKeys*, **525**: 117–127.

Martiré D. (2010) *Les Libellules et Éphémères de La Réunion*. Coll. Parthénope, Biotope Ed., Mèze / Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France. 72pp.

Martiré D. & Rochat J. (2008) *Les papillons de La Réunion et leurs chenilles*. Coll. Parthénope, Biotope Ed., Mèze / Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France. 496pp.

Meganck K., Ebejer M., Kirk-Spriggs A.H., Kvitte G., Couri M., Rognes K., Whitmore D., Virgilio M., Gombeer S., Backeljau T., De Meyer M. & Jordaens K. (2017) A first, local DNA barcode reference database of the forensically important flies (Diptera) of the island of La Reunion. 7th International Barcode of Life Conference, 20-24 November 2017, Kruger National Park, South Africa.

MNHN & OFB [Ed]. 2003-2022. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN), Site web : <https://inpn.mnhn.fr> Le 01 octobre 2022

Nicolas V. (2009) Les Coccinelles (Coleoptera Coccinellidae) de Mayotte. *Harmonia*, **3**: 21–32.

Observatoire de Mayotte (2022) DEAL-Mayotte, France. www.observatoire-de-mayotte.fr

Pape T. (2016) Species can be named from photos. *Nature*, **337**: 307.

Parnaudeau R. (2009) Lépidoptères hétérocères nouveaux ou peu connus de l'île de Mayotte. *L'Entomologiste*, **65**: 267–270.

Parnaudeau R. (2017) Contribution à l'inventaire de l'entomofaune de Mayotte, liste des coléoptères. Contribution à l'étude des Coléoptères de la Réunion et des archipels de l'océan Indien occidental. Tome II. *Le Coléoptériste*, Suppl.: 48–7.

Parnaudeau R. & Cazanove G. (2015) *Révision d'espèces déterminantes de Mayotte. Mise en œuvre de l'inventaire du patrimoine naturel de Mayotte selon la méthodologie ZNIEFF*. DEAL Mayotte / Société réunionnaise des Amis du Muséum / Museum d'Histoire naturelle de La Réunion. 43pp.

Préfecture de Mayotte (2019) Arrêté N° 361/DEAL/SEPR/2018 du 3 décembre 2018, fixant la liste des espèces animales terrestres (et tortues marines) protégées et les mesures de protection de ces espèces représentées dans le département de Mayotte, et complétant les listes nationales. Préfecture de Mayotte. 15pp.

Ratnasingham, S., & Hebert, P. D. (2007) BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). *Molecular ecology notes*, **7**(3): 355–364.

Robert S., Barneix M., Body G., Castanet J., Caze G., Cellier P., Desse A., de Mazières J., Fromage P., Gourvil J., Jomier R., Juste A., Landry P., Lebeau Y., Lecoq M.E., Lescure J., Marage D., Meyer D., Pammerlon S., Papacotsia A., Poncet L., Quaintenne G., Saltré A. & Touroult J. (2016) *Guide méthodologique pour la conformité, la cohérence et la validation scientifique des données et des métadonnées du SINP – Volet 1 : occurrences de taxons, Version 1*. Rapport pour le SINP, rapport MNHN-SPN 2016-77, 63 p.

Robert S., Dupont P., de Mazières J., Poncet L., Touroult J., (2017) *Procédure nationale de validation scientifique des données élémentaires d'échange du SINP pour les occurrences de taxons. Version 1*. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris. Rapport SPN 2017 - 2. 16 p.

Rochat J. & Legros V. (2018a) *Étude de l'entomofaune du site de carrière de Kangani (Mayotte)*. Rapport d'étude. Bureau d'expertise Micropoda / Bureau d'étude Espaces. 33+82pp.

Rochat J. & Legros V. (2018b) *Étude de l'entomofaune du site de carrière de Mtsamoudou (Mayotte)*. Rapport d'étude. Bureau d'expertise Micropoda / Bureau d'étude Espaces. 38+104pp.





- Rochat J. & Legros V. (2021a)** *La fourmi de feu tropicale Solenopsis geminata et autres espèces de fourmis envahissantes sur le territoire de Mayotte*. Rapport d'étude. Bureau d'expertise Micropoda / DEAL Mayotte. 59+77pp.
- Rochat J. & Legros V. (2021b)** *Étude de la faune d'arthropodes terrestres des sites concernés par le projet de piste longue pour l'aéroport de Mayotte*. Rapport d'étude. Bureau d'expertise Micropoda / Bureau d'études Espaces / Bureau d'études Ingerop / Direction Générale de l'Aviation Civile. 126+391pp.
- Rochat J. & Legros V. (2022a)** *Étude de l'entomofaune de la ravine concernée par l'opération « Les Jasmins » à Tsoundzou2 (Mayotte)*. Rapport d'étude. Bureau d'expertise Micropoda / Bureau d'étude Cynorkis. 45+46pp.
- Rochat J. & Legros V. (2022b)** *Recherche d'entomofaune protégée sur le site concerné par le projet de reprise et d'extension de l'ancienne carrière de Kangani (Mayotte)*. Rapport d'étude. Bureau d'expertise Micropoda / Bureau d'étude Cynorkis. 32+25pp.
- Rochat J., Gasnier S. & Paulus G. (2010)** *Étude de l'entomofaune des environs de l'aéroport de Dzaoudzi-Pamandzi (Mayotte)*. Rapport d'étude. Insectarium de La Réunion / SOGREAH / MEEDDM - SNIA. 27+128pp.
- Rochat J., Herrmann M. & Sommer R. (2012 inédit)** *Mission entomologique et nématologique à Mayotte*. Janvier 2012. Insectarium de La Réunion / Institut Max Planck pour la Biologie du Développement.
- Robert S., Jomier R., Milton T., Panijel J., Vest F., Barneix M., Fromage P. (2017)** *Procédure de conformité et de cohérence des données et des métadonnées circulant entre les plateformes du SINP - Thématique : Occurrences de taxon, Version 1.0*. Rapport pour le SINP. UMS 2006 PatriNat (AFB/CNRS/MNHN), Paris, 26 pp.
- Robert S., de Mazières J., Poncet L., Desse A., Saltré A., Gourvil J., Meyer D., Touroult J., Leveugle F., Delauge J., Gauthier E., Filoche S., Bouix T., Archambeau A.S. & Lebeau Y. (2015)** *Recensement de l'existant pour la validation des données d'occurrence du SINP*. Rapport pour le SINP, rapport MNHN-SPN 2015-44, 54 p.
- Sierwald P. (1984)** Madagassische Arten der Gattung Thalassius Simon, 1885 (Arachnida: Araneae: Pisauridae). *Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg*, **27**: 405–416.
- SINP 976 (2021)** DEAL de Mayotte, Ministère de la Transition Ecologique, France. www.deal976.lizmap.com
- Turlin B. (1994)** Faune lépidoptérologique de l'archipel des Comores (Océan Indien) (Rhopalocères, Sphingidae, Attacidae) (2), (3), (4) & (5). *Lambillionea*, **94**: 81–94, 189–200, 372–388 & 591–601.
- Turlin B. (1995)** Faune lépidoptérologique de l'archipel des Comores (Océan Indien) (Rhopalocères, Sphingidae, Attacidae) (6) & (7). *Lambillionea*, **95**: 197–210 & 443–452.
- Turlin B. (1996)** Faune lépidoptérologique de l'archipel des Comores (Océan Indien) (Rhopalocères, Sphingidae, Attacidae) (10). *Lambillionea*, **95**: 447–454.
- VandenSpiegel D. & Mathys A. (2021)** *Diplopodes et autres myriapodes de Mayotte*. Musée royal de l'Afrique centrale, Tervuren, Belgique. 112pp.
- Van Noort S. (2021)** WaspWeb: Hymenoptera of the Afrotropical region. URL: www.waspweb.org (accessed on 01/10/2022).
- Viette P. (1961)** Les Cirrhochrista de Madagascar et des Comores (Lep. Pyraustidae). *Revue française d'Entomologie (N.S.)*, **28**: 188–193.
- Wilson, E. O., & MacArthur, R. H. (1967)** *The theory of island biogeography* (Vol. 1). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- World Spider Catalog (2022)** World Spider Catalog. Version 23.0. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on 01/06/2022.





ANNEXE 1

Illustrations de quelques espèces mimétiques aux couleurs aposématiques présentant un risque de confusion important sur le territoire de Mayotte¹

<p>Rhopalidae <i>Leptocoris</i> sp. [photo Dominique Martiré]</p>	<p>Lygaeidae espèce indéterminée</p>	<p>Coreidae espèce indéterminée [photo Olivier Soumille]</p>
<p>Pyrhcoridae <i>Dysdercus</i> sp.</p>	<p>Reduviidae <i>Pseudophonoctonus</i> sp. [photo Vincent Legros]</p>	<p>Reduviidae espèce indéterminée</p>









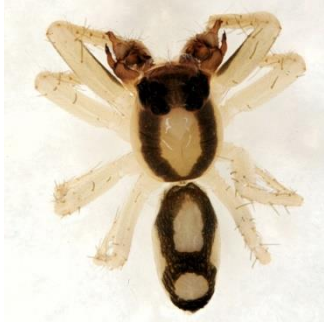



¹ Sauf mention particulière, toutes les photographies sont de Jacques Rochat





ANNEXE 2

Illustrations de la liste des espèces facilement reconnaissables sur le territoire de Mayotte²

		
<i>Acherontia atropos</i>	<i>Agathodes musivalis</i>	<i>Amerila vitrea saalmuelleri</i>
		
♂ <i>Anax imperator mauricianus</i> [photo Dominique Martiré]	♀ <i>Anax imperator mauricianus</i>	<i>Antherina suraka comorana</i> [photo G. Cazanove/MHN in DEAL Mayotte, 2019]
		
<i>Apis mellifera</i>	<i>Argina astrea</i>	♂ <i>Asemonea bimaculata</i>
		
<i>Bocchoris impersalis</i>	<i>Byblia anvatara</i>	<i>Cadarena pudoraria</i>

² Sauf mention particulière, toutes les photographies sont de Jacques Rochat













		
<i>Charaxes saperanus</i>	<i>Cheilomenes sulphurea</i>	<i>Cirrhochrista griveaudalis</i>
		
♂ <i>Colotis euipe omphale</i> [photo Georg Paulus]	<i>Digama sagittata duberneti</i>	♀ <i>Digitonthophagus gazella</i>
		
<i>Eagris sabadius isabella</i> ⁽³⁾		<i>Elpis dolens</i>
		
<i>Euchloron megaera lacordairei</i>	<i>Eugnoristus monachus</i>	<i>Filodes costivitalis</i>

⁽³⁾ Individu aux ailes mal déployées ; le spécimen à droite, aux ailes normales, appartient à la sous-espèce nominale très semblable, *Eagris sabadius sabadius*, qui n'est pas présente à Mayotte.

















		
♀ <i>Gasteracantha rhomboidea comorensis</i>	<i>Ghesquierellana hirtusalis hirtusalis</i>	<i>Harmonia coryphaea</i>
		
<i>Heteropsis narcissus mayottensis</i>	<i>Hydriris ornatalis</i>	♂ <i>Hypolimnys misippus</i>
		
<i>Junonia goudoti</i> [photo Georg Paulus]	<i>Junonia oenone</i>	♂ <i>Junonia rhadama</i> ⁽⁴⁾
		
<i>Macroglossum aesalon sainsoni</i> ⁽⁵⁾		

⁽⁴⁾ Espèce non listée par Taxref (Gargominy *et al.*, 2020).

⁽⁵⁾ Seule la sous-espèce *Macroglossum aesalon sainsoni* est présente dans l'archipel des Comores (Turlin, 1996a) ; de Prins & de Prins, 2022) ; elle est morphologiquement quasi-identique à la sous-espèce nominale *Macroglossum aesalon aesalon* (photos centre et droite) et à l'espèce endémique de La Réunion *Macroglossum milvus* (photo gauche).





		
<i>Lagria villosa</i>	<i>Leptaulaca undecimpunctata</i>	<i>Neptis mayottensis</i> [photo Olivier Soumille]
		
♀ <i>Nilus majungensis</i> forme bifasciée	<i>Nilus majungensis</i> forme marbrée [photo Olivier Soumille]	<i>Chiromachla insulare</i>
		
♂ <i>Palpopleura lucia</i>	♀ <i>Palpopleura lucia</i>	<i>Papilio demodocus</i>
		
<i>Phalanta phalantha aethiopica</i>	<i>Protaetia aurichalcea</i>	<i>Proxhyle comoreana</i>





		
<i>Pseudoclanis grandidieri comorana</i>	<i>Rhyothemis semihyalina</i> [photo Daniel Grand]	<i>Sternotomis thomsoni</i>
		
<i>Symbellia mayotteana</i>	<i>Tagiades insularis mayotta</i>	<i>Trachelophorus humeralis</i>
		
<i>Xylocopa caffra</i> [photo Vincent Legros]	<i>Xystrocera globosa</i>	<i>Zebronia phenice</i>

