

## Découverte d'un nouvel individu de Bois de senteur blanc, *Ruizia cordata* Cav. dans le Nord de l'île de La Réunion et bilan des connaissances sur l'état de conservation de l'espèce (Malvales, Malvaceae, Dombeyoideae)

STÉPHANE AUGROS<sup>1</sup>, DOMINIQUE HOAREAU<sup>1</sup>, JULIEN PAILLUSSEAU<sup>2</sup>, CHRISTOPHE LOMBARD<sup>3</sup>, PIERRE THUEUX<sup>4</sup>, CHRISTIAN FONTAINE<sup>5</sup>, JEAN HIVERT<sup>5</sup>

1 - Cabinet ECO-MED Océan Indien, F-97400 Saint-Denis, Ile de La Réunion, France, s.augros@ecomed.fr

2 - Cabinet CYATHEA, F-97400 Saint-Denis, Ile de La Réunion, France.

3 - F-97460 La Possession, Ile de La Réunion, France.

4 - La Confiance, F-97438 Sainte-Marie, Ile de La Réunion, France.

5 - Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM), 2 rue du Père Georges, les Colimaçons F-97436 Saint-Leu, La Réunion, France.

Reçu le 01/04/2015, révisé le 28/06/2015, accepté le : 22/09/2015

**ABSTRACT :** *Ruizia cordata* Cav., a native species of Réunion Island, is critically endangered as 4 individuals are known to be left in the wild at the dawn of 2015. Today, the success of *ex situ* programs initiated in the past 30 years is undeniable, ensuring available genetic strains conservation for the generations to come. The finding of a well-shaped new individual in February 2015 in the North coastal cliffs of the island has made a new genetic strain available for *ex situ* collections. As such, the perspective of discovering other natural individuals still stands as a hope for the long term conservation of *R. cordata*.

**RÉSUMÉ :** *Ruizia cordata* Cav. est en danger critique d'extinction, seulement 4 individus naturels connus et encore en vie sont répertoriés début 2015 à La Réunion. L'introduction *ex situ* de *R. cordata* reste un succès indiscutable, elle assure la conservation à long terme des souches génétiques actuelles. La découverte d'un nouvel individu mâle en bon état en février 2015 sur les falaises littorales du Nord de l'île apporte un espoir pour l'avenir du taxon, avec une nouvelle souche génétique à intégrer dans les efforts de multiplication et la perspective restaurée de trouver de nouvelles stations naturelles.

**KEYWORDS :** habitat lost, hybridisation, endemism, genetic isolation, insular ecosystems.

**MOTS CLÉS :** perte d'habitat, hybridation, endémisme, isolation génétique, écosystèmes insulaires.

## INTRODUCTION

Petit arbre endémique de La Réunion, *Ruizia cordata* Cav. se reconnaît facilement par son feuillage blanc argenté et la découpe de ses feuilles (LE PÉCHON *et al.*, 2011), le distinguant aisément des autres Dombeyoideae de l'île (sous-famille des Malvaceae) (LE PÉCHON *et al.*, 2010). La dioécie constitue l'une des caractéristiques majeures que partage le Bois de senteur blanc avec cette sous-famille (à l'exception du genre *Trochetia* DC), représentée dans les Mascareignes par 23 taxons dont 22 endémiques (LE PÉCHON *et al.*, *loc. cit.*), incluant la description récente

S. AUGROS, D. HOAREAU, J. PAILLUSSEAU, C. LOMBARD, P. THUEUX, C. FONTAINE & J. HIVERT

d'une nouvelle espèce endémique, *Dombeya formosa* Le Péchon & Pausé (LE PÉCHON *et al.*, 2013).

Une série d'études phylogénétiques (LE PÉCHON *et al.*, 2010) et morphologiques (LE PÉCHON *et al.*, 2009) a démontré que les genres *Ruizia* Cav. (genre monospécifique), *Trochetia* et 4 taxons du genre *Dombeya* Cav. appartenaient au même clade, faisant de *Dombeya* un genre paraphylétique et remettant en cause l'origine taxonomique de ces trois genres.

Le Bois de senteur blanc appartient par ailleurs à l'un des six genres strictement endémiques de La Réunion (UICN, 1999).

La liste rouge des espèces menacées de la Réunion, établie selon les critères de l'UICN et réactualisée en 2010 (UICN, 2010), donne à *R. cordata* le statut de conservation « CR » (En Danger Critique d'Extinction), soit le statut le plus défavorable pour une espèce présente à l'état sauvage. L'espèce bénéficie par ailleurs d'un statut de protection ministérielle (Arrêté du 6 février 1987).

#### ÉTAT DES CONNAISSANCES AVANT LA DÉCOUVERTE

Découvert par Commerson au 18<sup>ème</sup> siècle (FRIEDMANN, 1987), le taxon était donné abondant au 19<sup>ème</sup> siècle (CORDEMOY, 1895) et rare, voire disparu, au 20<sup>ème</sup> siècle (FRIEDMANN, 1977 ; FRIEDMANN, 1987 ; LESOUËF 1986 ; [13]). Sa zone d'occurrence, la forêt semi-xérophile (SARRAILH *et al.*, 2008), ne subsiste plus à La Réunion que sous forme de reliques éparses et discontinues. Localisé à l'origine à l'Ouest de l'île entre Saint-Pierre et Saint-Denis, de 150 à 800 m d'altitude, sur des fortes pentes à substrats rocheux (falaises, blocs d'éboulis) ou des sols peu épais à roche-mère colluviale, il ne resterait plus que 1 % (STRASBERG *et al.*, 2005 ; BLANCHARD, 2000) ; MATHEVON, 2006) à 5% ([8]) de sa surface originelle (estimée à 16 500 ha selon STRASBERG *et al.* (2005), [15]. Compte tenu de la rareté et de l'isolement des stations connues, il n'est pas possible aujourd'hui de décrire véritablement l'habitat originel du Bois de senteur blanc [6].

Espèce emblématique (LE PÉCHON *et al.*, 2011 ; [4]), *R. cordata* a largement souffert de l'installation de l'homme (FRIEDMANN, 1987 ; DUPONT *et al.*, 1989 ; [12]) au point qu'il ne resterait aujourd'hui que 3 stations naturelles avec au total 4 individus connus ([12] ; [3]). Les connaissances sur le nombre et le sexe des individus sont divergentes et fragmentées : 3 mâles et 1 femelle sont rapportés par S. Baret (BARET *et al.*, 2012) alors que PICHILLOU *et al.* [12] annonce 2 mâles et 2 femelles. Un individu femelle recensé par le Conservatoire Botanique National de Mascarin (CBNM) dans la Ravine Trois Bassins est mort récemment (*Fig. 5*). Constat identique dans la ravine des Colimaçons où le tronc d'un individu femelle est retrouvé sec (Jean Hivert et Christian Fontaine, CBNM, *comm. pers.* ; [12]). Un pied est rapporté dans la ravine de la Grande Chaloupe par un habitant mais cette information n'est pas confirmée ([5]). De plus, un réseau de naturalistes indique également l'existence d'un autre individu sauvage dans une ravine à Saint-Leu, mais la localité précise n'est pas communiquée [12].

#### CONTEXTE DE L'ÉTUDE

En l'absence de nouvelles données depuis plus de 15 ans [12], la découverte fortuite d'un nouvel individu sauvage en février 2015 a constitué un point d'ancrage fort pour la mise à jour des connaissances et de la situation de *R. cordata*. Des inventaires ont alors été menés pour décrire le nouvel individu et confirmer les individus naturels connus. A ce titre, plusieurs botanistes sont intervenus sur les 6 sessions de terrain : Stéphane Augros (ECO-MED Océan Indien), Christian Fontaine (CBNM), Jean Hivert (CBNM), Dominique Houareau (ECO-MED Océan Indien), Julien Paillusseau (CYATHEA) et Pierre Thueux (botaniste amateur). Un long travail de collecte de données et d'entretiens a ensuite été conduit par le rédacteur principal de l'article dans le but de

mettre en lumière les actions de conservation réalisées (*in situ* et *ex situ*) et d'identifier les acteurs impliqués dans la sauvegarde de *R. cordata*.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### RÉCOLTE DES DONNÉES

Afin de réaliser un bilan complet et actualisé des actions de conservation et de l'état des populations de Bois de senteur blanc à La Réunion (*in situ* et *ex situ*), les références scientifiques disponibles ont été complétées par des rapports et supports de communication non publiés. L'ensemble de ces éléments est listé en Annexe 1, les références sont citées dans le texte via une correspondance numérique placée entre crochets.

Afin de compléter les données sur les collections *ex situ*, un recueil de données a par ailleurs été réalisé directement auprès d'institutions, l'Office National des Forêts (ONF), le Parc national de La Réunion (PNR), l'association Amis de la Nature et des Plantes (APN), la Société Réunionnaise pour la Protection de l'Environnement (SREPEN), l'Insectarium de La Réunion et d'acteurs privés (des pépinières principalement). Les modalités, personnes et sources de ces entretiens sont listées en Annexe 2. Les données retranscrites ont été validées par leur source avant publication de l'article.

Nous notons finalement que l'ensemble des stations naturelles référencées de Bois de senteur blanc ont été visitées personnellement par le rédacteur principal de l'article.

### MÉTHODES D'INVENTAIRE

L'accès au nouvel individu en falaise a nécessité le déploiement d'un encadrement technique (progressions sur cordes) et d'un matériel adapté (baudriers, corde de 70 mètres, dégaines, longes, descendeurs, casques). De plus, les relevés sur la station ont nécessité un GPS (Garmin™ GPS 60s), des appareils photos numériques (Pentax™ K100D, Pentax Optio WG2) une paire de jumelles (Bushnell™ Nature View 10x42) et un ruban circonférentiel.

L'individu a été géoréférencé au GPS (projection UTM WGS 84, 40S), l'état phénologique a été relevé, puis des mesures sanitaires et dendrométriques ont été réalisées à l'échelle de la station, des données relatives au milieu ont été collectées :

- les paramètres biotiques : réalisation d'un micro-inventaire généralisé (MIG) permettant de caractériser la flore vasculaire présente au sein de la station en attribuant à chaque taxon un coefficient d'abondance-dominance (BRAUN-BLANQUET, 1964),
- les paramètres abiotiques de la station : caractérisation du sol et de la litière, conditions de luminosité, topographie,
- les menaces s'exerçant sur la station.

### ÉVALUATION DE L'ÉTAT SANITAIRE

Plusieurs facteurs biotiques et abiotiques peuvent affecter la croissance et la survie d'un arbre (SHOMAKER *et al.*, 2007). L'inspection des feuilles, branches, tronc et racines peut révéler des indications de stress (CUMMING *et al.*, 2001). Le houppier constitue l'élément central pour l'évaluation de l'état de santé des forêts selon SHOMAKER *et al.* (2007). Cependant, la subjectivité et le manque d'harmonisation des indicateurs rendent les interprétations et les comparaisons difficiles (FERRETI, 1998).

S. AUGROS, D. HOAREAU, J. PAILLUSSEAU, C. LOMBARD, P. THUEUX, C. FONTAINE & J. HIVERT

Nous proposons une évaluation de l'état sanitaire de l'individu selon une méthode du CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) ([14]), basée sur 5 indicateurs notés de 0 à 3 :

- i) la taille du houppier,
- ii) la densité du houppier,
- iii) la présence de branches mortes,
- iv) la présence de croissances épïcormiques (rejet de croissance observé sur le tronc ou les branches d'un arbre),
- v) le niveau de dommages liés aux insectes.

Les 5 critères sont évalués indépendamment par le biais de diagrammes et photos rendant l'évaluation objective et répétable (échelonnée de 0 - dépérissement sévère, à 15 - très bon état-).

#### RELEVÉS DENDROMÉTRIQUES : ÉTUDE DES VARIABLES EXPLICATIVES POUR ESTIMER L'ÂGE D'UN INDIVIDU NATUREL DE *RUIZIA CORDATA*

Une méthode directe de détermination de l'âge d'un arbre consiste à dénombrer les anneaux de croissance (NATH *et al.*, 2002). Inappropriée dans notre cas (elle nécessiterait l'abattage ou un prélèvement risqué), cette méthode semble par ailleurs peu adaptée aux essences tropicales dont les anneaux sont parfois indistincts (BAKER, 2003) ou peu fiables en l'absence de véritable saisonnalité (LIEBERMAN *et al.*, 1985). Une autre méthode, dite indirecte, consiste à étudier la relation qu'il existe entre l'âge, la hauteur et le diamètre d'un arbre et notamment son utilité pour prédire la croissance ou la hauteur d'un peuplement (O'BRIEN *et al.*, 1995 ; LINSEN *et al.*, 2005) mais plus rarement, à l'inverse, pour déterminer l'âge d'un spécimen (LEAK, 1985 ; LUKASZKIEWITCZ *et al.*, 2008).

Afin d'estimer l'âge du nouvel individu, un échantillon domestique de *R. cordata* (n=65) d'âge connu a été étudié au sein des collections du CBNM, de l'ONF et des acteurs privés (pépinières SRPV, pépinière du Théâtre et pépinière Fournel). En outre, un second échantillon est constitué par l'ensemble des individus naturels (n=5). Les paramètres dendrométriques suivants sont relevés :

- i) mesure du diamètre relevée à 1,30 m du sol : la DBH (MATTHEWS *et al.*, 2006),
- ii) mesure de la hauteur de l'arbre.

La DBH est un paramètre standard simple (AVSAR, 2004) et largement utilisé pour mesurer les dimensions d'un arbre indépendamment ou en lien avec la hauteur (AVSAR, *loc.cit.*). La DBH est mesurée grâce à un ruban circonférentiel tandis que la hauteur de l'arbre est estimée par l'intermédiaire de photographies en présence d'une personne de taille connue.

L'exercice a consisté à étudier la relation entre l'âge et deux paramètres dendrométriques (la DBH et la hauteur) afin de tenter une estimation de l'âge des individus sauvages à partir des individus domestiques d'âge établi . Deux étapes sont nécessaires pour valider la pertinence du modèle utilisé :

- i) étudier l'influence de la hauteur et de la DBH sur l'âge des individus domestiques,
- ii) étudier l'appartenance du groupe « naturel » au groupe « domestique » sur la base des paramètres dendrométriques. Les statistiques ont été réalisées avec le logiciel R version 3.2.0 (R core Team, 2015).

## RÉSULTATS

### DESCRIPTION DE LA DÉCOUVERTE

Un individu de *R. cordata* est repéré à la jumelle sur une vire de falaise le 13 février 2015 lors d'une prospection sur le Cap Bernard à La Montagne (commune de Saint-Denis). Après avoir consulté le CBNM (Jean Hivert, Christophe Lavergne) et les ressources bibliographiques disponibles (PICOT & LUCAS, 2014 ; BARET *et al.*, 2012 ; [12]), la station apparaît nouvelle pour La Réunion. Des interrogations pèsent cependant sur son origine et son évolution compte tenu du fait qu'elle s'insère sous les filets de protection de la route en corniche.

Pour apporter des éléments de réponse, deux visites de terrain sont entreprises les 1<sup>er</sup> mars et 5 mai 2015 pour explorer la station et l'individu. Une marche d'approche de 50 minutes permet d'accéder à un point surplombant le pied, du haut d'une falaise d'une vingtaine de mètres. Une descente en rappel est organisée pour rejoindre la crête sous-jacente qui mène à l'individu, installé une dizaine de mètres en contrebas sur une vire. Un passage sous les filets permet d'accéder au pied de l'individu (Fig. 1).



Figure 1. – Le houppier : *1a*) régénération à travers les filets de protection de la route en corniche ; *1b*) fleurs mâles ; *1c*) vue d'ensemble de l'individu ; *1d*) dégagement d'un faux poivrier blanc (*Rhus longipes* Engl.) envahissant le houppier ; *1e*) prélèvement d'un tronçon de tête en vue d'une multiplication *ex situ* dans la serre du CBNM.

S. AUGROS, D. HOAREAU, J. PAILLUSSEAU, C. LOMBARD, P. THUEUX, C. FONTAINE & J. HIVERT

#### DESCRIPTION DE L'INDIVIDU

L'ensemble des données descriptives sur la taille et l'état sanitaire de l'arbre est rapporté (*Tab. I*). L'individu est en fleur lors de notre premier passage en mars. Avec au moins 30 étamines déhiscentes, un gynécée stérile et l'absence de fruits, il s'agit d'un pied mâle (*Fig. 1b*). Un filet passe sous le houppier (*Fig. 1a*) et il est évident que l'arbre a subi des mutilations au moment de la pose des filets. Une nette différence de couleur, de texture et d'épaisseur de l'écorce est observée entre le tronc, les brins principaux et les jeunes branches ayant rejeté sur les blessures (*Fig. 2a*).

*Tableau I.* – Mesures dendrométriques et diagnostic sanitaire visuel du nouvel individu de Cap Bernard (C. FONTAINE, J. HIVERT, S. AUGROS, mai 2015).

| DIAGNOSTIC GLOBAL          |          |                                     |  |
|----------------------------|----------|-------------------------------------|--|
| Base multiple ?            | non      | Nombre de tiges                     | 4  |
| DBH (cm)                   | 26,5     | Hauteur totale (cm)                 | 350  |
| Diamètre tige 1 = 10,6     |          | Hauteur du houppier (cm)            | 230  |
| Diamètre tige 2 = 10,6     |          | Surface d'ancrage (m <sup>2</sup> ) | 8  |
| Diamètre tige 3 = 13,4     |          | Profondeur du sol (cm)              | 15   |
| Diamètre tige 4 = 9,7      |          |                                     |  |
| HOUPPIER                   |          | TRONC                               |  |
| Couleur feuillage          | Uniforme | Présences d'insectes?               | oui (termites sur parties mortes)                      |
| % dégarnie                 | <10%     | Bois rongé/pourri ?                 | Présence de branches cassées (récentes et anciennes ?) |
| Présence de fleurs         | oui      | Présence de cicatrices ?            | non  |
| Présence de fruits         | non      | Présence d'éclatements?             | oui  |
| Présence de cicatrices ?   | oui      | Présence de cavités?                | non  |
| Présence d'éclatements?    | non      | Présence de fissures ?              | oui  |
| Présence de cavités?       | non      |                                     |  |
| Desquamations de l'écorce? | non      |                                     |  |
| Traces de microorganismes? | non      |                                     |  |

La taille est remarquable comparée aux autres individus sauvages connus qui présentent systématiquement une taille inférieure à 3 m (*Tab.III*). Le diamètre du tronc est de 26,5 cm et la hauteur estimée à 3,5 m (*Tab. I*). De nombreuses branches ont trouvé leur chemin à travers les mailles du filet pour laisser apparaître aujourd'hui un houppier de 4 à 5 m de large sur environ 2,3 m de haut. Des informations supplémentaires ont été collectées dans l'éventualité d'un suivi plus détaillé sur le long terme : hauteur du tronc et du houppier, diamètres des principales branches (*Tab. I*).

Du point de vue sanitaire, l'individu se montre globalement vigoureux. Une note de 12/15 est obtenue selon la méthode d'évaluation sanitaire du CSIRO (3/3 pour la taille du houppier, 3/3 pour la densité du houppier, 1/3 pour la présence de branches mortes, 2/3 pour la présence de croissances épécormiques et 3/3 pour le niveau de dommages liés aux insectes). Aucune attaque d'insecte n'est avérée sur les parties vivantes du pied. Toutefois, une branche morte sur le point de tomber est remarquée sous le houppier et des attaques de termites sont observées sur les parties de bois mort. Une autre branche morte est retrouvée à quelques mètres du pied, sa provenance reste incertaine. Aucune décoloration, nécrose ou signes de défoliation ne sont visibles sur le feuillage.

#### DESCRIPTION DE LA STATION

Du point de vue de l'habitat, la zone s'insère dans un contexte global dégradé avec localement des densités plus fortes en taxons indigènes (relevé complet en Annexe 3). Le pied est installé sur une vire d'environ 20 m<sup>2</sup> avec un horizon superficiel d'environ 15 cm d'épaisseur, exposé au Nord. Les taxons exotiques dominent en termes de diversité spécifique (n=15) et en recouvrement (*Tab. II*). Subsistent quelques taxons d'intérêt patrimonial sur la station (*Tab. II*): *Dombeya acutangula* Cav. subsp. *acutangula* (variétés *palmata* et *acutangula*), *Actinopteris australis* (L. f.) Link, *Actinopteris semiflabellata* Pic.Serm., *Pellaea viridis* (Forssk.) Prantl var. *viridis*. Un individu de *Monarrhenus salicifolius* (Lam.) Cass. est noté sur la falaise sus-jacente ainsi qu'une station de la

liane *Sarcostemma viminale* (L.) R. Br.. La strate arbustive est constituée majoritairement de taxons exotiques au caractère invasif bien connu dans les zones sèches de l'île (McDONALD *et al.*, 1991) : *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Rhus longipes* Engl., *Furcraea foetida* (L.) Haw., *Ehretia cymosa* Thonn., principalement. Nous notons la présence de *Barleria prionitis* L., Acanthaceae exotique semblant devenir de plus en plus abondante sur le Massif de La Montagne (S. Augros, *obs. pers.*).



Figure 2. – Menaces sur *Ruizia cordata* : 2a) cicatrice marquée au sein du houppier probablement due à la cicatrisation d'une attaque de rat (individu de Cap Bernard) ; 2b) attaque de la mineuse *Phyllonorycter ruizivorus* (individu femelle de la Ravine Jeanneton) ; 2c) différence nette entre l'écorce des premiers brins (second plan) et les jeunes branches au premier plan (individu de Cap Bernard).

Tableau II. Composition floristique de la station

|  | Endémique Réunion | Endémique Réunion Maurice | Endémique Réunion Rodrigues | Déterminante | Indigènes | Exogènes | Total |
|--|-------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|-------|
| Nombre de taxons   | 2                 | 1                         | 1                           | 4            | 8         | 15       | 23    |
| % relatif de la composition floristique  | 8,7 %             | 4,3 %                     | 4,3 %                       | 17,4 %       | 35 %      | 65 %     | 100 % |
| Recouvrement : % relatif de la composition floristique pondéré par le coefficient ABD, toutes strates confondues |                   |                           |                             |              | 40 %      | 59 %     | 100 % |

#### BILAN DES MENACES PESANT SUR LA STATION

Plusieurs menaces ont été relevées sur la station, réparties en deux ensembles :

- 1) Les menaces liées aux invasions biologiques :
  - a. un individu de *Rhus longipes* (Faux poivrier blanc) s'est immiscé dans le houppier, une opération sommaire de nettoyage est réalisée lors du second passage à l'aide d'un sabre (Fig. 1d),
  - b. plusieurs cicatrices sont observées sur le tronc et les branches principales et secondaires (Fig. 2a), elles pourraient être dues à des attaques de rat, mentionnées par FRIEDMANN (1987).
- 2) Les menaces liées à la présence de l'homme : le filet de protection mis en place sous le houppier de l'arbre (Fig. 1a) pourrait constituer une menace à moyen ou long terme pour la croissance de l'arbre.

S. AUGROS, D. HOAREAU, J. PAILLUSSEAU, C. LOMBARD, P. THUEUX, C. FONTAINE & J. HIVERT

Plusieurs prédateurs connus ou présumés n'ont pas été trouvés sur la station mais constituent une menace potentielle. Il s'agit notamment d'un longicorne, dont les attaques ont été observées par nos soins sur un pied femelle de l'arboretum ONF de la Grande Chaloupe, observation déjà rapportée par MADAULE *et al.* [7]. Une mineuse est observée sur les individus de la Ravine Jeanneton (*Fig. 2b*), Ravine Tabac et Maison Rouge, déjà observée par FRIEDMANN (1987) et ROCHAT (2008). Cette mineuse a récemment été identifiée, il s'agit de *Phyllonorycter ruizivorus* (DE PRINS *et al.*, 2012) dont les plantes hôtes connues sont *R. cordata* et *D. acutangula* Cav. L'Insectarium de La Réunion rapporte jusqu'à 15 mines par feuilles mais sans effet notable sur les pieds observés (J. Rochat, *comm. pers.*). La présence de l'Achatine (*Lissachatina immaculata* Lamarck, 1822) est notée sur la station. Ce gastéropode constitue une menace par prédation foliaire (FRIEDMANN, 1987, [9], DUPONT *et al.*, 1989) mais aucun impact sur l'arbre n'a été relevé lors de notre visite.

Une coccinelle indigène, *Exochomus laeviusculus* Weise, 1909, est observée sur le nouvel individu, l'un des 2 individus de la Ravine Jeanneton et celui de Ravine Tabac sous sa forme larvaire. Polyphage (psylles, aleurodes, cochenilles...), elle ne constitue pas une menace pour *R. cordata* (J. Rochat, *comm. pers.*).

#### PRÉLÈVEMENTS CONSERVATOIRES

Dans le cadre de ses missions de conservation et de connaissance, le CBNM a collecté des boutures (8 tronçons de tige + 20 tronçons de tête) et 2 parts d'herbier (rameaux feuillés). Grâce à un sécateur, les sections sont réalisées en biseau afin d'éviter un pourrissement de la blessure par stagnation de l'humidité. Les tronçons ont été défeuillés sur place (pour ne pas générer de stress supplémentaire avant la greffe ou le bouturage). Dans un premier temps, ils sont destinés à des opérations de bouturages et de greffes dans le but d'alimenter les collections *ex situ* avec la nouvelle souche génétique (*Fig. 3*).



3a



3b

Figure 3. – Réalisation du CBNM en mai 2015 : 3a) greffes ; 3b) boutures.

#### ESTIMATION DE L'ÂGE DE L'INDIVIDU

Sur la base d'un modèle de régression linéaire simple, l'âge réagit positivement et significativement aux deux paramètres que sont la hauteur et la DBH (synthèse des résultats en Annexe 5). Le coefficient de détermination ajusté ( $R^2$ ) est cependant supérieur pour le modèle expliqué par la DBH (0,63 contre 0,56). Dans un modèle linéaire intégré, l'effet simultané de la hauteur et de la DBH montre un  $R^2$  satisfaisant (0,66) mais la hauteur est sans effet sur l'âge (même

si elle est très probablement corrélée à la DBH). Le modèle le plus explicatif et prédictif consiste donc en la régression linéaire simple de l’âge par la DBH pour les individus domestiques.

Afin de tenter une estimation de l’âge des individus naturels à partir des individus domestiques, il est nécessaire d’étudier l’appartenance du groupe « naturel » (n=5) au groupe « domestique » (n=65). La régression de la DBH sur la hauteur au sein de l’ensemble des individus, toutes origines confondues, est significative (P-value =  $1,295.10^{-13}$ ) mais faiblement corrélée ( $R^2 = 0,5726$ ). En outre, 2 des 5 individus naturels (les 2 plus gros diamètres dont celui de Cap Bernard) se situent bien en dehors de l’intervalle de prédiction (Annexe 4 : Fig. Annexe-4). En excluant les individus naturels, l’analyse se montre plus solide (p-value  $< 2,2.10^{-16}$ ) et montre que taille et hauteur sont mieux corrélées ( $R^2 = 0,761$ ). L’analyse tend à montrer que les individus naturels et domestiques constituent deux modèles distincts. Les droites de régression et les nuages de points correspondants sont présentés (Fig. 4).

Une estimation de l’âge du nouvel individu et des autres individus sauvages, à partir d’un échantillon d’individus domestiques, ne semble donc pas pertinente.

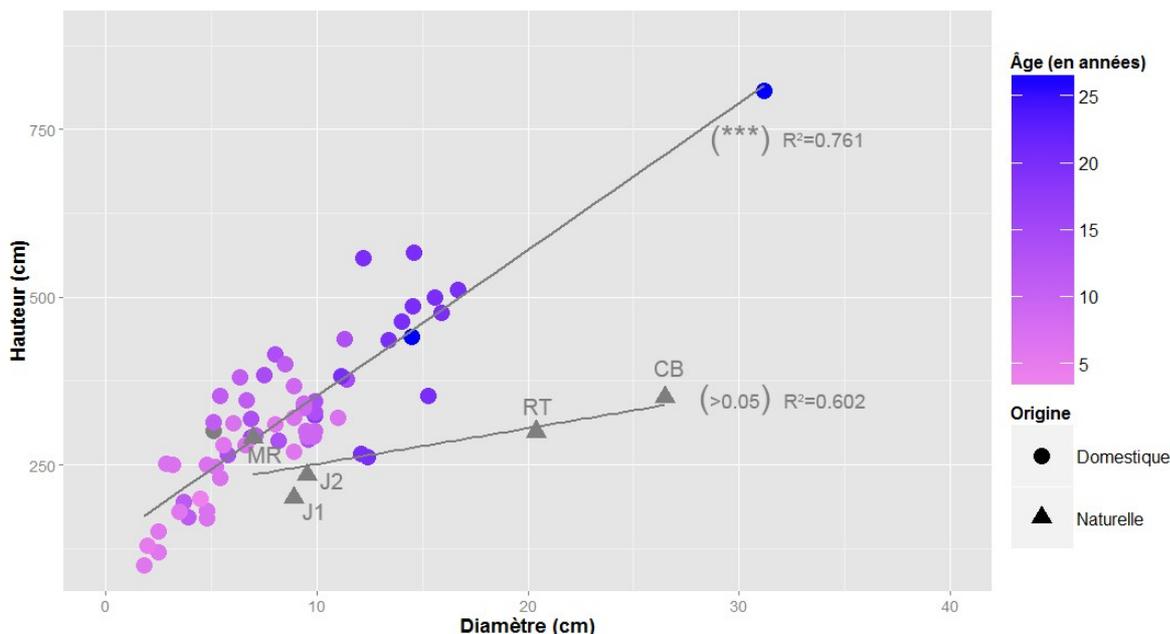


Figure 4. – Étude de la relation entre le diamètre et la hauteur pour les groupes « domestiques » et « naturels ». Les droites de régression linéaire et leur seuil de significativité ( $*** < 0.001$  ;  $** < 0.01$  ;  $* < 0.05$ ) sont tracées pour les 2 groupes et un gradient de couleur est appliqué à la variable “âge” pour les individus domestiques d’âge connu. Individus naturels : CB = Cap Bernard ; RT = Ravine Tabac ; J1 = Jeanneton 1 ; J2 = Jeanneton 2 ; MR = Maison Rouge.

#### BILAN ACTUALISÉ DES INDIVIDUS NATURELS

Des inventaires de terrain ont été conduits en 2015 de manière à confirmer l’ensemble des individus connus de Bois de senteur blanc. Des relevés sanitaires et dendrométriques ont été réalisés. Parmi les 5 individus naturels confirmés (Fig. 5 ; Tab. III), l’individu de Cap Bernard possède la plus grande hauteur, le plus gros diamètre et le meilleur état sanitaire. Ses conditions stationnelles sont singulières par rapport aux autres individus, principalement par la présence d’un sol bien différencié sur une vire relativement large. Les autres pieds (Jeanneton 1 & 2, Ravine Tabac et Maison Rouge) sont tous ancrés dans des fissures rocheuses démunies d’un véritable sol nutritif.

Tableau III. Bilan des individus naturels connus en 2015 (M : mâle, F : femelle, NA : donnée non disponible)

S. AUGROS, D. HOAREAU, J. PAILLUSSEAU, C. LOMBARD, P. THUEUX, C. FONTAINE & J. HIVERT

| Étiquette CBNM | Date du relevé | Lieu             | Commune     | Altitude (m) | Source                    | DBH (cm) | Hauteur (cm) | Sexe | Évaluation sanitaire CSIRO |
|----------------|----------------|------------------|-------------|--------------|---------------------------|----------|--------------|------|----------------------------|
| NA             | 05/05/2015     | Cap Bernard      | Saint-Denis | 120          | CBNM/ECO-MED Océan Indien | 26,50    | 350          | M    | 13/15                      |
| 440            | 05/06/2015     | Ravine Jeanneton | Saint-Denis | 90           | ECO-MED Océan Indien      | 7,00     | 290          | F    | 8/15                       |
| 443            | 05/06/2015     | Ravine Jeanneton | Saint-Denis | 90           | ECO-MED Océan Indien      | 8,92     | 200          | M    | 10/15                      |
| NA             | 14/06/2015     | Maison Rouge     | Saint-Louis | 233          | ECO-MED Océan Indien      | 9,55     | 235          | M    | 10/15                      |
| NA             | 14/06/2015     | Ravine Tabac     | Saint-Paul  | 102          | ECO-MED Océan Indien      | 20,38    | 299          | F    | 11/15                      |

Les cinq pieds ont tous subi des mutilations d'origine humaine. Les 4 pieds présents sur les stations de Ravine Jeanneton, Ravine Tabac et Maison Rouge ont des branches coupées, de sections plus ou moins importantes (de quelques millimètres à 4 cm). Ces blessures réalisées à l'aide d'outils sont toutes anciennes, aucune trace récente de prélèvements (écorces, branches) n'a été relevée. Concernant le pied de Cap Bernard, la pose des filets dans les années 1990 a eu des conséquences beaucoup plus dévastatrices, l'ensemble du houppier semble avoir été élagué.

Trois individus (Jeanneton 1 & 2, Ravine Tabac) ont un état sanitaire jugé moyen (*Tab. III*) selon la méthode de STOL ([14]) tandis que les 2 autres se montrent globalement vigoureux (individus de Cap Bernard et de Maison Rouge). Les principales menaces observées sont : i) la présence de la mineuse, ii) la prédation supposée par les rats, iii) les mutilations d'origine humaine, iv) l'envahissement du houppier par des espèces invasives.

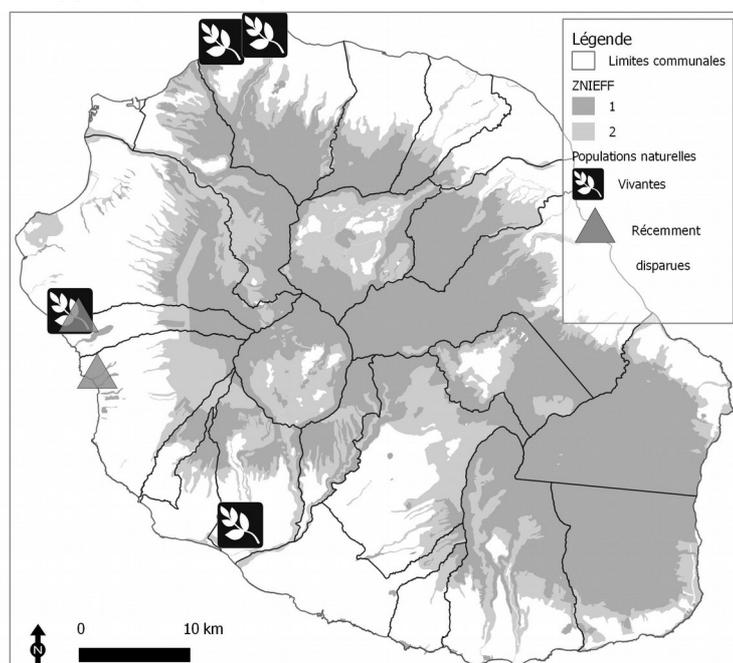


Figure 5. – Localisation des populations naturelles avérées vivantes en 2015 et de celles récemment disparues.

## BILAN ACTUALISÉ DES ACTIONS DE CONSERVATION

LESOUËF ( 1986, [15]) rapporte dès 1982 que la protection de l'espèce passe par la recherche de nouveaux spécimens et la mise en culture du matériel vivant (préservation du pool génétique), constat renforcé par le mode de reproduction (dioïque) de l'espèce et le fort isolement des individus connus. BARET (2012) rapporte que plusieurs tentatives de sauvegarde ont été initiées pour *R. cordata*, avec plus ou moins de succès (MULLER *et al.*, 2012). Dès 1977, le Conservatoire Botanique National de Brest (CBNB) et la Société Réunionnaise pour la Protection de l'Environnement (SREPEN) initient les opérations de multiplication par bouturage à partir d'un individu de la Grande Chaloupe ([15]), c'est le point de départ d'une opération de grande envergure.

Conservation *in situ* de *R. cordata*.

Une vaste opération de sauvetage est menée par le CBNB et la SREPEN dès 1988 (LESOUËF 1986, 1988 ; [15] ; [2]) à partir de clones mâles originaires de la Ravine des Avirons (commune des Avirons) et de femelles originaires de La Grande Chaloupe (commune de Saint-Denis) ([2]). Près de 1500 plants produits par le CBNB ont rejoint La Réunion dont une partie (environ 200) a été destinée à la réintroduction en nature. Des réintroductions *in situ* ont été réalisées dans la Ravine Fontaine à Saint-Leu (une douzaine de plants), dans la ravine de La Grande Chaloupe à Saint-Denis (plus de 190 plants). Selon la cellule LIFE+ COREXERUN du Parc national de La Réunion (2009), la réimplantation aurait été effectuée au voisinage immédiat de 3 spécimens sur 2 stations dont une à la Ravine de la Grande Chaloupe sur le versant côté Possession au niveau de la falaise de la route du Littoral et dans la Rivière Saint-Etienne à Saint-Louis (13 plants). Au moins 21 plants ont survécu jusqu'en 1990 ([2]). Aujourd'hui ces plants auraient disparu ([10]). Le projet d'implantation de plusieurs dizaines de plants est mentionné sur le site du Colorado ([15]) mais aucune trace de ce projet n'est retrouvée par la suite. Finalement, aucune donnée certaine ne permet d'attester de la réussite de l'opération de réintroduction de *R. cordata* dans le milieu naturel menée par la SREPEN et le CBNB.

Des pieds issus d'opérations de réintroduction sont cependant connus aujourd'hui dans la Ravine de la Grande Chaloupe, au moins un individu ([10], Christian Fontaine, *comm. pers.*) et dans la Ravine de la Chaloupe (un mâle, une femelle) à Saint-Leu, sans cependant avoir une origine clairement établie. Nous mentionnons le travail réalisé par l'APN qui estime avoir produit plusieurs milliers de plants et participé à des opérations de restauration écologique sur des parcelles naturelles privées (LUCAS, 2006). PICHILLOU *et al.* [12] rapporte en effet que de nombreuses actions privées de réintroduction *in situ* se font de manière discrète et sont ainsi difficiles à répertorier.

Une autre opération de réintroduction prend place dès 2011, dans le cadre d'un projet européen de restauration écologique menée sur la Ravine de la Grande Chaloupe. Il s'agissait du Projet LIFE+ COREXERUN porté par le Parc National de La Réunion (PNR) et le Conservatoire du Littoral (CdL). Au total, 1667 plants de Bois de senteur blanc (origine Saint-Louis et Les Avirons) sont réintroduits, avec un taux de mortalité oscillant entre 23% lors de la première année de plantation (poussissements racinaires liés aux fortes pluies) et proche de 0% la seconde année ([11]). Les modalités de suivi sur le long terme sont en cours d'ajustement au regard des moyens humains mobilisables et de la qualité des données à collecter autour des espèces considérées dont *R. cordata* (P. Truong, *comm. pers.*).

S. AUGROS, D. HOAREAU, J. PAILLUSSEAU, C. LOMBARD, P. THUEUX, C. FONTAINE & J. HIVERT

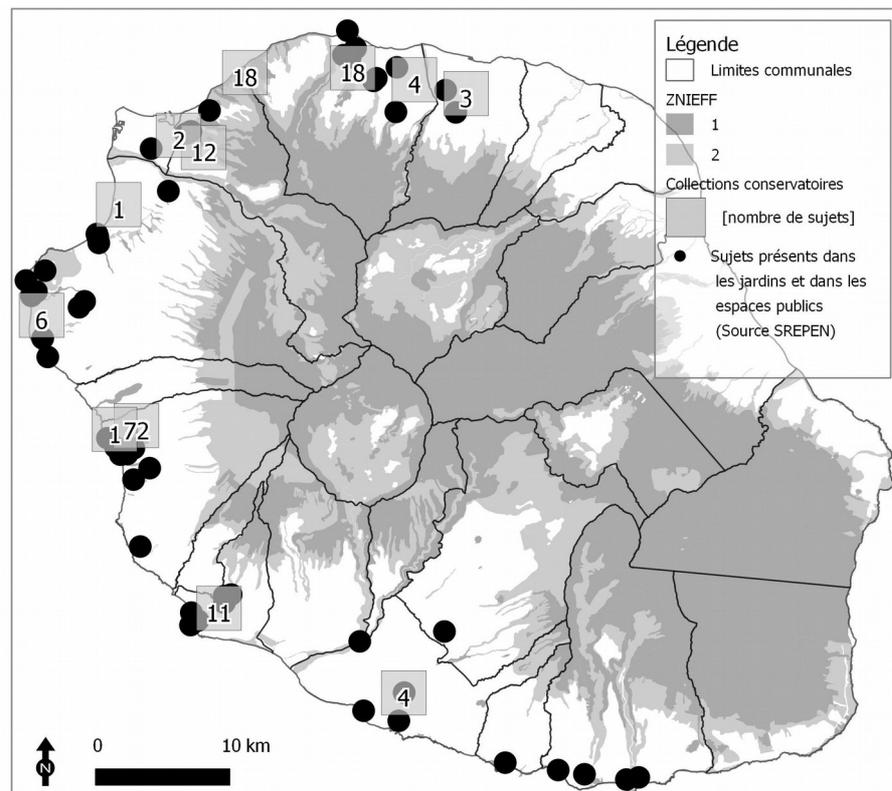


Figure 6. – État des collections conservatoires de *Ruizia cordata* en 2015

### Conservation *ex situ* de *R. cordata*.

Le dénombrement des individus *ex situ* est une tâche difficile. En dressant le bilan de l'opération de sauvetage de 1988, FOLGOAT ([2]) note que l'état des collections conservatoires est tel que l'espèce ne serait aujourd'hui plus menacée de disparition. En outre, 83 actions conservatoires ont été enregistrées depuis 1986 par le CBNM [12] : récoltes de semences, multiplications par semis, collections de plantes en pot et d'arboretum, mais aussi multiplications végétatives (greffes, marcottes), fécondations croisées contrôlées, et stockage de graines au froid. Une culture *in vitro* est même financée par le Conseil Général de La Réunion à la fin des années 1980 (DUPONT *et al.*, 1989) . Cette culture aurait été entreprise par le Conservatoire Botanique de Porquerolles ([15]) mais aucune trace n'est retrouvée ensuite dans les écrits et les mémoires (J. Dupont, J.-C Girard, *comm. pers.*).

Au total, 487 individus (72 en collections de plein champ, 415 en pot) se situent dans la collection du CBNM [12] dont 220 ayant une origine inconnue. Ces collections se composent d'individus issus de 6 populations originelles différentes, dont 3 ont disparu (Ravine des Colimaçons, Ravine des Avirons et Ravine des Trois-Bassins). S'y ajoutent 17 individus en collection au CBNB (origine connue), 36 au sein des arboretums ONF (comptages réalisés en 2015, origines partiellement connues), au moins 7 au sein des antennes CIRAD Saint-Pierre et Saint-Denis d'origine incertaine (Eric Rivière, *comm. pers.*).

BARET (2012) souligne également que de nombreux bouturages ont permis la multiplication du taxon et sa plantation chez des privés. Ainsi, la majorité des plants issus de l'opération de 1988 a été destinée à l'introduction *ex situ* (environ 1300) dans les jardins des particuliers et les espaces publics ([2] ; [15]). Ainsi, 104 arbres ont été retrouvés dans les jardins en 2011 (Fig. 6), la pression d'inventaire étant loin d'être suffisante pour être exhaustive ([2]). Il paraît très difficile de quantifier

précisément l'état du contingent *ex situ* mais il pourrait être conséquent, d'autant plus si l'on y ajoute l'action des pépiniéristes.

La pépinière SRPV (Société Réunionnaise de Production de Végétaux, commune de Sainte-Marie) précise avoir vendu 40 plants de *R. cordata* en 8 ans et 4 mois (Christian Véricel, *comm. pers.*) et possède 3 pieds mères (2 mâles, 1 femelle, d'origine incertaine). La pépinière du Théâtre (Saint-Paul) a commercialisé 6 pieds en 2014 et 2 en 2015 (Camille Delpoux, *comm. pers.*) et exploite 2 semenciers sur une population de 6 individus (2 femelles, 4 mâles, d'origine inconnue) plantée au Mont-Roquefeuil à Saint-Gilles-les-Bains (visitée sur le terrain avec Marius Mallo, pépinière du Théâtre). Une pépinière spécialisée dans la production d'essences indigènes (pépinière Fournel, commune de La Possession) produit et écoule environ 500 plants chaque année, destinés principalement aux professionnels du paysage (Fabien Fournel, *comm. pers.*). La pépinière possède 14 sujets en collection de plein champ âgés de 4 à 7 ans (4 femelles, 4 mâles, 6 non déterminés, d'origine incertaine (APN)).

Une synthèse des actions de conservation de *R. cordata* a été réalisée (Fig.7).

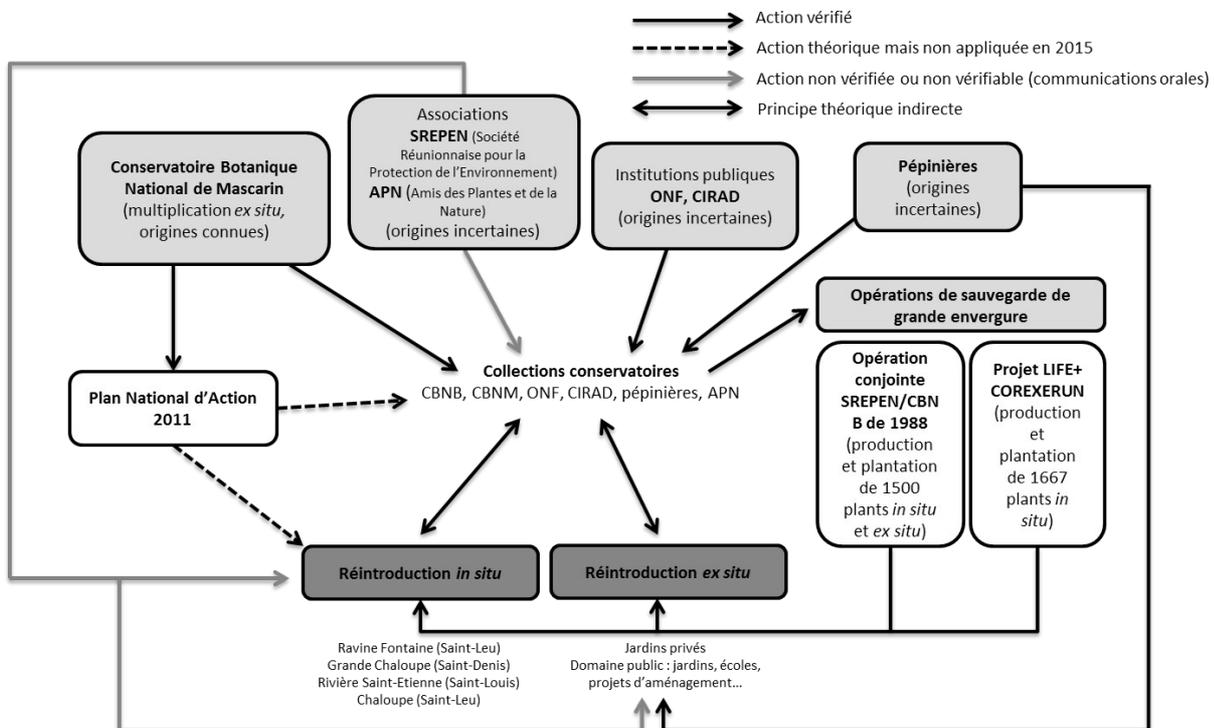


Figure 7. – Schéma synoptique de la conservation de *Ruizia cordata* à La Réunion.

## DISCUSSION

La sauvegarde des espèces constitue une action prioritaire (GODEFROY *et al.*, 2011), avec pour objectif l'obtention de populations viables dans le milieu naturel. Plusieurs étapes préalables sont cependant essentielles afin de parvenir à cet objectif (BARET *et al.*, 2012) : l'acquisition des connaissances sur la biologie des espèces, le recensement de nouvelles populations, la conservation *ex et in situ*.

Cette étude a permis de dresser un bilan actualisé des connaissances sur les populations naturelles, domestiques et réintroduites de Bois de senteur blanc. Une tentative d'estimation de

S. AUGROS, D. HOAREAU, J. PAILLUSSEAU, C. LOMBARD, P. THUEUX, C. FONTAINE & J. HIVERT

l'âge des individus naturels a été réalisée sans succès, plusieurs éléments peuvent expliquer ce résultat :

- i) le faible nombre d'individus naturels connus (n=5),
- ii) la forte variabilité des conditions stationnelles des arbres mesurés (5 communes, altitude échelonnée de 40 à 520 m),
- iii) le faible échantillon de vieux arbres témoins d'âge connu,
- iv) le manque de ressources sur la croissance des espèces tropicales (ASHTON, 1981 ; LIEBERMAN *et al.*, 1985).

L'ensemble des résultats conduit aujourd'hui à imposer un certain nombre de réflexions pour l'avenir de cette espèce endémique et emblématique de La Réunion.

#### Quel avenir pour les populations naturelles ?

Selon LESOUËF (2000), il existe au moins deux situations pour lesquelles la réintroduction d'une espèce serait impossible : i) lorsque le biotope n'existe plus ou est extrêmement dégradé, ii) lorsque l'espèce est réduite à un clone auto-stérile ou seulement un sexe en cas d'espèce dioïque. Néanmoins, il souligne l'importance de conserver les espèces se trouvant dans de telles situations, notamment par le biais de collections conservatoires. La SREPEN et le CBNB notent en 1988 ([15]) que la conservation des individus sauvages de *R. cordata* est très peu probable (3 individus sont notés à cette date). En 2015, l'état de conservation moyen de 3 des 5 individus sauvages référencés confirme ce postulat énoncé il y a plus de 25 ans. Compte tenu de sa dioécie, de l'isolement des individus, et donc de l'impossibilité d'une régénération naturelle, la seule voie de conservation de *R. cordata* passe irrémédiablement par la réintroduction et le maintien des collections conservatoires.

#### La réintroduction de *R. cordata* : *in situ* et/ou *ex situ* ?

Les techniques de conservation *ex situ* (multiplication, arboretums, banques de graines) sont aujourd'hui maîtrisées, validant une étape fondamentale pour la conservation de l'espèce. L'introduction *ex situ* de l'espèce peut être aujourd'hui considérée comme un succès, majoritairement lié au travail important engagé par la SREPEN et le CBNB dès le début des années 1980, relayé ensuite par le développement de la production de plants indigènes dans les pépinières locales.

D'un autre côté, la réintroduction du Bois de senteur blanc en milieu naturel (*in situ*) doit faire face à plusieurs problématiques lourdes de conséquence : la dégradation avancée de la forêt sèche qui abritait très probablement l'habitat originel, non décrit, de *R. cordata* [6], la faible variabilité résiduelle des souches génétiques sauvages, et la capacité d'hybridation de *R. cordata* avec d'autres Dombeyoidae dont *Dombeya populnea* (Cav.) Baker (BARET *et al.*, 2012), générant un risque non nul de pollution génétique. Le choix d'un site de réintroduction doit par ailleurs satisfaire les besoins de l'espèce sur le long terme. Dans le cas contraire, une réhabilitation de l'habitat doit être réalisée au préalable (UICN, 1998). Des opérations de réintroduction ont été réalisées en 1988 (SREPEN/CBNB) et en 2011/2012 (projet COREXERUN porté par le PNR et le CdL). En l'absence de véritable suivi, le succès de l'opération de 1988 ne peut être évalué. Concernant le projet COREXERUN, un suivi à long terme devrait être aujourd'hui défini comme une priorité pour évaluer l'efficacité et l'efficacé des travaux réalisés dans la Ravine de la Grande Chaloupe (BARET, 2012 ; GODEFROID *et al.*, 2010). Les évaluations du taux de mortalité, de la capacité de régénération naturelle et de l'expansion spatiale constituent en effet des données déterminantes pour l'ajustement des projets futurs de réintroduction (BARET, 2012). Un suivi à long terme est d'autant plus pertinent que les taux de survie ont généralement tendance à chuter plus ou moins fortement au

fil du temps (GODEFROID *et al.*, 2010). Une durée de 25 ans à plusieurs dizaines d'années est préconisée dans la littérature (ALLEN, 1994 ; BELL *et al.*, 2003) tout en sachant que celle-ci doit être ajustée à l'espèce concernée (GODEFROID *et al.*, 2010).

## CONCLUSION

Un Plan National d'Action visant à la sauvegarde et la conservation de l'espèce a été rédigé en 2011 [12]. La découverte d'un nouvel individu mâle constitue une donnée majeure (gain de 20% en effectifs sauvages, alors qu'il n'y avait aucune donnée nouvelle depuis plus de 15 ans) et une nouvelle souche génétique à intégrer dans les efforts de multiplication.



Figure 8. – Des filets sont posés sur les premiers kilomètres de la route en corniche dans les années 90, mutilant un individu de *Ruizia cordata*. Photo réalisée en 2015. Source : ECO-MED Océan Indien.

Malgré la forte pression de prospections sur le Massif de la Montagne ces 15 dernières années (études environnementales préalables à la pose des filets (*Fig. 8*), au projet Tram Train, et au projet de la Nouvelle Route du Littoral), il semble toujours possible de découvrir de nouvelles stations d'espèces rares. Il est donc nécessaire de considérer que l'exhaustivité est un pallier probablement impossible à atteindre dans le contexte de La Réunion et de ses ravines tourmentées. L'effort de prospection pour découvrir de nouveaux individus doit donc être maintenu, notamment dans le but d'alimenter les opérations de multiplications *ex situ* avec de nouvelles souches génétiques. En évoquant la falaise littorale du Nord de l'île, Vincent Boulet écrivait en 2006 ([1]) : « Tandis, qu'à l'abri des regards, installées sur les vires inaccessibles des hauteurs de la falaise au sein de fourrés semi-xérophiles pionniers, la flore endémique relictuelle de la zone chaude et sèche de l'île (dont les derniers pieds sauvages du Bois de senteur blanc [*Ruizia cordata*, Malvaceae]) échappent encore au sabre et à la tronçonneuse... ».

## REMERCIEMENTS

Nous remercions particulièrement les personnes suivantes (et leurs structures respectives) pour leur collaboration cordiale, sans lesquelles ce travail n'aurait pas pu aboutir : Bernadette Ardon (SREPEN), Michel Chane-Kon (SREPEN), Joël Dupont (SREPEN), Jean Claude Girard, Christian Véricel (Pépinière SRPV), Camille Delpoux et Marius Mallo (Pépinière du Théâtre), Pierre-Yves Fabulet et Pierre-Marie Cogne

S. AUGROS, D. HOAREAU, J. PAILLUSSEAU, C. LOMBARD, P. THUEUX, C. FONTAINE & J. HIVERT

(CYATHEA), Fabien Fournel (Pépinière FOURNEL), Jacques Rochat (Insectarium de La Réunion), Julien Triolo (ONF), Pascal Truong (PNR), Alfred Rivière (APN), Eric Rivière (CIRAD).

Notre gratitude va également vers M. Serge Muller (Université de Lorraine) pour sa relecture et ses conseils avisés.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN W.H., 1994. – Reintroduction of endangered plants. *BioScience*, **44** : 65–68.
- ASHTON P. S., 1981. – The need for information regarding tree age and growth in tropical forests. In: Bormann FH, Berlyn G (eds) Yale University, New Haven. *Age and growth rate of tropical trees: new dimensions for research*, **94** : 3-6.
- AVSAR D. A., 2004. – The relationships between diameter at breast height, tree height and crown diameter in Calabrian Pines (*Pinus brutia* Ten.) of Baskonus Mountain, Kahramanmaras, Turkey. *Journal of Biological Sciences*, **4**(4) : 437-440.
- BAKER P. J., 2003. – Tree age estimation for the tropics : a test from the Southern Appalachians. *Ecological Applications*, **13** : 1718–1732.
- BARET S., LAVERGNE C., FONTAINE C., SALIMAN M., TRIOLO J. & SAMANTHO B., 2012. – Une méthodologie concertée pour la sauvegarde des plantes menacées de l'île de La Réunion. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, **67** : 85–100.
- BELL T. J., BOWLES M. L., Mc EACHERN A. K., 2003. – Projecting the success of plant population restoration with viability analysis. In: Brigham, C.A., Schwartz, M.W. (Eds.), Springer, Berlin, *Population Viability in Plants*, **165** : 313–348 .
- BLANCHARD F., 2000. – *Guide des milieux naturels La Réunion-Maurice-Rodrigues*. Ed. Ulmer, Paris, 384 p.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964. – *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Ed. 3. Springer. Verlag. Wien, 865 p.
- CORDEMOY E. J. de, 1895. – *Flore de l'île de La Réunion*, 597 p.
- CUMMING A. B., GALVIN M. F., RABAGLIA R. J., CUMMING J. R. & TWARDUS D. B., 2001. – Forest health monitoring protocols applied to roadside trees in Maryland. *Journal of Arboriculture*, **27** : 126–138.
- DE PRINS J. & KAWAHARA A., Y. 2012. – Systematics, revisionary taxonomy, and biodiversity of Afrotropical Lithocolletinae (Lepidoptera: Gracillariidae). *Zoosystema*, **3594** : 1–283.
- DUPONT J., GIRARD J.-C. & GUINET M., 1989. – *Flore en détresse. Le Livre Rouge des plantes indigènes menacées à La Réunion*. SREPEN, Conseil régional de La Réunion, Saint-Denis, Réunion, 133 p.
- FERRETI M., 1998. – Potential and limitation of visual indices of tree condition. *Chemosphere*, **36** : 1031–1036.
- FRIEDMANN F., 1977. – Le bois de senteur, arbre très rare de La Réunion. *Info-Nature - Bulletin de Liaison de la SREPEN*, **15** : 58–62.
- FRIEDMANN F., 1987. – 53. Sterculiacées. in Bosser J., Cadet T., Guého L. & Marais W. (eds), *Flore des Mascareignes : La Réunion, Maurice, Rodrigues*. 51. Malvacées à 62. Oxalidacées. The Sugar Industry Research Institute, Mauritius - L'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris - The Royal Botanic Gardens, Kew, 50 p.

- GODEFROID S., PIAZZA C., ROSSI G., BUORD S., STEVENS A. D., AGURAIUJA R., COWELL C., WEEKLEY C. W., VOGG G., IRIONDO J. M., JOHNSON I., DIXON B., GORDON D., MAGNANON S., VALENTIN B., BJUREKE K., KOOPMAN R., VICENS M., VIREVAIRE M. & VANDERBORGHT T., 2011. – How successful are plant species reintroductions? *Biological Conservation*, **144** : 672–682.
- LE PÉCHON T., CAO N., DUBUISSON J.-Y. & GIGORD L. D. B., 2009. – Systematics of Dombeyoideae (Malvaceae) in the Mascarene archipelago (Indian Ocean) inferred from morphology. *Taxon*, **58** : 519–531.
- LE PÉCHON T., DUBUISSON J.-Y., HAEVERMANS T., CRUAUD C., COULOUX A. & GIGORD L. D. B., 2010. – Multiple colonizations from Madagascar and converged acquisition of dioecy in the Mascarene Dombeyoideae (Malvaceae) as inferred from chloroplast and nuclear DNA sequence analyses. *Annals of Botany*, **106** : 343–357.
- LE PÉCHON T., HUMEAU L., GIGORD L., PAUSE J. B., CARON D., BAIDER C., GIGORD P., GROSSER D., HANSEN D., & SEVATHIAN J. C., 2011. – *Les mahots des Mascareignes - Base de connaissance sur les Dombeyoideae des Mascareignes*. Université de La Réunion, 135 p.
- LE PÉCHON T., PAUSE J.-B., DUBUISSON J.-Y., GIGORD L. D. B., HAEVERMANS A., HAEVERMANS T. & HUMEAN L., 2013. – *Dombeya formosa* (Malvaceae s. l.) : A New Species Endemic to La Réunion (Indian Ocean) based on Morphological and Molecular Evidence. *Systematic Botany*, **38** : 424–433.
- LEAK W.B., 1985. – Relationships of Tree Age to Diameter in Old-Growth Northern Hardwoods. *United States Department of Agriculture - Forest Service Research*, **329** : 4 p.
- LESOUËF J.-Y., 1986. – Compte-rendu de la première mission de sauvetage des éléments les plus menacés de la flore des Mascareignes (La Réunion, Maurice, Rodrigues). *Bulletin de Liaison de la Société Réunionnaise pour l'Etude et la Protection de l'Environnement*, **22** : 84 p.
- LESOUËF J.-Y., 1988. – The rescue of *Ruizia cordata* and the possible extinction of *Astria rosea*. *Botanic Gardens Conservation News*, **1** (2) : 36–39.
- LESOUËF J.-Y., 2000. – La réintroduction des plantes. *Le Courrier de la Nature*, **182** : 52-53.
- LIEBERMAN D., LIEBERMAN M., HARTSHORN G. & PERALTA R., 1985. – Growth rates and age-size relationships of tropical wet forest trees in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, **1**(2) : 97-109.
- LINSEN L., KARIS B. J., Mc PHERSON G. & HAMANN B., 2005. – Tree growth visualization. *The Journal of WSCG*, **13** : 81–88.
- LUCAS R., 2006. – *Cent plantes endémiques et indigènes de La Réunion*. Azalées Ed. ed. 206 p.
- LUKASZKIEWICZ J. & KOSMALA M., 2008. – Determining the age of streetside trees with diameter at breast height-based multifactorial model. *Arboriculture & Urban Forestry*, **34** : 137–143.
- MARTIRÉ D. & ROCHAT J., 2008. – *Les papillons de La Réunion et leurs chenilles*. Muséum National d'Histoire Naturelle. Biotope Editions, 496 p.
- MATTHEWS R. W. & MACKIE E. D., 2006. – *Forest Mensuration, A Handbook for Practitioners*, FC, Edinburgh, 330 p.

S. AUGROS, D. HOAREAU, J. PAILLUSSEAU, C. LOMBARD, P. THUEUX, C. FONTAINE & J. HIVERT

- Mc DONALD I.A.W., THEBAUD C. & STRAHM W. A., 1991. – Effect of Alien Plant Invasions on Native Vegetation Remnants on La Réunion (Mascarene Islands, Indian Ocean). *Environmental Conservation*, **18** : 51–61.
- MULLER S. & MEYER J.-Y., 2012. – Les enjeux de la conservation de la flore et des habitats naturels menacés de l’outre-mer français. *Revue d’Ecologie (La Terre et la Vie)*, **11** :7–14.
- O’BRIEN S. T., HUBBEL S. P., SPIRO P., CONDIT R. & FOSTER R.B., 1995. – Diameter, height, crown, and age relationships in eight neotropical tree species. *Ecology*, **76** : 1926-1939.
- PICOT F. & LUCAS D., 2014. – Mascarine Cadetiana II, pôle Flore et Habitats du SINP de La Réunion/CBN-CPIE de Mascarin, Saint-Leu (Réunion). Consulté en février 2015. *Conservatoire Botanique National de Mascarin. Saint-Leu (Réunion)*. Disponible sur internet : < <http://mascarine.cbnm.org> >.
- R Core Team, 2013. – *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria: <<http://www.R-project.org/>>.
- SARRAILH J., MADAULE T. & RIVIÈRE J., 2008. – Étude de la forêt semi-sèche de La Réunion : application à la réhabilitation de la flore indigène. *Bois et Forêts des Tropiques*, **295** : 57–69.
- SCHOMAKER M. E., ZARNOCH S. J., BECHTOLD W. A., LATELLE D. J., BURKMAN W. G., & COX S.M., 2007. – Crown-Condition Classification : A Guide to Data Collection and Analysis. *United States Department of Agriculture Forest Service - Gen. Tech. Rep. SRS*, **102** : 78 p.
- STRASBERG D., ROUGET M., RICHARDSON D. M., BARET S., DUPONT J. & COWLING R. M., 2005. – An Assessment of Habitat Diversity and Transformation on La Réunion Island (Mascarene Islands, Indian Ocean) as a Basis for Identifying Broad-scale Conservation Priorities. *Biodiversity & Conservation*, **14** : 3015–3032.
- UICN, 1998. – *Lignes directrices de l’UICN relatives aux réintroductions. Préparées par le Groupe de spécialistes de la réintroduction de la Commission de la sauvegarde des espèces de l’UICN*. UICN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 20 p.
- UICN, 1999. – *Biodiversité et conservation en Outre-Mer - La Réunion*. *in Biodiversité et Conservation en Outre-Mer* : 117–132.
- UICN, 2010. – *La Liste rouge des espèces menacées en France - Flore vasculaire de La Réunion*. Comité français de l’UICN, 27 p.

## ANNEXE 1

## RÉFÉRENCES NON PUBLIÉES

Les rapports et productions non publiés sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ils sont cités dans le texte via la correspondance numérique placée dans la colonne de gauche.

- |      |   |
|------|---|
| [1]  | BOULLET, V., 2006, – Note sur la végétation et les habitats des falaises littorales entre Saint-Denis et La Possession. Conservatoire Botanique National de Mascarin, 2 p.  |
| [2]  | FOLGOAT, N., 2011, – Bilan de l'opération de sauvetage d'une espèce végétale endémique de La Réunion, Bois chanteur, Bois de senteur blanc, <i>Ruizia cordata</i> Cav. Rapport de Mission - Société Réunionnaise pour la Protection de l'Environnement, 39 p. + annexes   |
| [3]  | GIGORD, L., HIVERT J., and T. ROCHIER T., 2014, – Actions de conservation <i>ex situ</i> des cinq espèces PNA Flore de La Réunion 2013 – 2014. Conservatoire Botanique National & Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement, 42 p.  |
| [4]  | GIGORD, L., LE PÉCHON, T., 2007. – BACOMAR : Pourquoi les Mahots ? Richesse et importance écologique des Dombeyoideae. Un questionnement permanent pour les botanistes. Un support et un modèle exemplaires. Région Réunion, Université de La Réunion, Europe, 12 p.  |
| [5]  | HIVERT, J., LACOSTE M., and PICOT F., 2009. – Action de connaissance dans le cadre des mesures compensatoires au projet Tram-Train (Massif de La Montagne - Île de La Réunion). Conservatoire Botanique National de Mascarin, 196p.   |
| [6]  | LACOSTE M. & PICOT F., 2014. – Cahiers d'habitats de La Réunion : étage mégatherme semi-xérophile. <i>Conservatoire Botanique National de Mascarin</i> , 302 p.   |
| [7]  | MADAULE T., CAZAL E., RIVIÈRE E. & LEBRETON G., 2010. – <i>Diagnostic de l'état initial de conservation des habitats cibles du projet LIFE + COREXERUN</i> . CIRAD, 152 p.  |
| [8]  | MATHEVON, 2006 : Forêt de la Grande Chaloupe - Premier aménagement : 2006 – 2015. ONF/CELRL, 74 p.  |
| [9]  | MEYER, J., and STRASBERG D., 2001. – Premiers éléments de connaissance des milieux naturels et des espèces de la flore les plus menacées, pour une stratégie de conservation à développer dans le projet du Parc national des Hauts de La Réunion. Mission Parc National des Hauts de La Réunion / CBNM / Université de La Réunion / SREPEN, 31p. |
| [10] | PARC NATIONAL DE LA RÉUNION, 2009. – <i>État des lieux des habitats semi-xérophiles à La Réunion</i> . Synthèse bibliographique. Conservatoire du Littoral, 23 p.   |
| [11] | PARC NATIONAL DE LA RÉUNION, 2014. – Projet LIFE+ COREXERUN - Fiches espèces, Parc National de La Réunion, Conservatoire du Littoral, 55 p.   |
| [12] | PICHILLOU S., LAVERGNE C. & GIGORD L., 2011. – Le bois de senteur blanc, <i>Ruizia cordata</i> Cav. – Plan National d'Actions 2012-2016 : outils d'aide à la conservation des espèces végétales menacées d'extinction. Version 2013 (mise à jour du 19 avril 2013). <i>Conservatoire Botanique National de Mascarin</i> , 75 p.                   |
| [13] | SREPEN & Conservatoire Botanique National de Brest, 1988. – Réintroduction de <i>Ruizia cordata</i> - Plante protégée endémique de l'île de La Réunion en extrême limite d'extinction.  |
| [14] | STOL, J., 2006. – Assessment system for measuring state of tree health and level of dieback (BioAssess Project , Holbrook), CSIRO Sustainable Ecosystems.   |
| [15] | STRASBERG D., DUPONT J. & RAMEAU J.-C., 2000. – Typologie des milieux naturels et des habitats de La Réunion. Université de La Réunion & DIREN Réunion, 27 p.   |

## ANNEXE 2

## COMPTES RENDUS D'ENTRETIENS

| Structure                                   | Communiquant   | Fonction  | Adresse   | Contact  | Modalités |      |           |                | Type d'informations communiquées  |
|---|--|---|---|--|-----------|------|-----------|----------------|---|
|   |  |   |   |  | Téléphone | Mail | Rencontre | Total contacts |   |
| Pépinière SRPV                              | Christian VERICEL  | Responsable pépinière   | 21 r Routier de Granval, 97438 SAINTE MARIE   | 02 62 53 50 25<br>vericel.srpv@gmail.com                         | 2         | 3    | 1         | 6              | Données de production<br>Données dendrométriques semenciers   |
| Pépinière du Théâtre                        | Camille DELPOUX<br>Marius MALLO                                      | Chef de culture et de projets, Responsable serre                  | Cs 51013 Chemin Vanille, 97434 SAINT PAUL   | 02 62 24 37 40<br>c.delpoux@groupefages.com                      | 2         | 3    | 1         | 6              | Données de production<br>Données dendrométriques semenciers   |
| Office National des Forêts                  | Julien TRIOLO  | Responsable de de la cellule écologie et des arboretums           | Direction régionale ONF, Boulevard de la Providence CS 71072, 97404 Saint-Denis cedex | 02 62 90 48 00<br>julien.triolo@onf.fr                           | 2         | 3    | 1         | 6              | Données dendrométriques semenciers  |
| Parc national de La Réunion (Cellule LIFE+) | Pascal TRUONG<br>Pierre THUEUX                                       | Responsable du projet LIFE+<br>Technicien projet LIFE+            | 258 rue de La République<br>97431 La Plaine des Palmistes                             | 02 62 90 99 26<br>pascal.truong@reunion-parcnational.fr          | 0         | 2    | 1         | 3              | Données de réintroduction <i>in situ</i> dans le cadre du projet LIFE+ COREXERUN  |
| Pépinière FOURNEL                           | Fabien FOURNEL   | Gérant pépinière  | 25 chemin des anglais - Rivière des Galets<br>97420 LE PORT                           | <a href="mailto:fabien.fournel@gmx.fr">fabien.fournel@gmx.fr</a> | 2         | 5    |           | 7              | Données de production<br>Données dendrométriques semenciers   |
| SREPEN                                      | Joël DUPONT<br>Michel CHANE-KON<br>Bernadette ARDON<br>Nelly FOLGOAT | Membres actifs<br>Présidente<br>Chargée de mission SREPEN en 2011 | 30 rue des Deux Canons<br>97490 SAINT-DENIS   | 02 62 28 19 29<br>srepenreunion@wanadoo.fr                       | 2         | 2    |           | 7              | Discussion ouverte sur l'opération de réintroduction de <i>R. cordata</i> en 1988 et le bilan réalisé en 2011 par Nelly FOLGOAT |
| APN   | Alfred RIVIÈRE   | Trésorier   | 1 impasse Volange Rivière<br>97425 LES AVIRONS  | 06 92 88 46 75 (APN)<br>06 92 38 08 99                           | 1         |      |           | 1              | Discussion ouverte sur les actions de l'APN pour la réintroduction ex situ et in situ de <i>R. cordata</i>                      |
| Insectarium de La Réunion                   | Jacques ROCHAT   | Directeur   | Pépinière Communale, rue Simon Pernic<br>97420 LE PORT                                | 02 62 43 14 15<br>contact@insectarium-reunion.com                |           | 3    |           | 3              | Données sur les prédateurs connus et présumés de <i>R. cordata</i><br>Identification d'un taxon                                 |

## ANNEXE 3

### RÉSULTATS DU RELEVÉ BOTANIQUE SUR LA STATION DE

#### *RUIZIA CORDATA* DE CAP BERNARD

**Légendes :** Strate herbacée / arbustive / arborée : 1 = < 10 individus ; 2 = > 10 individus mais recouvrement inférieur < 5% ; 3 = recouvrement entre 5 et 25% ; 4 = recouvrement entre 25 et 50 % ; 5 = recouvrement >50% ; Statut général Réunion : E=exotique, I=indigène, K=cryptogène, ?= supposé ; Rareté Réunion : E = exceptionnel, RR = très rare, R = rare, AR = assez rare, PC = peu commun, AC = commun, C = commun, CC = très commun, ? = supposé ; Endémicité : - = non applicable, 0 = non endémique, B = endémique stricte de La Réunion, M3 = endémique des Mascareignes, W2b = endémique de Madagascar et des Mascareignes, W3c = endémique de Madagascar, des Seychelles et des Mascareignes ; Invasibilité : - = non applicable, 1 = non envahissant, 2 = potentiellement envahissant, 3 = envahissant dans les milieux perturbés, 4 = envahissant dans les milieux naturels, 5 = fortement envahissant dans les milieux naturels ; Menace Réunion : - = non applicable, LC = préoccupation mineure, VU = Vulnérable, CR = en danger critique d'extinction ; Détermination ZNIEFF : 1=espèce déterminante.

| Nom botanique*  | Strate herbacée (H<1m) | Strate arbustive (1<H<5 m) | Nom (Réunion)*           | Famille*      | Statut général Réunion* | Rareté Réunion* | Invasibilité* | Menace Réunion* | Endémicité* | Détermination znieff* |
|---|------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------|-------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------|-----------------------|
| <i>Actiniopteris australis</i> (L. f.) Link   | 1                      | 0                          |                          | Pteridaceae   | I                       | RR              | X             | LC              | M2a         | 1                     |
| <i>Actiniopteris semiflabellata</i> Pic.Serm.   | 2                      | 0                          |                          | Pteridaceae   | I                       | AR?             | X             | LC              | 0           |                       |
| <i>Barleria prionitis</i> L.  | 2                      | 0                          | Madame<br>Gustave        | Acanthaceae   | N(Q)                    | R?              | 2             | NA              | 0           |                       |
| <i>Centrosema pubescens</i> Benth.  | 1                      | 0                          |                          | Fabaceae      | N                       | RR?             | 2             | NA              | 0           |                       |
| <i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd.  | 1                      | 0                          | Ti cassi                 | Fabaceae      | Z                       | CC              | 3             | NA              | 0           |                       |
| <i>Dombeya acutangula</i> Cav. subsp. <i>acutangula</i> var. <i>acutangula</i>            | 0                      | 2                          | Mahot tantan             | Malvaceae     | I(Q)                    | R?              | X             | VU              | M2b<br>?    | 1                     |
| <i>Dombeya acutangula</i> Cav. subsp. <i>acutangula</i> var. <i>palmata</i> (Cav.) Arènes | 0                      | 1                          | Mahot tantan             | Malvaceae     | I(Q)                    | RR?             |               | CR              | B?          | 1                     |
| <i>Ehretia cymosa</i> Thonn.  | 0                      | 1                          | Bois malgache            | Boraginaceae  | N(Q)                    | AR?             | 2             | NA              | 0           |                       |
| <i>Furcraea foetida</i> (L.) Haw.   | 4                      | 0                          | Choca vert               | Asparagaceae  | Z(Q)                    | CC?             | 5             | NA              | 0           |                       |
| <i>Heteropogon contortus</i> (L.) P. Beauv. ex Roem. et Schult.                           | 3                      | 0                          | Herbe polisson           | Poaceae       | I                       | PC?             | X             | LC              | 0           |                       |
| <i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.   | 2                      | 0                          |                          | Lamiaceae     | N?                      | RR?             | 2             | NA              | 0           |                       |
| <i>Lantana camara</i> L.  | 0                      | 1                          | Galabert                 | Verbenaceae   | Z(Q)                    | CC              | 5             | NA              | 0           |                       |
| <i>Leonitis nepetifolia</i> (L.) R. Br.   | 2                      | 0                          |                          | Lamiaceae     | Z                       | PC?             | 3             | NA              | 0           |                       |
| <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit  | 0                      | 2                          | Cassi                    | Fabaceae      | Z(Q)                    | C?              | 5             | NA              | 0           |                       |
| <i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C. Rob.   | 0                      | 1                          | Avocat marron            | Lauraceae     | Z(Q)                    | C?              | 5             | NA              | 0           |                       |
| <i>Melochia corchorifolia</i> L.  | 2                      | 0                          | Herbe dure               | Malvaceae     | Z                       | AR?             | 3             | NA              | 0           |                       |
| <i>Panicum maximum</i> Jacq.  | 1                      | 0                          | Fataque                  | Poaceae       | Z                       | CC?             | 4             | NA              | 0           |                       |
| <i>Pavonia calycina</i> (Cav.) Ulbr.  | 2                      | 0                          |                          | Malvaceae     | I?                      | AR?             | X             | LC              | 0           |                       |
| <i>Pellaea viridis</i> (Forssk.) Prantl var. <i>viridis</i>                               | 1                      | 0                          |                          | Pteridaceae   | I                       | AC              | X             | LC              | 0           |                       |
| <i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng.  | 1                      | 0                          |                          | Lamiaceae     | N(Q)                    | AR?             | 3             | NA              | 0           |                       |
| <i>Rhus longipes</i> Engl.  | 0                      | 1                          | Faux poivrier<br>blanc   | Anacardiaceae | Z                       | AR?             | 5             | NA              | 0           |                       |
| <i>Ruizia cordata</i> Cav.  | 0                      | 3                          | Bois de senteur<br>blanc | Malvaceae     | I                       | E?              | X             | CR              | B           | 1                     |
| <i>Tephrosia pumila</i> (Lam.) Pers. var. <i>ciliata</i> (Craib) Brummitt                 | 2                      | 0                          |                          | Fabaceae      | Z?                      | AR?             | 1             | NA              | 0           |                       |

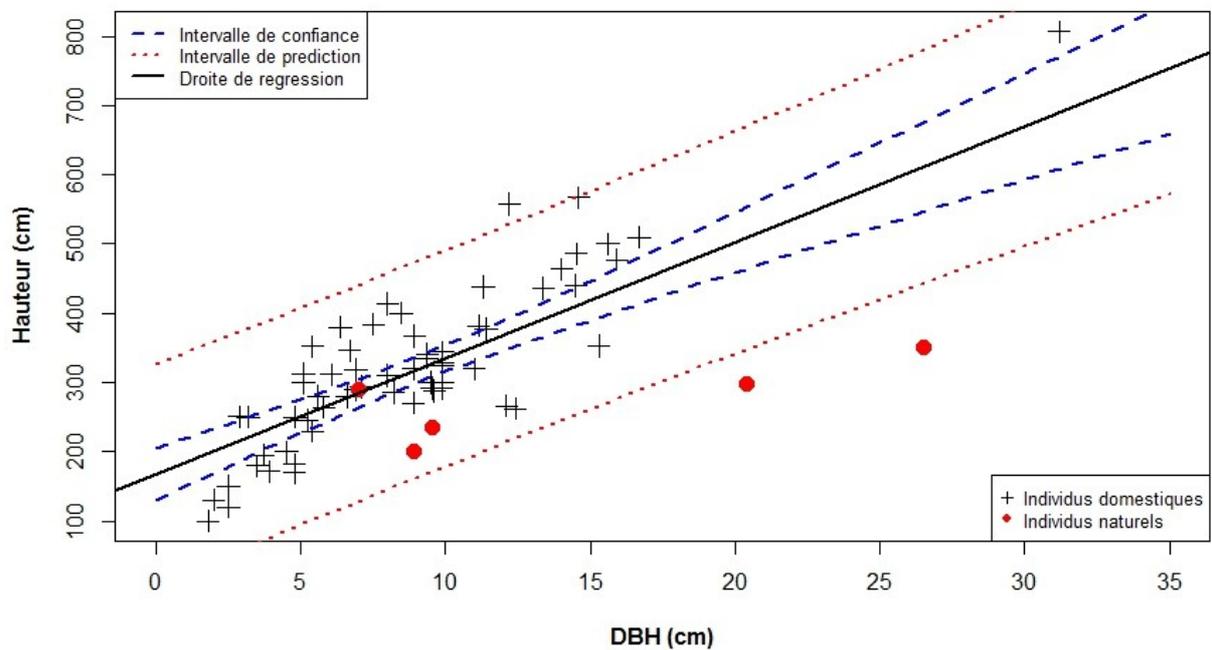
\* Données issues de l'index de la flore vasculaire de La Réunion, Conservatoire Botanique de Mascarin, version 2015.1

## ANNEXE 4

### RÉSUMÉ DES PARAMÈTRES STATISTIQUES DES MODÈLES LINÉAIRES ÉTUDIÉS

**Légendes :** p-value : (\*\*\*) < 0,001 ; (\*\*) < 0,01 ; (\*) < 0,05 ; (.) < 0,1 ; ( ) < 1 ; SE : erreur type

| Modèles étudiés   |         | n  | Ordonnée à l'origine | Pente | R2 ajusté   | SE    | p-value                 |     |
|---|---------|----|----------------------|-------|-------------|-------|-------------------------|-----|
| Régression simple de l'âge par la DBH   |         | 65 | 3,92                 | 0,94  | <b>0,63</b> | 0,092 | 1,128.10 <sup>-14</sup> | *** |
| Régression simple de l'âge par la hauteur   |         | 65 | 0,45                 | 0,04  | <b>0,55</b> | 0,004 | 1,6.10 <sup>-12</sup>   | *** |
| Régression multiple de l'âge par la hauteur + la DBH                                | DBH     | 65 | 0,083                | 1,06  | <b>0,65</b> | 0,264 | 0,000172                | *** |
|   | Hauteur |    |                      | 0,02  |             | 0,008 | 0,056782                | .   |
| Régression simple de la DBH par la hauteur pour les groupes naturels et domestiques |         | 70 | -1,81                | 0,03  | <b>0,57</b> | 0,004 | 1,29.10 <sup>-13</sup>  | *** |
| Régression simple de la DBH par la hauteur pour le groupe domestique                |         | 65 | -2,59                | 0,03  | <b>0,76</b> | 0,002 | <2,2.10 <sup>-16</sup>  | *** |
| Régression simple de la DBH par la hauteur pour le groupe naturel                   |         | 5  | -16,63               | 0,11  | <b>0,60</b> | 0,05  | 0,123                   |     |



*figure Annexe-4 : Régression linéaire de la DBH par la hauteur pour l'ensemble des individus échantillonnés (domestiques et naturels). Deux des cinq individus naturels (les deux plus gros diamètres) sortent de l'intervalle de prédiction du modèle ajusté à l'ensemble des groupes « naturel » et « domestique ».*