

**EXPERIMENTATION DE RESTAURATION ECOLOGIQUE
DU LITTORAL A PAEA, ILE DE TAHITI (SOCIETE) :
UNE SOLUTION FONDEE SUR LA NATURE ET LA SCIENCE**

par

Philippe MARMEY¹, Lisa Di SALVIA², Léa GROS¹,
Solène FABRE BARROSO³ & Jean-Yves Hiro MEYER⁴

¹UMR Ecosystèmes Insulaires Océaniens (IFREMER-ILM-IRD-UPF), Université de la
Polynésie française, B.P. 6570, 98702 Faaa, Tahiti, Polynésie française
E-mail : philippe.marmey@ird.fr

²Fédération des Associations de Protection de l'Environnement « Te Ora Naho », B.P. 21289, 98
713 Papeete, Tahiti, Polynésie française

³« Fenua Ecologie »
B.P. 64564, 98702 Faaa Centre, Tahiti, Polynésie française

⁴Délégation à la Recherche,
B.P. 20981, 98713 Papeete, Tahiti, Polynésie française
E-mail : jean-yves.meyer@recherche.gov.pf



août 2023

Photo de couverture : vue de l’embouchure de la rivière Paihau sur le site pilote de restauration de l’ILM à Paea avec une prairie salée à *Paspalum vaginatum* (cliché : Jean-Yves Hiro MEYER[©])

Cet ouvrage doit être cité comme suit :

MARMEY, P., DI SALVIA, L., GROS, L., FABRE BARROSO, S. & MEYER, J.-Y. 2023. Expérimentation de restauration écologique du littoral à Paea, île de Tahiti (Société) : une solution fondée sur la nature et la science. Contribution à la Biodiversité de Polynésie française N°22. Sites Naturels d’Intérêt Ecologique et Patrimonial X. Délégation à la Recherche, Papeete, 21 pages + Annexe.

INTRODUCTION

Les solutions fondées sur la nature (SfN) sont des approches relativement nouvelles et innovantes pour résoudre des problèmes environnementaux et sociaux, basées sur la compréhension du fonctionnement des écosystèmes naturels (Cohen-Sacham *et al.* 2019, Cohen-Sacham *et al.* 2016) reconnus pour fournir une large gamme de services écologiques, économiques et sociaux (Millenium Ecosystem Assessment 2005, UICN 2020). Les SfN sont conçues pour être plus durables dans le temps avec des effets positifs sur la biodiversité et la résilience des écosystèmes (Pedersen Zari *et al.* 2019, World Bank 2021). Elles sont aujourd'hui considérées comme des outils efficaces pour atténuer les effets du changement climatique sur les îles hautes et les atolls dont leur habitabilité est intrinsèquement liée à l'intégrité des écosystèmes (GIEC 2020, UICN 2020).

Les petits états et territoires insulaires sont particulièrement vulnérables au changement climatique global (Mycco *et al.* 2022). Une exposition plus forte aux tempêtes tropicales, une intensification des houles, un changement dans les cycles de précipitation avec, dans certains cas, une intensification des périodes de sécheresse, phénomènes associés à un accroissement des invasions biologiques par des espèces introduites (végétales, animales ou microbiennes), sont des effets attendus du changement climatique (Bouchard *et al.* 2011). Les risques potentiels découlant de l'élévation du niveau de la mer comprennent la salinisation des eaux douces, la submersion des terres avec des inondations permanentes et l'érosion des sols, pression particulièrement importante sur les écosystèmes côtiers ou littoraux (Thomas *et al.* 2020). Dans les états et territoires insulaires, les atolls (îles coralliennes basses) sont des zones à risque élevé pour leur habitabilité dans le futur (Duvat *et al.* 2021).

La Polynésie française, territoire français d'outre-mer situé dans le Pacifique sud, est composée exclusivement d'îles océaniques (îles volcaniques hautes, atolls et atolls soulevés) abritant une grande diversité d'écosystèmes côtiers, comprenant notamment les récifs coralliens et les forêts littorales (Dupon *et al.* 1993). Ces écosystèmes naturels sont menacés par diverses pressions anthropiques, notamment la destruction et fragmentation des habitats, la surexploitation de certaines ressources, les pollutions, les invasions biologiques et le changement climatique, avec des répercussions importantes sur les communautés locales qui dépendent étroitement des ressources côtières pour leur subsistance.

Les zones littorales terrestres de la Polynésie française, comme dans les autres îles du monde, sont particulièrement menacées par une urbanisation croissante liée à l'augmentation de la population, conduisant à une artificialisation du trait de côte (routes, remblais, murs) et la destruction de la végétation naturelle originelle (Aubanel 2016, Durand Llantia 2021, Vieux *et al.* 2008). L'érosion progressive de ces zones côtières est accentuée par les aléas climatiques (fortes houles, cyclones) ayant des impacts forts sur les infrastructures (maisons, routes, ponts) mais également sur les écosystèmes et la biodiversité lagunaires (Comte *et al.* 2019, Pioch 2021, Vieux *et al.* 2008, Mishra 2020).

Il est aujourd'hui important de développer des recherches relatives au renforcement des populations, réintroduction d'espèces et restauration d'habitats et d'écosystèmes dégradés (Meriwether *et al.* 2018, Meyer *et al.* 2018). La restauration écologique du littoral est une pratique visant à réhabiliter les écosystèmes côtiers dégradés en rétablissant leur composition, leur structure et leur fonctionnement écologique. Elle peut contribuer à renforcer la résilience des écosystèmes face aux impacts des activités humaines et des changements climatiques, tout en assurant la durabilité des moyens de subsistance des communautés insulaires (Rizvi *et al.* 2015).

Le programme expérimental de restauration écologique porté par la FAPE (Fédération des Associations de Protection de l'Environnement – « Te Ora Naho »), intitulé « *Préserver, restaurer et valoriser la végétation littorale indigène du littoral en Polynésie française* », bénéficiait d'un financement par l'Europe (initiative « BEST 2.0+ ») pour une période comprise entre août 2021 et février 2023 et un montant total de 60 000 euros (soit environ 7 millions FCFP). Les objectifs principaux étaient de restaurer ou réhabiliter les habitats dégradés, de promouvoir la biodiversité et de maintenir les fonctions écologiques clés des écosystèmes côtiers.

Ce projet mené sur un site pilote à Tahiti avait comme finalité de proposer un protocole standardisé de restauration ou de réhabilitation de zones littorales dégradées pour d'autres sites, d'autres îles hautes de la Société ou d'autres archipels en Polynésie française, afin d'aider et de guider les gestionnaires des espaces naturels, les associations de protection de l'environnement, les services administratifs du Pays et des communes. Ce rapport évoque les différentes étapes de ce programme, notamment le choix des espèces végétales, les essais de germination des graines des plantes sélectionnées et l'itinéraire de plantation au sein de la parcelle pilote.

LE SITE PILOTE A TAHITI

Le site d'expérimentation est localisé sur la commune de Paea (île de Tahiti, archipel de la Société), au Pk 26,4 près de l'embouchure de la rivière Paihau. Le terrain, (terre Tefaupapa-Vaipai selon le cadastre) appartenant au domaine public de la Polynésie française, a été affecté à la Délégation à la Recherche en 2018 (arrêté n°1987 MPF du 02 mars 2018) puis à l'Institut Louis Malardé (ILM) en 2022 (arrêté n°7390 MAF du 11 juillet 2022). Cette parcelle, d'une surface d'environ 2000 m², est bordée par la route de ceinture au nord-est, une propriété privée sur son côté nord-ouest, le lagon à l'ouest et l'estuaire de la rivière au sud (Figure 1).

Figure 1. Vues aériennes par drone du site pilote situé à Paea en bordure de l'embouchure de la rivière Paihau (clichés : Jérôme MARIE©)



La parcelle a été nettoyée en novembre 2021 par l'ILM avec l'enlèvement des gros déchets (tôles, carcasses de voiture), la destruction d'une ancienne maison et d'un mur, mais également l'élimination de plantes introduites cultivées (comme des manguiers *Mangifera indica*) ou naturalisées (comme les arbres envahissants *Leucaena leucocephala* et *Syzygium cumini*) (Figure 2). Seuls un grand badamier *Terminalia catappa*, un cacaoyer *Theobroma cacao* et un « pacayer » *Inga feuillei* ainsi que quelques « noni » *Morinda citrifolia* et « riri » *Crinum asiaticum* ont été conservés en bordure de plage. Certaines espèces indigènes ou d'introduction polynésienne étaient déjà présentes sur la parcelle au début de projet, notamment des cocotiers *Cocos nucifera* sur le haut de plage, des « mape » *Inocarpus fagifer* en bordure de rivière, des bosquets denses de « purau » *Talipariti tiliaceum* (syn. *Hibiscus tiliaceus*) ainsi qu'une prairie halophile (ou pré salé) composée de la graminée *Paspalum vaginatum*.

Figure 2. Déchets avant le nettoyage de la parcelle pilote (à gauche) et élimination d'arbres introduits cultivés, naturalisés ou envahissants, en septembre 2021 (clichés : Jean-Yves Hiro MEYER©)



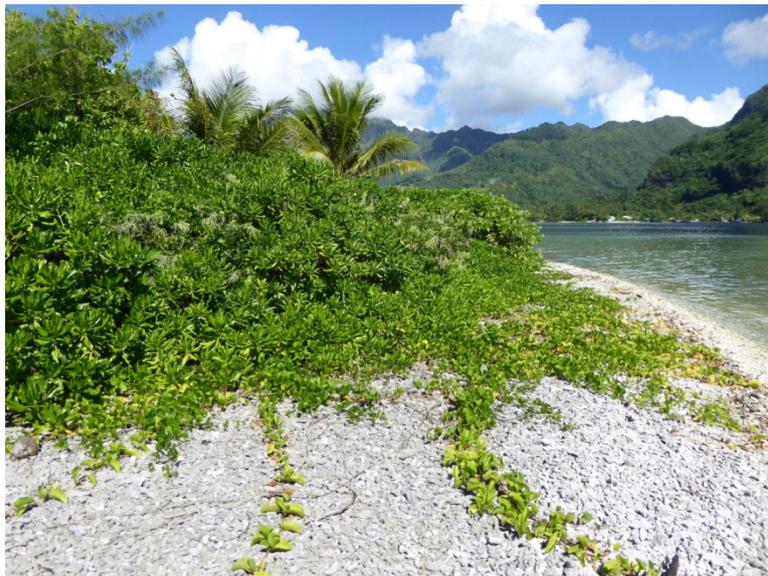
CHOIX DES ESPECES POUR LA RESTAURATION

La sélection des espèces végétales pour la restauration écologique a été établie sur la base de connaissances acquises lors d'études floristiques menées à Tahiti et dans d'autres îles de l'archipel de la Société, plus particulièrement en s'appuyant sur une étude récente des vestiges de forêts naturelles littorales et marécageuses sur la presqu'île de Tahiti (Fabre Barroso *et al.* accepté, Meyer and Fabre Barroso 2022) et sur les forêts d'atoll comme Tetiaroa ou Tupai (Meyer 2021) ou de motu (îlot d'origine corallienne, Figure 3) d'îles hautes comme à Moorea (Meyer 2018).

Les forêts littorales et marécageuses de basse altitude (Florence 1993) sont parmi les habitats naturels les plus menacés dans les îles de la Polynésie française car détruits, dégradés ou transformés par les activités humaines (urbanisation, agriculture, pollutions, espèces envahissantes). Il ne reste plus que quelques vestiges de forêts naturelles littorales et paralittorales sur l'île de Tahiti, notamment sur la presqu'île de Tahiti Iti sur les côtes rocheuses et falaises maritimes du Te Pari. De même, les forêts marécageuses de basse altitude ont été remblayées ou ont été envahies par la mangrove à *Rhizophora stylosa*, introduite à Moorea dans les années 1930 et à Tahiti dans les années 1960 (Meyer *et al.* 2021). Les palétuviers ont ainsi progressivement remplacé la formation originelle dite de « sub-mangrove » ou « pseudo-mangrove », qui est encore présente mais très localisée dans les îles de la Société (par exemple autour de l'anse Mitirapa à Tahiti et du lac Temae à Moorea).

Les formations végétales, dites « psammophiles » car se développant sur sable volcanique ou corallien dans des conditions écologiques contraignantes (forte insolation, embruns salés), sont retrouvées sur les atolls et les motus des îles hautes qui n'ont pas été dégradés ou transformés par les activités humaines, notamment l'implantation de cocoteraies. Sur les hauts de plage, les lianes rampantes *Ipomoea pes-caprae* et *Vigna marina*, les touffes de la graminée *Lepturus repens* et de l'herbacée *Portulaca lutea* ainsi que de l'herbacée rampante *Triumfetta procumbens* précèdent des fourrés dominés par les arbustes et petits arbres *Scaevola taccada*, *Heliotropium fortherianum* et *Sophora tomentosa*. Côté océan, des bosquets à *Pemphis acidula* et des touffes de la petite cypéracée *Fimbristylis cymosa* sont trouvés sur les platiers surélevés. Des forêts denses et hautes composées des arbres *Calophyllum inophyllum*, *Cordia subcordata*, *Guettarda speciosa*, *Hernandia nymphaeifolia*, *Pandanus tectorius* et *Pisonia grandis* sont trouvées en arrière-plage et au centre des motus, avec en sous-bois l'arbuste *Timonius uniflorus*, la liane grimpante *Ipomoea violacea*, les herbacées dressée *Laportea ruderalis* et rampante *Boerhavia tetrandra* et la fougère terrestre ou épiphyte *Microsorium grossum*.

Figure 3. Végétation littorale sur le motu Ahi à Moorea (cliché : Jean-Yves Hiro MEYER©)



La présence de forêts marécageuses de basse altitude est principalement influencée par des facteurs non climatiques : substrat vaseux, eau saumâtre et immersion temporaire ou régulière. La végétation appelée « sub-mangrove » ou « pseudo-mangrove » est dominée par les troncs enchevêtrés de l'arbre *Talipariti tiliaceum* et la grande fougère dressée *Acrostichum aureum* (Figure 4) avec plus rarement les petits arbres *Pandanus tectorius* et *Thespesia populnea* et les grands arbres *Barringtonia asiatica* et *Terminalia catappa* d'introduction européenne. Le châtaignier de Tahiti *Inocarpus fagifer* occupe les embouchures et les bordures de rivières.

Des prairies salées à *Paspalum vaginatum*, périodiquement inondées, subsistent à l'embouchure des rivières avec parfois des touffes de la grande cypéracée d'introduction polynésienne *Cyperus javanicus*.

Figure 4. Forêt de sub-mangrove naturelle dominée par l'arbre *Talipariti tiliaceum* et la grande fougère dressée *Acrostichum aureum* à Moorea (cliché : Jean-Yves Hiro MEYER©)



Un total de 49 espèces relativement communes retrouvées dans ces deux types d'habitats littoraux et marécageux a été initialement sélectionné pour le programme de restauration écologique sur le site pilote à Paea, comprenant une bande littorale sableuse et un estuaire de rivière marécageux. Ces espèces sont composées de 14 arbres, 11 arbustes, 16 herbacées, 4 fougères et 4 lianes, et réparties selon leur statut biogéographique en deux espèces endémiques, 33 indigènes, 9 indigènes et/ou d'introduction polynésienne, 4 d'introduction polynésienne et une d'introduction polynésienne et/ou européenne (Tableau 1).

Tableau 1. Liste des 49 plantes vasculaires sélectionnées pour la restauration écologique du littoral. * : espèce déjà présente sur la parcelle pilote ; ** : espèce non présente sur la parcelle pilote mais présente sur le site de l'ILM. Statut biogéographique : END = endémique ; IND = indigène ; POL = introduction polynésienne ; EUR = introduction européenne. Habitat : LITT = zone littorale et para-littorale ; HUM = zone humide (embouchure et bordure de rivière). Noms tahitiens selon diverses sources.

Famille	Nom scientifique	Nom commun français et/ou polynésien	Statut biogéographique	Forme biologique	Habitat
Amaranthaceae	<i>Achyranthes aspera</i> var. <i>velutina</i>	achyranthe, 'aërofai	IND	herbacée	LITT
Apocynaceae	<i>Cerbera manghas</i>	reva, hutureva	IND	arbre	LITT
Aspleniaceae	<i>Asplenium nidus</i>	fougère nid d'oiseau, 'ō'aha	IND	fougère	LITT
Boraginaceae	<i>Cordia subcordata</i>	tou	IND	arbre	LITT
Boraginaceae	<i>Heliotropium foertherianum</i> (syn. <i>Tournefortia argentea</i>)	veloutier, tāhinu, tōhonu	IND	arbuste	LITT
Brassicaceae	<i>Lepidium bidentatum</i>	hora hora	IND	herbacée	LITT
Calophyllaceae	<i>Calophyllum inophyllum</i>	tāmanu, 'ati	IND/POL?	arbre	LITT
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i> **	filao, bois de fer, 'aito	IND/POL?	arbre	LITT
Combretaceae	<i>Terminalia littoralis</i> (syn. <i>T. samoensis</i>)	-	IND	arbre	LITT
Convolvulaceae	<i>Ipomoea littoralis</i>	liseron, pāpati	IND	liane grimpante	LITT
Convolvulaceae	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	pōhue tātahi, pōhue miti	IND	liane rampante	LITT
Convolvulaceae	<i>Ipomoea violacea</i>	pōhue	IND	liane grimpante	LITT
Cyperaceae	<i>Cyperus javanicus</i>	mō'u ha'ari	POL	herbacée	LITT, HUM
Cyperaceae	<i>Eleocharis geniculata</i>	-	IND/POL?	herbacée	HUM
Cyperaceae	<i>Fimbristylis cymosa</i> subsp. <i>umbellato-capitata</i>	-	IND	herbacée	LITT, HUM
Davalliaceae	<i>Davallia solida</i>	ti'ati'amou'a	IND	fougère	LITT, HUM
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce fosbergii</i>	'atoto	END	herbacée	LITT
Faabaceae	<i>Tephrosia purpurea</i>	hora	POL	arbuste	LITT
Fabaceae	<i>Canavalia rosea</i>	-	IND	herbacée	LITT
Fabaceae	<i>Inocarpus fagifer</i> *	châtaignier de Tahiti, māpē	POL	arbre	HUM
Fabaceae	<i>Schleinitzia insularum</i>	-	IND	arbre	LITT
Fabaceae	<i>Sophora tomentosa</i>	pofātu'ao'ao, potu avao ?	IND	arbuste	LITT
Fabaceae	<i>Vigna marina</i>	pipi tātahi	IND/POL?	Liane grimpante	LITT

Goodeniaceae	<i>Scaevola taccada</i> var. <i>taccada</i>	naupata	IND	arbuste	LITT
Hernandiaceae	<i>Hernandia nymphaeifolia</i> (syn. <i>Hernandia peltata</i>)	ti'anina, tōnina	IND	arbre	LITT
Lamiaceae	<i>Premna serratifolia</i>	'āvaro	IND/POL?	arbuste	LITT
Lamiaceae	<i>Vitex trifolia</i> **	-	IND	arbuste	LITT
Lauraceae	<i>Cassytha filiformis</i>	'aino'a, taino'a	IND	herbacée	LITT
Lecythidaceae	<i>Barringtonia asiatica</i>	bonnet de prêtre, hotu, hutu	IND/POL?	arbre	HUM
Lythraceae	<i>Pemphis acidula</i>	'ā'ie, miki miki	IND	arbuste	LITT
Malvaceae	<i>Sida fallax</i>	'ilima (Hawaii)	IND	herbacée	LITT
Malvaceae	<i>Talipariti tiliaceum</i> (syn. <i>Hibiscus tiliaceus</i> subsp. <i>tiliaceus</i>)*	pūrau, hau	IND/POL?	arbre	LITT, HUM
Malvaceae	<i>Thespesia populnea</i>	bois de rose d'Océanie, miro, 'āmae	IND/POL?	arbre	LITT
Malvaceae	<i>Triumfetta procumbens</i>	urio	IND	herbacée rampante	LITT
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia tetrandra</i>	nunanuna	IND	herbacée	LITT
Nyctaginaceae	<i>Pisonia grandis</i>	pu'atea, puka	IND	arbre	LITT
Pandanaceae	<i>Pandanus tectorius</i>	pandanus, fara	IND	arbre	LITT
Poaceae	<i>Lepturus repens</i>	matie tātahi	IND	herbacée	LITT
Poaceae	<i>Paspalum vaginatum</i> *	matie tātahi	IND/POL?	herbacée	LITT, HUM
Poaceae	<i>Thuarea involuta</i>	matie tātahi	IND	herbacée	LITT
Polypodiaceae	<i>Microsorium grossum</i>	metua pua'a	IND	fougère	LITT
Portulacaceae	<i>Portulaca lutea</i>	pourprier, 'āturi, pokea	IND	herbacée	LITT
Pteridaceae	<i>Acrostichum aureum</i>	'āoa, pihā'ato	IND	fougère	HUM
Rubiaceae	<i>Guettarda speciosa</i> **	tāfano, kahāia	IND	arbre	LITT
Rubiaceae	<i>Kadua romanzoffiensis</i> (syn. <i>Hedyotis romanzoffiensis</i>)	poroporo	IND	arbuste	LITT
Rubiaceae	<i>Timonius polygamus</i>		IND	arbuste	LITT
Surianaceae	<i>Suriana maritima</i>	'u'u	IND	arbuste	LITT
Taccaceae	<i>Tacca leontopetaloides</i>	pia	POL	herbacée	LITT
Urticaceae	<i>Pipturus argenteus</i> var. <i>tuamotensis</i>	rō'ā	END	arbuste	LITT

OBTENTION ET CULTURE DES PLANTS

L'obtention de plants avant mise en terre dans le cadre d'un plan de restauration écologique peut se faire par trois méthodes (Porteous 1993) : soit à partir de la germination des graines extraites de fruits collectés dans d'autres sites, soit de plantules prélevées dans d'autres sites, soit par bouturage de tiges pour certaines espèces ligneuses. Seules les deux premières méthodes ont été testées lors du programme de restauration mené sur le site pilote de Paea.

Une pépinière, financée par le programme BEST 2.0+, était construite en février-mars 2022 sur un terrain de l'ILM voisin de la parcelle pilote et côté montagne (Figure 5) afin que les jeunes plants issus de plantules ou de la germination des graines puissent croître dans des conditions environnementales proches.

Figure 5. Pépinière construite en février-mars 2022 pour la croissance des plants issus de plantules ou de germination (clichés : Philippe MARMEY©).



Dans un premier temps et en raison de la durée relativement courte pour réaliser le projet (moins de 12 mois à partir de la construction de la pépinière), seuls des plants de taille suffisante issus de plantules ou de boutures prélevées dans d'autres sites ont été mis en terre sur la parcelle pilote. Il s'agissait des arbres et arbustes communs *Barringtonia asiatica*, *Calophyllum inophyllum*, *Cordia subcordata*, *Heliotropium fortherianum*, *Hernandia nymphaeifolia*, *Pandanus tectorius*, *Pemphis acidula*, *Pisonia grandis*, *Sophora tomentosa*, *Thespesia populnea* et de la liane *Vigna marina*.

Pour les plantules issues de germination, la première étape était de collecter des fruits et/ou graines des espèces sélectionnées. Les récoltes étaient réalisées sur les îles de Tahiti, de Moorea et de l'atoll de Tetiaroa au cours du deuxième semestre de l'année 2021 et concernaient 21 espèces : les arbres et arbustes *Calophyllum inophyllum*, *Casuarina equisetifolia*, *Cordia subcordata*, *Guettarda speciosa*, *Hernandia nymphaeifolia*, *Inocarpus fagifer*, *Pemphis acidula*,

Pisonia grandis, *Scaevola taccada*, *Sophora tomentosa*, *Suriana maritima*, *Talipariti tiliaceum*, *Terminalia catappa*, *Terminalia littoralis*, *Thespesia populnea*, *Vitex trifolia*, les herbacées *Cyperus javanicus*, *Fimbristylis cymosa* subsp. *umbellato capitata*, *Lepidium bidentatum*, *Sida fallax* et la liane rampante *Ipomea pes-caprae*.

Un ou plusieurs traitements pouvaient être appliqués aux graines, le choix de ce traitement dépendant de leur morphologie. Aucun traitement n'était réalisé pour les graines de petite taille, dont le mode de dispersion est généralement anémochore (par le vent), comme pour les espèces *Casuarina equisetifolia*, *Cyperus javanicus* et *Fimbristylis cymosa* subsp. *umbello-capitata*. Pour les graines de plus grande taille, les possibles traitements étaient les suivants :

- une scarification (incision avec un scalpel dans l'endocarpe),
- un trempage de la graine dans de l'eau (durée de 24 heures),
- la combinaison scarification et trempage,
- la décortication (retrait de l'endocarpe),
- ou aucun traitement (noté comme témoin).

Les lots de graines étaient ensuite semés dans un mélange de terreau avec 50% de perlite et placés dans des godets ou petits bacs, ceux-ci disposés dans de plus grands bacs dont les fonds étaient régulièrement alimentés en eau. Les conditions expérimentales de germination étaient en lumière naturelle, une température de 21 à 24°C, et une humidité relative égale à celle de l'air ambiant. Un comptage hebdomadaire des graines germées était réalisé.

Les cinétiques de germination étaient établies pour les espèces et les différents traitements appliqués aux graines. En comparant les lots présentant les meilleurs taux de germination, certains traitements augmentaient le taux de germination (Figure 6). C'était le cas pour *Hernandia nymphaeifolia* et *Pisonia grandis* (décortication), *Ipomea pes-caprae*, *Sophora tomentosa*, *Talipariti tiliaceum*, *Thespesia populnea* (scarification), *Scaevola taccada* var. *taccada* (trempage). Les deux arbres *Calophyllum inophyllum* et *Inocarpus fagifer* avaient des taux de germination de 96,7 et 100 % respectivement après décortication des graines (Figure 7-A). La figure 7-B présente les taux de germination des lots témoins des espèces pour lesquelles aucun traitement n'avait été effectué (*Casuarina equisetifolia*, *Cyperus javanicus*, *Fimbristylis cymosa* subsp. *umbello-capitata*) ou pour lesquelles les lots témoins présentaient un pourcentage de germination supérieur à ceux des traitements (*Cordia subcordata*, *Pemphis acidula*, *Sida fallax*, *Suriana maritima*). Aucune germination n'a été observée pour certaines espèces comme *Fimbristylis cymosa* subsp. *umbellato capitata*, *Lepidium bidentatum*, *Terminalia littoralis* et *Vitex trifolia* au bout de 30 semaines, soit environ 8 mois d'expérimentation.

Figure 6. Cinétique de germination des espèces pour lesquelles un traitement sur les graines induit un meilleur résultat. Sont présentés ici les résultats des lots ayant le meilleur taux de germination.

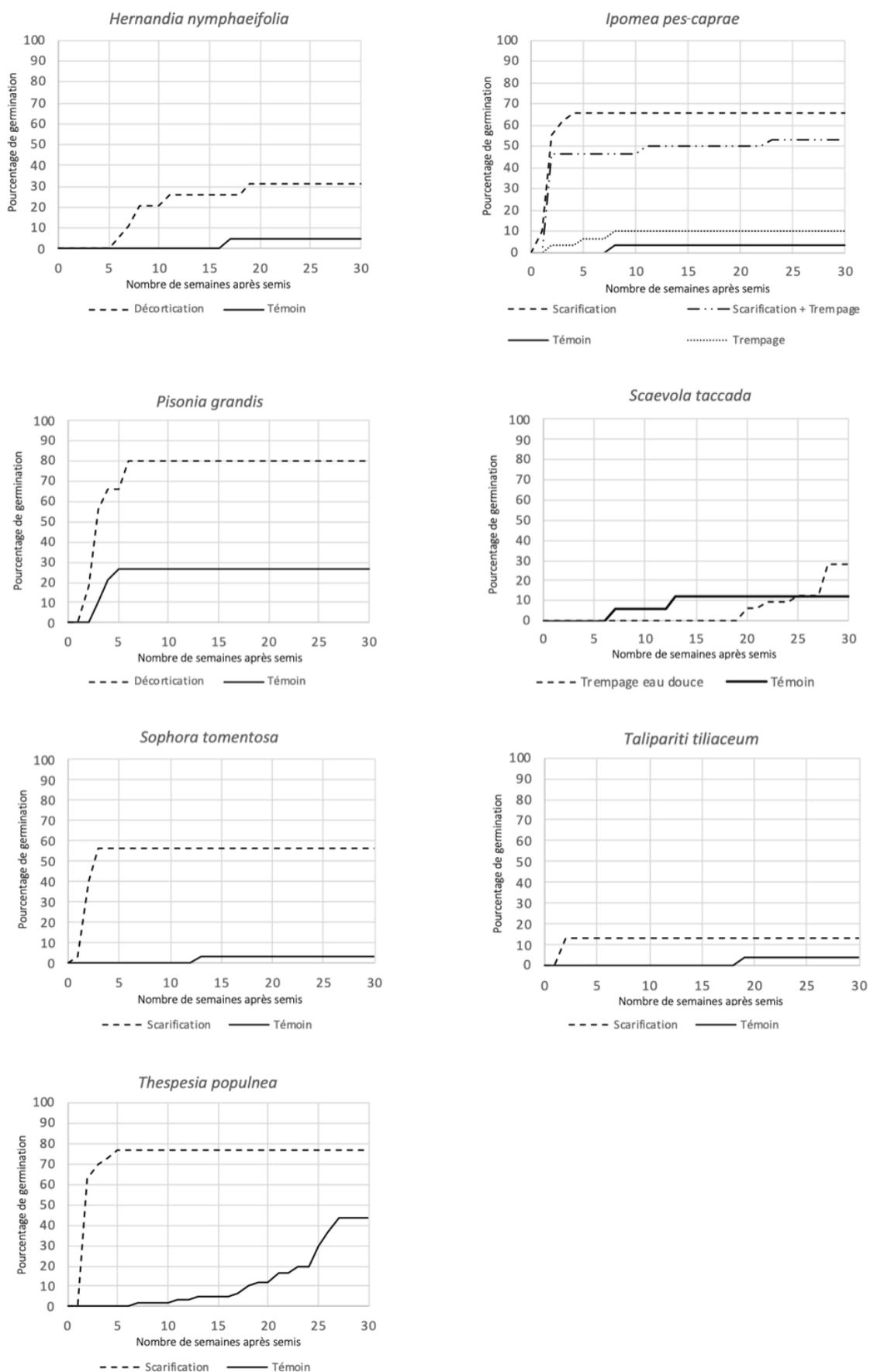


Figure 7. Cinétique de germination (A) pour deux espèces après décortication faite sur les graines ; (B) pour 7 espèces pour lesquelles aucun traitement n'a été effectué (témoins). Sont présentés ici les résultats des lots ayant obtenu le meilleur taux de germination.

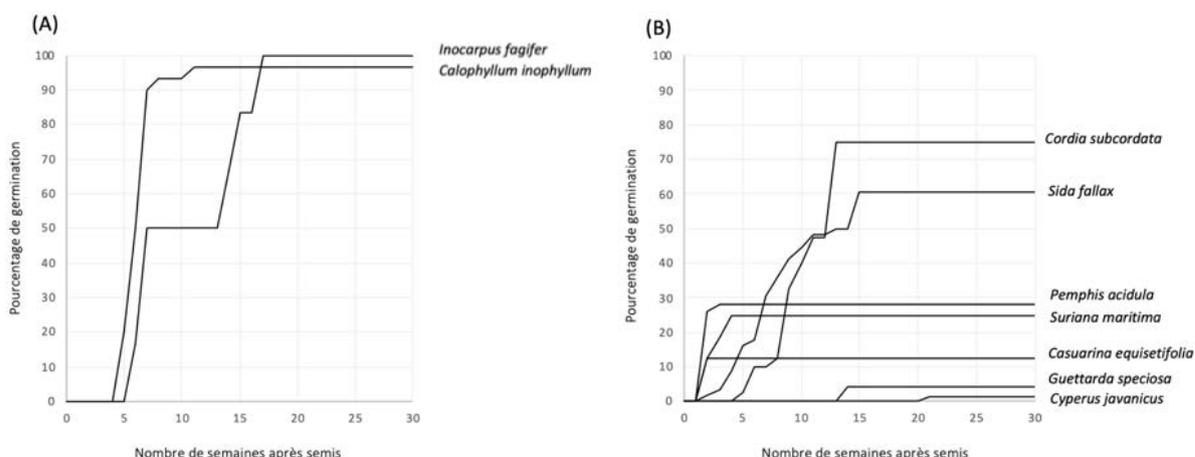


Tableau 2. Caractéristiques de la germination de 19 espèces testées. Décortication : endocarpe retiré ; scarification : incision avec un scalpel dans l'endocarpe ; trempage : trempage de la graine dans l'eau pendant 24 heures. Sont présentés ici les résultats des lots ayant le meilleur taux de germination.

Espèce	Traitement de la graine	Nombre de semaines pour la première levée	Nombre de semaines pour la dernière levée	Pourcentage de germination (nombre de graines testées)
<i>Calophyllum inophyllum</i>	décortication	5	11	96,7 (30)
<i>Casuarina equisetifolia</i>	aucun	2	2	12,5 (32)
<i>Cordia subcordata</i>	trempage	5	13	75,0 (40)
<i>Cyperus javanicus</i>	aucun	21	21	1,3 (150)
<i>Fimbristylis cymosa</i> subsp. <i>umbellato capitata</i>	aucun	-	-	0 (100)
<i>Guettarda speciosa</i>	aucun	14	14	4,5 (23)
<i>Hernandia nymphaeifolia</i>	décortication	6	19	31,5 (19)
<i>Inocarpus fagifer</i>	décortication	6	17	100 (10)
<i>Ipomea pes-caprae</i>	scarification	1	4	65,5 (30)
<i>Lepidium bidentatum</i>	aucun	-	-	0 (200)
<i>Pemphis acidula</i>	aucun	2	4	28,0 (100)
<i>Pisonia grandis</i>	décortication	2	6	80,0 (50)
<i>Scaevola taccada</i> var. <i>taccada</i>	trempage	20	28	28,1 (32)
<i>Sida fallax</i>	aucun	2	15	60,7 (56)
<i>Sophora tomentosa</i>	scarification	1	3	56,6 (30)
<i>Suriana maritima</i>	aucun	2	4	25,0 (48)
<i>Talipariti tiliaceus</i>	scarification	2	2	13,3 (50)
<i>Terminalia catappa</i>	trempage	9	21	50,0 (10)
<i>Terminalia littoralis</i>	décortication	-	-	0 (20)
<i>Thespesia populnea</i>	scarification	2	5	76,7 (30)
<i>Vitex trifolia</i>	scarification	-	-	0 (50)

IMPLANTATION DES ESPECES SUR SITE

La plantation des espèces sur la parcelle pilote s'est faite à partir de novembre 2022 et jusqu'en février 2023, c'est-à-dire lors de la saison chaude et humide à Tahiti, selon un itinéraire de plantation (Figure 9) en prenant en compte le type d'habitat et de substrat (littoral ou marécageux) et des caractéristiques propres aux espèces : leur forme biologique, leur tolérance aux embruns salés et à la lumière et leur place dans la succession végétale ((Meyer and Di Salvia 2023) et Tableau 3). Aucun apport d'engrais n'a été effectué et les plants ont été arrosés uniquement lors de leur mise en terre.

Tableau 3. Caractéristiques écologiques des espèces prises en compte dans l'itinéraire de plantation sur la parcelle pilote.

Espèces	Forme biologique	Type d'habitat	Type de substrat	Vitesse de croissance	Tolérance à la lumière
<i>Achyranthes aspera</i>	herbacée	littoral	sableux	lente	forte
<i>Acrostichum aureum</i>	fougère	littoral, sub-mangrove	vaseux	modérée	moyenne
<i>Asplenium nidus</i>	fougère	littoral, sub-mangrove, vallée	sableux, rocheux	modérée	faible
<i>Barringtonia asiatica</i>	arbre	littoral, sub-mangrove, vallée	sableux, rocheux, vaseux	modérée	moyenne
<i>Calophyllum inophyllum</i>	arbre	littoral, sub-mangrove	sableux, rocheux	lente	moyenne
<i>Canavalia rosea</i>	liane	littoral	sableux, rocheux	rapide	forte
<i>Casuarina equisetifolia</i>	arbre	littoral	sableux, rocheux	lente	forte
<i>Cerbera manghas</i>	arbre	littoral, vallée	sableux, rocheux	modérée	moyenne
<i>Cocos nucifera</i>	palmier	littoral, vallée	sableux, rocheux	lente	forte
<i>Cordia subcordata</i>	arbre	littoral	sableux, rocheux	modérée	forte
<i>Cyperus javanicus</i>	herbacée	littoral, sub-mangrove	sableux, rocheux, vaseux	rapide	moyenne
<i>Guettarda speciosa</i>	arbre	littoral	sableux, rocheux	lente	forte
<i>Heliotropium arboreum</i>	arbre	littoral	sableux	lente	forte
<i>Hernandia nymphaeifolia</i>	arbre	littoral	sableux, rocheux	lente	forte
<i>Inocarpus fagifer</i>	arbre	littoral, sub-mangrove	sableux, rocheux	lente	faible
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	liane	littoral	sableux, rocheux	rapide	forte
<i>Ipomoea violacea</i>	liane	littoral	sableux, rocheux	rapide	forte
<i>Microsorium grossum</i>	fougère	littoral, sub-mangrove, vallée	sableux, rocheux	modérée	moyenne
<i>Pandanus tectorius</i>	arbre	littoral, sub-mangrove	sableux, rocheux	modérée	forte
<i>Paspalum vaginatum</i>	herbacée	littoral, sub-mangrove	sableux, rocheux	rapide	forte
<i>Pemphis acidula</i>	arbuste	littoral	sableux, rocheux	lente	forte
<i>Pisonia grandis</i>	arbre	littoral	sableux, rocheux	rapide	forte
<i>Premna serratifolia</i>	arbre	littoral	rocheux	lente	forte
<i>Scaevola taccada</i> var. <i>taccada</i>	arbuste	littoral	sableux, rocheux	modérée	forte
<i>Sida fallax</i>	herbacée	littoral	sableux, rocheux	lente	forte

<i>Sophora tomentosa</i>	arbuste	littoral	sableux	modérée	forte
<i>Suriana maritima</i>	arbuste	littoral	sableux	modérée	forte
<i>Tacca leontopetaloides</i>	herbacée	littoral, vallée	sableux, rocheux	rapide	moyenne
<i>Talipariti tiliaceum</i>	arbre	littoral, sub-mangrove, vallée	sableux, rocheux, vaseux	modérée	moyenne
<i>Terminalia littoralis</i>	arbre	littoral	sableux, rocheux	modérée	forte
<i>Thespesia populnea</i>	arbre	littoral, sub-mangrove	sableux, rocheux	modérée	forte
<i>Timonius polygamus</i>	arbuste	littoral	sableux, rocheux	lente	forte
<i>Triumfetta procumbens</i>	arbrisseau	littoral	sableux	modérée	forte
<i>Vigna marina</i>	liane	littoral, sub-mangrove	sableux, rocheux	rapide	forte
<i>Vitex trifolia</i>	arbuste	littoral	sableux, rocheux	modérée	forte

Chacune des 35 espèces déjà présentes ou plantées sur le site a été associée à un petit panneau d'information où figurent la taxonomie et les noms d'usage, la forme biologique, l'origine, le type d'habitat, le type de substrat, le type de fruit, le temps de germination de la graine, la vitesse de croissance de la plante et la tolérance à la lumière (Figure 8).

Figure 8. Petits panneaux d'information avec les principales caractéristiques des espèces présentes ou replantées sur le site pilote (clichés : Philippe MARMEY©).



Figure 9. Plan de localisation ou d'implantation des 35 espèces utilisées dans le programme de restauration écologique (clichés : Jérôme MARIE©).



Espèce	Espèce	Espèce
1 <i>Achyranthes aspera</i>	13 <i>Heliotropium arboreum</i>	25 <i>Sida fallax</i>
2 <i>Acrostichum aureum</i>	14 <i>Hernandia nymphaeifolia</i>	26 <i>Sophora tomentosa</i>
3 <i>Asplenium nidus</i>	15 <i>Inocarpus fagifer</i>	27 <i>Suriana maritima</i>
4 <i>Barringtonia asiatica</i>	16 <i>Ipomoea pes-caprae</i>	28 <i>Tacca leontopetaloides</i>
5 <i>Calophyllum inophyllum</i>	17 <i>Ipomoea violacea</i>	29 <i>Talipariti tiliaceum</i>
6 <i>Canavalia rosea</i>	18 <i>Microsorium grossum</i>	30 <i>Terminalia samoensis</i>
7 <i>Casuarina equisetifolia</i>	19 <i>Pandanus tectorius</i>	31 <i>Thespesia populnea</i>
8 <i>Cerbera manghas</i>	20 <i>Paspalum vaginatum</i>	32 <i>Timonius polygamus</i>
9 <i>Cocos nucifera</i>	21 <i>Pemphis acidula</i>	33 <i>Triumfetta procumbens</i>
10 <i>Cordia subcordata</i>	22 <i>Pisonia grandis</i>	34 <i>Vigna marina</i>
11 <i>Cyperus javanicus</i>	23 <i>Premna serratifolia</i>	35 <i>Vitex trifolia</i>
12 <i>Guettarda speciosa</i>	24 <i>Scaevola taccada var. taccada</i>	

En vert nouvelles espèces ; en jaune espèces déjà présentes ; 7 et 35 sur l'autre rive de l'estuaire

VERS UNE RECONQUETE DE LA BIODIVERSITE

Les zones littorales (ou côtières) et les zones humides de basse altitude (embouchures de rivières, marais et marécages) sont des habitats critiques comme site d'alimentation, de reproduction ou de repos pour de nombreuses espèces animales : oiseaux terrestres et marins visiteurs ou nicheurs mais aussi migrateurs, poissons (dont les anguilles), reptiles (scinques,

geckos), crustacés (crabes, bernard-l'ermite, squilles), mollusques, arthropodes dont les insectes (papillons, libellules).

Le site pilote, avec ses vestiges de forêt littorale à *Talipariti tiliaceum*, sa grande prairie salée à *Paspalum vaginatum* et sa petite ripisylve à *Inocarpus fagifer*, constitue un havre pour de nombreuses espèces animales. La restauration ou réhabilitation du site avec la reconstitution et la protection d'une forêt littorale et d'une forêt marécageuse permettra le retour d'autres oiseaux marins, limicoles ou forestiers comme le martin-chasseur vénéré *Todiramphus veneratus*, le ptilope de la Société *Ptilinopus purpuratus* ou le très rare héron vert de Tahiti *Butorides striata* observé au niveau de l'estuaire de la rivière le 27 janvier 2023 (cf. Photo 4 en ANNEXE) !

CONCLUSION

Ce projet avait l'ambition de servir d'expérience pilote de restauration écologique d'une zone littorale et marécageuse à Tahiti. La liste des espèces sélectionnées, la description de la biologie et écologie de ces espèces, les résultats préliminaires de germination pour certaines espèces, et l'itinéraire de plantation sont des éléments d'information permettant à des associations ou des collectivités de planifier et mettre en œuvre des projets de restauration écologique similaires sur Tahiti, les autres îles hautes de la Société et dans d'autres archipels de la Polynésie française. Le programme a ainsi accueilli entre novembre 2022 et février 2023 des centaines d'élèves du primaire et du secondaire, des étudiants de l'Université de la Polynésie, des représentants de différents services du Pays et d'institutions et des membres d'associations pour une sensibilisation aux thématiques de la restauration écologique, du changement climatique et du développement durable. Certains établissements scolaires et communes sont d'ores et déjà intéressées pour mener leurs propres projets.

Ce programme a bénéficié d'un financement européen d'une durée d'environ deux années (août 2021-février 2023) ayant permis l'installation d'une pépinière, la réalisation de panneaux d'information et la gestion du projet pendant cette période. Cependant, restaurer la composition, la structure et le fonctionnement d'un écosystème littoral nécessite beaucoup plus de temps, probablement une ou deux décennies. Les opérations de mise en terre de plantules prélevées sur d'autres sites ou issues de germination se poursuivent actuellement et se continueront plusieurs années. Un suivi de l'état général de la parcelle pilote sera effectué sur le long-terme afin d'évaluer la survie des plants mis en terre, leur croissance et reproduction, ainsi que la reconquête par la faune (vertébrés et invertébrés) et permettra d'évaluer la contribution de cette « solution fondée sur la nature et la science ».

Références citées

- Aubanel, A. 2016. Les concessions à charge de remblais en Polynésie française ou les politiques face à la privatisation. *Journal de la Société des Océanistes* 142-143 : 273-289.
- Bouchard, C., Marrou, L., Plante, S., Payet, R. & Duchemin, E. 2011. Les petits États et territoires insulaires face aux changements climatiques : vulnérabilité, adaptation et développement. *VertigO - la Revue électronique en Sciences de l'Environnement* 10(3).
<https://journals.openedition.org/vertigo/10634>
- Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., Jones, M., Kumar, C., Maginnis, S., Maynard, S., Nelson, C. R., Renaud, F. G. , Welling, R. & Walters, G. 2019. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science & Policy* 98 : 20-29.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. & Maginnis, S. (eds.) 2016. *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*. IUCN, Gland, 97 pages.
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>
- Comte, A., Vii, J. & Pendleton, L. 2019. Vulnérabilité et adaptation des populations de Polynésie française qui dépendent des récifs coralliens face au changement climatique. *Publications électroniques Amure*, Série Rapports R-40-2019, 86 pages.
http://www.umar-amure.fr/electro_rapports_amarure_R_40_2019
- Dupon, J. F., Bonvallet, J., Vigneron, E., Gay, J.C., Morhange, C., Ollier, C., Peugniez, G., Reitel, B., Yon-Cassat, F., Danard, M. & Laidet, D. 1993. *Atlas de la Polynésie française*. Editions de l'ORSTOM, Paris.
- Durand Llantia, C. 2021 Protéger le littoral et la mer proche dans les îles du Vent (Polynésie française) : entre respect des normes internationales et recherche d'outils plus adaptés à l'univers culturel. *Norois* 259-260 : 167-180.
- Duvat, V., Magnan, A., Perry, C. T., Spencer, T., Bell, J. D., Wabnitz, C., Webb, A. P., White, I., McInness, K. L., Gattuso, J. P. , Graham, N. A. J., Nunn, P. D. & Le Cozannet, G. 2021. Risks to future atoll habitability from climate-driven environmental changes. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 12(3) : e700.
- Fabre Barroso, S., Flores, O., Palmas, P., Pouteau, R. & Meyer, J.-Y. accepté. A comparative study of the floristic diversity and structure of relictual littoral and swamp forests in the island of Tahiti (French Polynesia, South Pacific). *Pacific Science*.

- Florence, J. 1993. Végétation de quelques îles de Polynésie française. Planches 54-55. In J.-F. Dupon (coord.) *Atlas de la Polynésie française*. Editions de l'ORSTOM, Paris.
- GIEC. 2020. *Summary for Policymakers. Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCL_SPM.pdf
- Meriwether, A., Wilson, W. & Forsyth, C. 2018. Restoring near-shore marine ecosystems to enhance climate security for island ocean states: aligning international processes and local practices. *Marine Policy* 93 : 284-294.
- Meyer, J.-Y. 2018. Flore et végétation du motu Ahi, Moorea (Société). Note technique, Délégation à la Recherche, Papeete, 3 pages.
- Meyer, J.-Y. 2021. Etat de conservation et évolution de la végétation et de la flore de l'atoll de Tupai (Société, Iles Sous le Vent). Note technique, Délégation à la Recherche, Papeete, 16 pages.
- Meyer, J.-Y., Taureau, V., Bisarah, L., Madi Moussa, R., Gorchakova, E. & Caillaud, A. 2021. Introduced mangroves in the Society Islands, French Polynesia (South Pacific): invasive species or neo-ecosystem? *Biological Invasions* 23 : 2527–2539.
- Meyer, J.-Y. & Di Salvia, L. 2023. Guide de reconnaissance des plantes pour la restauration des zones littorales et marécageuses dans les îles de la Société (Polynésie française). Tahiti: Te Ora Nao - FAPE. https://www.teoranaho-fape.org/_files/ugd/b01e05_3bad796f4dcf4377b97cb90042fbb632.pdf
- Meyer, J. Y. & Fabre Barroso, S. 2022. Inventaire de la flore et faune terrestre et aquatique de l'anse Mitirapa (commune de Taiarapu Ouest), presque île de Tahiti Iti (Société). *Contribution à la Biodiversité de Polynésie française N°21, Sites Naturels d'Intérêt Ecologique et Patrimonial X*. Délégation à la Recherche, Papeete, 16 pages.
- Meyer, J.-Y., Strasberg, D., Vidal, E., Jourdan, H., Delnatte, C. & Muller, S. 2018. Quelle stratégie de recherche pour une meilleure conservation de la biodiversité terrestre dans les îles tropicales ultramarines françaises ? *Naturae* 2 : 15-26.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mishra, J. K. 2020. Status of coastal biodiversity in the face of climate change with respect to islands. IOP Conf. Series Earth and Environmental Science 420.
- Muller, S. & Meyer, J.-Y. 2012. Les enjeux de la conservation de la flore et des habitats naturels menacés de l'outre-mer français. *Rev. Écol. (Terre Vie) Suppl.* 11 : 7-14.

- Mycco, M., Wairiu, M., Campbell, D., Duvat V., Golbuu, Y., Maharaj, S., Nalau, J., Nunn, P., Pinnegar, J. & Warrick, O. 2022. *Small Islands*. In *Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge and New-York.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Chapter15.pdf
- Pedersen Zari, M., Kiddle, G. L., Blaschke, P., Gawler S. & Loubser, D. 2019. Utilising nature-based solutions to increase resilience in Pacific Ocean Cities. *Ecosystem Services* 38 : 1-10.
- Pioch, S. 2021. L'artificialisation du littoral. Comment l'éviter, la réduire ou la compenser ? *Futuribles* 3 : 63-78.
- Porteous, T. 1993. *Native Forest Restoration. A Practical Guide for Landwoners*. Queen Elizabeth the Second National Trust, Wellington.
- Rizvi, A. R., Baig, S. & Verdone, M. 2015. *L'Adaptation fondée sur les Ecosystèmes: Arguments Economiques pour Promouvoir les Solutions fondées sur la Nature en réponse au Changement Climatique*. UICN, Gland, 52 pages.
- Thomas, A., Baptiste, A., Martyr-Koller, R., Pringle, P. & Rhiney, K. 2020. Climate Change and Small Island Developing States. *Annual Review of Environment and Resources* 45 : 1-27.
- UICN 2020. *Orientations générales d'utilisation de Standard mondial de l'UICN pour les solutions fondées sur la nature. Première édition*. Gland, Suisse UICN.
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-021-fr.pdf>
- Vieux, C., Chancerelle, Y., Aubanel, A. & Salvat, B. 2008. Les modifications de la ligne de rivage dans les îles de la Société (Polynésie française) : un indicateur des pressions anthropiques en zone côtière. *Journal de la Société des Océanistes* 126-127 : 59-66.
- World Bank 2021. Biodiversité et services écosystémiques dans le cadre de la planification spatiale marine. Série de fiches techniques et informatives 4.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099726407072216006/pdf/IDU00573e2f909f5704a490aadf0c2c417b6f926.pdf>

ANNEXE : photographies des plants mis en terre et des oiseaux remarquables observés sur le site pilote de l'ILM à Paea

Photo 1. Jeunes plants mis en terre issus de plantules ou de boutures de plantes prélevées sur d'autres sites : 1) *Barringtonia asiatica* ; 2) *Cordia subcordata* ; 3) *Heliotropium foertherianum* ; 4) *Pisonia grandis* ; 5) *Sophora tomentosa* ; 6) *Thespesia populnea* (clichés : Philippe MARMEY©).

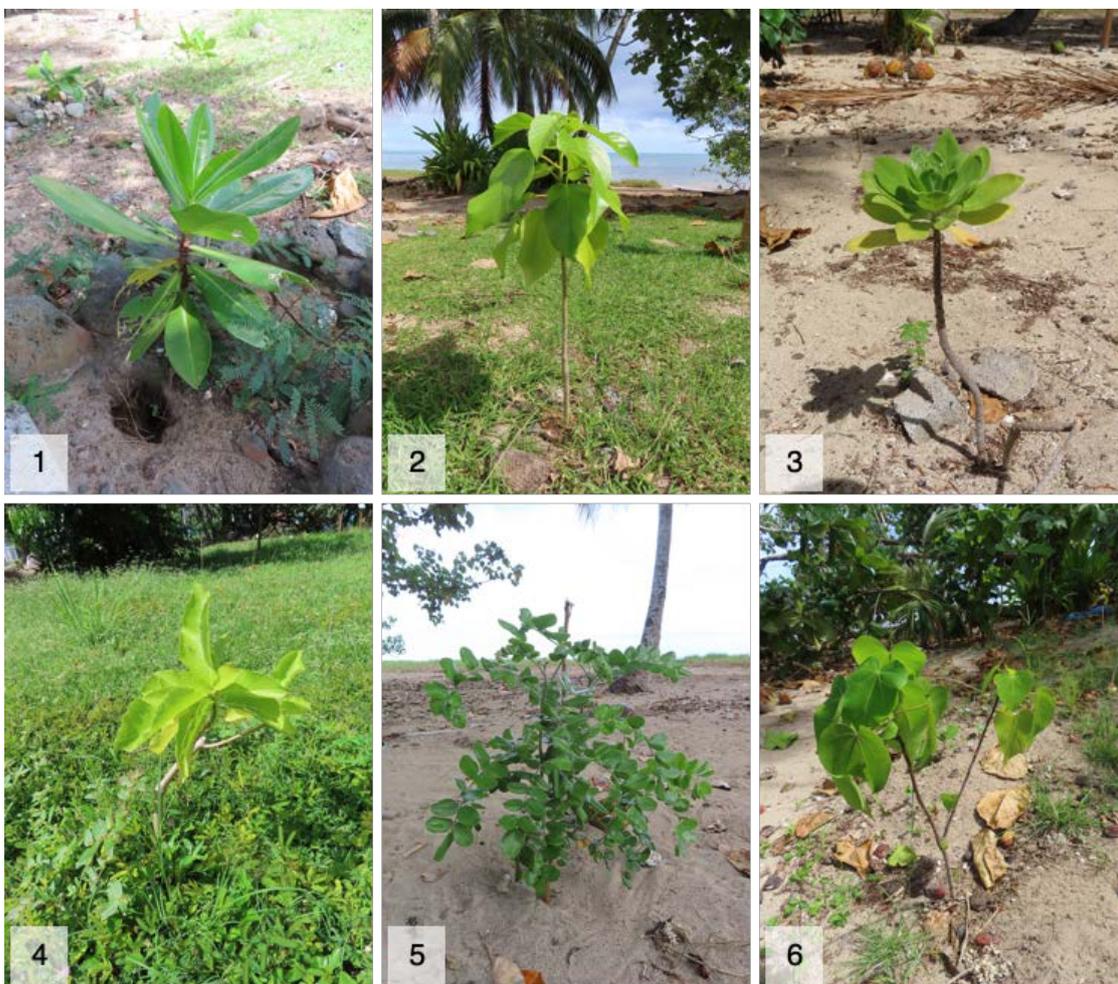


Photo 2. Plantules mises en terre issues de germination de graines 1) *Calophyllum inophyllum* ; 2) *Cordia subcordata* ; 3) *Inocarpus fagifer* ; 4) *Scaevola taccada* ; 5) *Hernandia nymphaeifolia* ; 6) *Thespesia populnea* (clichés : Philippe MARMEY©).

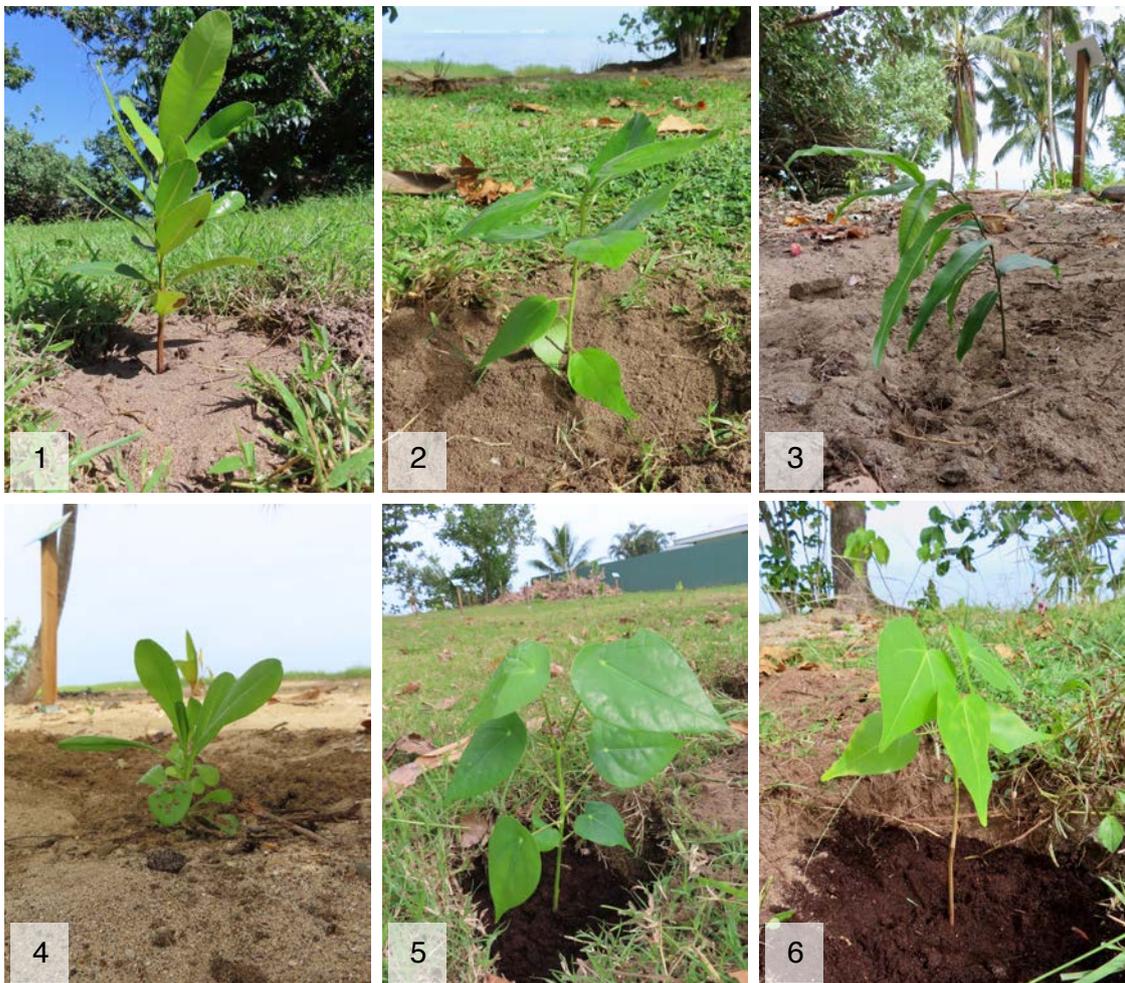


Photo 3. Aigrettes des récifs *Egretta sacra* dans la prairie salée à *Paspalum vaginatum* (cliché : Jean-Yves Hiro MEYER©).



Photo 4. Héron vert de Tahiti *Butorides striata* à l'embouchure de la rivière (cliché : Jean-Yves Hiro MEYER©).

