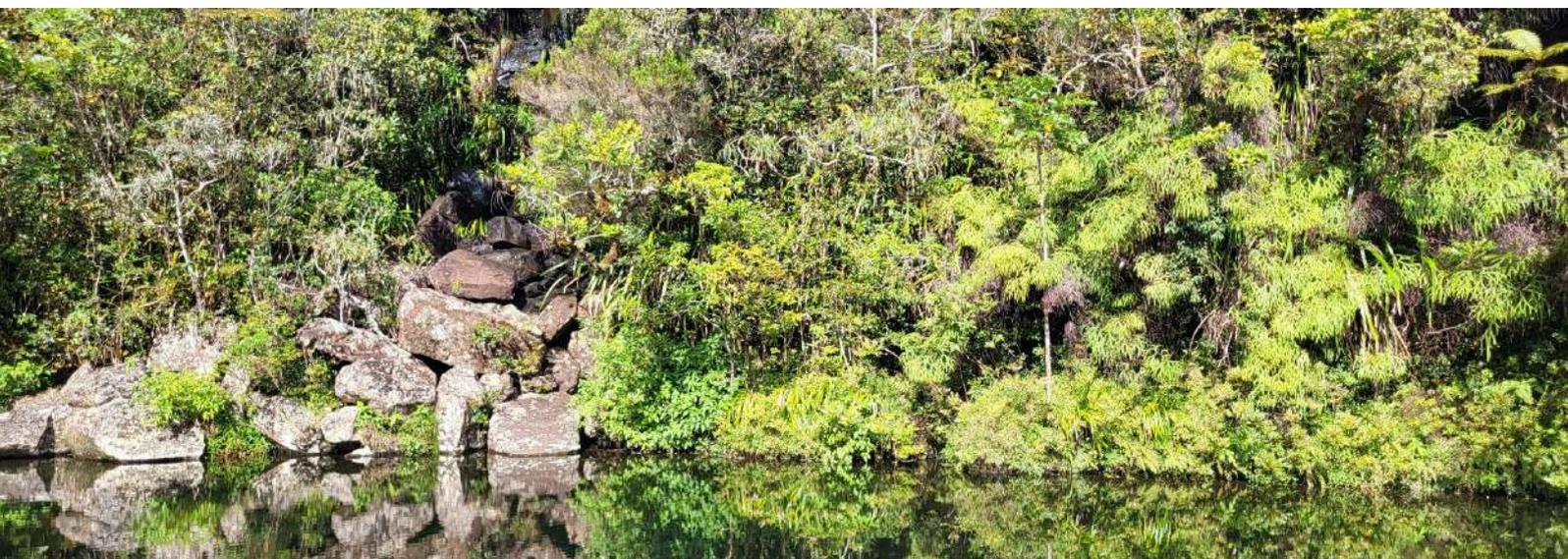




# PROJET VEGETALI

## VALORISATION ET DÉVELOPPEMENT DU GÉNIE VÉGÉTAL SUR LES COURS D'EAU DE LA RÉUNION

Phase 1 : Typologie des ripisylves de La Réunion et proposition d'espèces  
utilisables en génie végétal [2023-2025]



### Livable 1 : Rapport bibliographique

Réalisé par l'**Agence de Recherche pour la Biodiversité à La Réunion**, en collaboration  
avec **INRAE Grenoble**

Rédaction : Chloé Meriel et Anouk Piteau [ARBRE]

Relecture : André Evette et Alain Recking [INRAE Grenoble]

Version finale du 17 mai 2024

Avec le soutien financier de l'Office français de la biodiversité et de l'État au titre du  
« Fonds vert – France nation verte »

Citations : Meriel. C, Piteau. A, Evette. A., Recking. A. 2024. Projet VEGETALi “Valorisation et développement du génie végétal sur les cours d’eau de La Réunion”. Phase 1, Rapport bibliographique. Agence de Recherche pour la Biodiversité à La Réunion.

Mots clés : Génie végétal, protection des berges, érosion des sols, inondation, travaux en rivière, protection biens et personnes, préservation biodiversité

Ce document a été rédigé dans le cadre de la première phase du projet de “Valorisation et de développement du génie végétal sur les cours d’eau de La Réunion” [VEGETALi], portée par l’association ARBRE en partenariat avec INRAE Grenoble et cofinancée par l’Office français de la biodiversité et de l’État, au titre du «Fonds vert – France nation verte ».

## SOMMAIRE

<b>1. Introduction</b>	<b>5</b>
1.1. La Réunion, l'île de tous les records	5
1.2. L'eau et l'Homme à La réunion	8
1.3. Les actions menées/proposées sur le territoire pour améliorer l'état	14
<b>2. Le génie végétal</b>	<b>15</b>
2.1. Définitions et généralités	15
2.2. Des techniques connues et étudiées	19
2.3. Le génie végétal en milieu tropical	23
2.4. Le génie végétal dans les départements, régions, pays et territoires d'outre-mer	24
<b>3. Vers du Génie Végétal à La Réunion</b>	<b>27</b>
3.1. Des techniques proches du génie végétal à La Réunion	28
3.2. De nombreux projets de restauration terrestre à La Réunion	30
3.3. Comment appliquer une démarche "génie végétal" à La Réunion	32
3.3.1. Notion de contrainte tractrice	32
3.3.2. Accessibilité des données hydrauliques sur le territoire réunionnais	33
3.3.3. Application des contraintes tractrice sur les cours d'eau Réunionnais	34
3.3.4. Ouverture sur les techniques de génie végétal à développer à La Réunion	35
3.4. Quels végétaux utiliser en génie végétal à La Réunion ?	36
3.4.1. Les grands principes de la flore dans le génie végétal	36
3.4.2. L'état des connaissances sur la flore à La Réunion	39
3.4.3. Ouverture sur les espèces végétales potentiellement utilisables en génie végétal à La Réunion	41
<b>4. Conclusion</b>	<b>42</b>
<b>Annexes</b>	<b>43</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>61</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Le réseau hydrographique de La Réunion © Habiter-la-reunion.re	6
Figure 2 : Carte de la pluviométrie moyenne de la Réunion en 2021 [Météo France]	7
Figure 3 : Schéma géomorphologique de l'île de La Réunion [Sellier, 2016]	8
Figure 4 : Carte de l'évolution de la tâche urbaine entre 1997 et 2015 [Agorah 2015]	10
Figure 5 : Lits artificiels, [a] Ravine du Butor [b] Ravine du Chaudron. © Chloé Meriel	11
Figure 6 : Ouvrages de protection contre les inondations [a] enrochements libres, ravine Ermitage ; [b] enrochements liaisonnés, rivière des Remparts ; [c] murs maçonnés, ravine du Butor ; [d] déflecteur en béton armé, rivière des Galets. © André Evette	12
Figure 7 : Obstacles sur les masses d'eau cours d'eau [SDAGE 2022-2027 Réunion, DEAL]	12
Figure 8 : Passe à poissons multi-espèces, captage de Bellepierre, rivière Saint-Denis. © Chloé Meriel	13
Figure 9 : État écologique des masses d'eau cours d'eau [Office de l'eau Réunion 2019]	14
Figure 10 : Techniques de génie végétal [a] lits de plants et plançons et fascine de pied de berge ; [b] couches de branches à rejets ; [Bonin et al., 2013]	18
Figure 11 : Technique mixte avec enrochements en pied de berge et surmontés de, [a] lits de plants et plançons [source INRAE], [b] caisson bois végétalisé [Bonin et al., 2013]	19
Figure 12 : Evolution de la résistance des ouvrages de génie végétal avec le temps à partir de valeurs moyennes issues de la littérature [Leblois et al., 2016]	21
Figure 13 : Ensemble des valeurs de contraintes tractrices en fonction de l'âge de l'ouvrage [En noir : valeurs limites extraites de la littérature ; en couleur : valeurs calculées par Leblois et al.] [Leblois et al., 2016]	22
Figure 14 : Aide au choix de la technique appropriée au contexte environnemental [Peeters et al., 2020]	23
Figure 15 : Schéma du premier chantier école du projet PROTEGER [précisant les techniques, le type de couvre sol, le matériel végétal considéré, les traitements hormonaux, les angles de plantation et les dimensions] [INRAE et Parc National de Guadeloupe].	27
Figure 16 : Artificialisation des berges à La Réunion. [a] Ravine du Grand Etang, Saint-Leu. © André Evette [b] Ilet Coco, rivière des Marsouins. © Chloé Meriel	28
Figure 17 : Enrochements liaisonnés envahis par des espèces exotiques. [a] Saint-Gilles; [b] Rivière des Remparts. © André Evette	28

Figures 18 : [a] Chantier de lutte contre l'érosion de la ravine des Merles; [b] seuil "RTM Augustin Payet". ©ONF	30
Figure 19 : Schéma de la végétation au droit du talweg, projet Beauséjour [Gauzin-Müller, 2014]	31
Figure 20 : Continuum de restauration [Gann et al. 2019]	32
Figure 21 : Stations du système de Vigilance Crue [DEAL, Vigicrue]	34
Figure 22 : Les différents types racinaires [Yen 1972, traduction libre]	38
Tableau 1 : Récapitulatif des contraintes admissibles des protections de berge en fonction de leur âge [Frossard et Evette, 2009]	20
Tableau 2 : Calcul des contraintes tractrices appliquées aux stations hydrométriques de La Réunion dans le cadre du projet VEGETALI	34

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. La Réunion, l'île de tous les records

L'île de la Réunion, d'une superficie de 2512 km<sup>2</sup>, est située dans le sud-ouest de l'océan Indien. Elle forme avec les îles Maurice et Rodrigues, l'archipel des Mascareignes. La Réunion est une île volcanique, caractérisée par un relief accidenté qui culmine à 3070 m au Piton des Neiges.

L'île de La Réunion a un réseau hydrographique radial très dense avec près de 750 ravines temporaires dont la plupart sont sèches la majeure partie du temps mais se remplissent lors de phénomènes pluvieux exceptionnels et treize cours d'eau pérennes, répartis sur l'ensemble de l'île [Figure 1] [Wasson et al., 2004 a]. En fonction de critères géomorphologique et climatiques, trois type de cours d'eau peuvent être identifiés : les cours d'eau pérennes qui drainent les trois cirques et les flancs du Piton de la Fournaise; les cours d'eau des flancs à vallée et bassins encaissés, d'origine tectonique et les cours d'eau peu encaissés des pentes externes. A une échelle plus fine, l'essentiel du linéaire des cours d'eau pérenne est dominé par des faciès de type torrentiel [rapide, step/pool et radier/rapide] et présente un substratum dominé par de la roche en place [Malavoi 1998; Malavoi 1999].

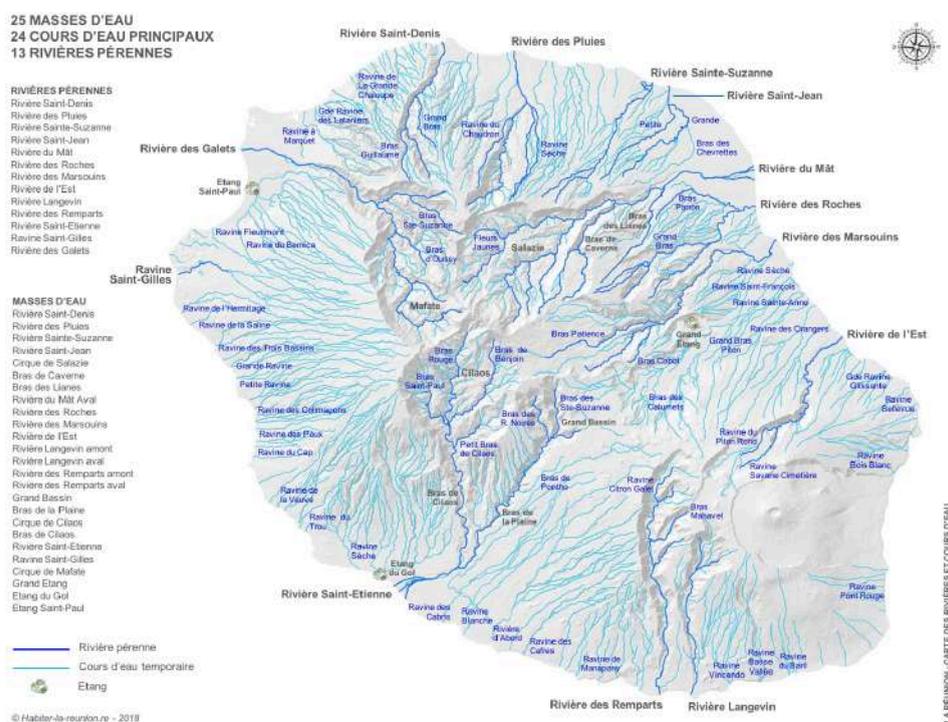


Figure 1 : Le réseau hydrographique de La Réunion © Habiter-la-reunion.fr

Il existe deux saisons marquées à La Réunion : la saison des pluies qui peut être définie entre janvier et mars et la saison sèche, plus longue, qui débute au mois de mai pour s'achever au mois de novembre. La saison sèche est très marquée sur son versant occidental alors que, sur le versant oriental, la saisonnalité est moins marquée et les précipitations sont plus fréquentes.

L'île de La Réunion rencontre de nombreux problèmes d'instabilité de versant. De grands glissements de terrain affectent les formations détritiques. Cela s'explique en partie par l'intensité des phénomènes pluvieux. En effet, certains secteurs de l'île détiennent les records mondiaux d'intensité des épisodes pluvieux sur 12 heures [1144 mm] et 15 jours [6083 mm] [Figure 2] [Météo France]. Elle est également soumise à des crues records avec des débits instantanés enregistrés à plus de 1000 m<sup>3</sup>/s pour des bassins versants de l'ordre de 60 km<sup>2</sup> [rivière des Pluies, rivière des Remparts] [DEAL Réunion, Vigicrue]. Lors de ces phénomènes climatiques extrêmes [cyclones et tempêtes tropicales], de nombreux glissements de terrain, inondations, submersions impactent l'île et menacent aussi bien la biodiversité que la sécurité des habitants.

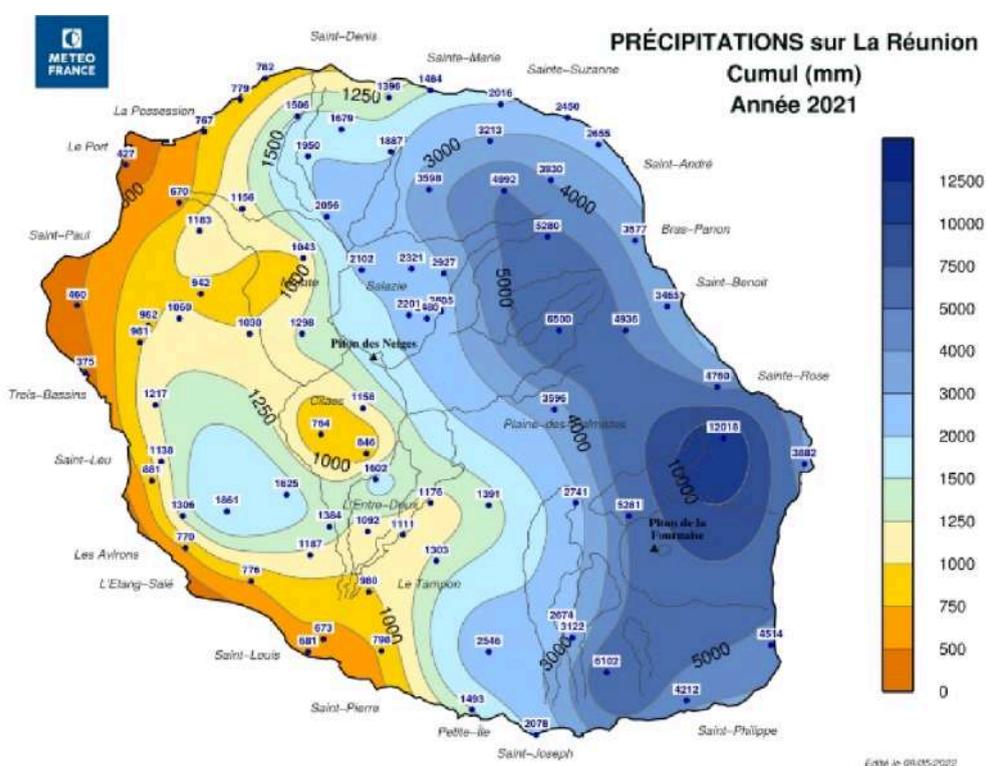


Figure 2 : Carte de la pluviométrie moyenne de la Réunion en 2021 [Météo France]

L'érosion hydrique des sols figure parmi les problèmes environnementaux majeurs du territoire. En effet, l'île enregistre des records mondiaux en termes d'érosion [3 000 t/km<sup>2</sup>/an] caractérisés essentiellement par le départ de sol sous l'action du ruissellement des eaux de pluies ne pouvant s'infiltrer dans le sol. Le phénomène de ruissellement est d'autant plus accentué à La Réunion par l'effet des aménagements entrepris par l'homme [imperméabilisation des sols, extension des zones urbanisées et augmentation des aires cultivées et pâturées...][Soti et al.,2005]. Cette érosion se traduit par des "ravines" qui contribuent à l'organisation générale du relief réunionnais. Ces ravines, sont denses, rectilignes et peu ramifiées. Elles présentent un profil en long à fort dénivelé [souvent supérieur à 1000 m pour des cours d'eau inférieurs à 20 km de linéaire] et des profils transversaux étroits et encaissés [de plusieurs centaines de mètres de profondeur][Sellier, 2016].

Les fortes pentes du réseau hydrographique de La Réunion favorisent le régime torrentiel. Plus de 84% du réseau présente des pentes supérieures à 6% et seulement 2,5% du réseau présente des pentes inférieures à 1,5% [Tamisier et al., 2017]. Les faibles pentes des rivières et ravines se retrouvent notamment sur les plaines côtières, à l'embouchure des principaux cours d'eau d'eau [plaine du Gol au sud-ouest, plaine des Galets au nord-ouest, plaine de Saint-Denis au nord et plaine de Champ-Borne au nord-est] [Figure 3] [Sellier, 2016].

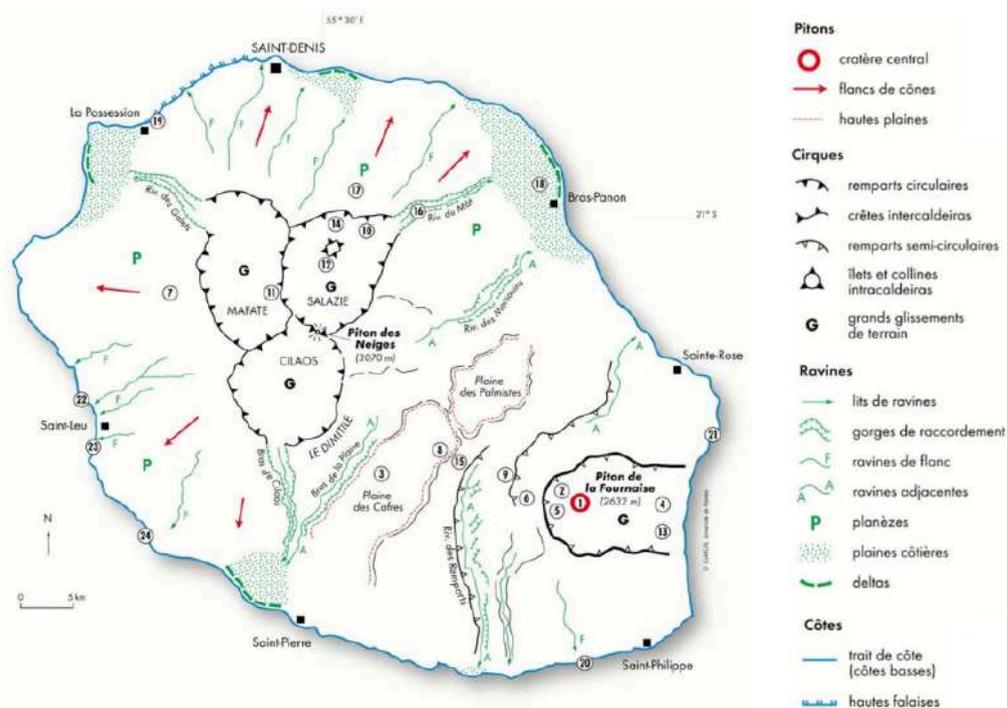


Figure 3 : Schéma géomorphologique de l'île de La Réunion [Sellier, 2016]

La quantité d'eau disponible est très variable selon les zones géographiques de l'île. Malgré des précipitations dont le cumul atteint des records mondiaux, la perméabilité des sols engendre une infiltration rapide avec un très grand réseau d'eaux souterraines, ne permettant pas toujours un accès facile à l'eau pour les habitants. On observe donc des régimes différentiels importants [Raoul 2000; Lorion 2006; Dupont 2021]. Sur 7,6 milliards de mètres cubes de précipitations moyennes par an à La Réunion, 41% des précipitations s'infiltrent dans les sols, 38% sont évapotranspirés par les plantes et 21% ruissellent jusqu'à l'océan [Office de l'eau Réunion, SIR].

## 1.2. L'eau et l'Homme à La réunion

Depuis le début de l'activité humaine au XVII<sup>ème</sup> siècle, la ressource en eau a orienté le développement de l'île. L'aménagement des cours d'eau débute avec l'esclavage dès le XVIII<sup>ème</sup> siècle où les premiers canaux gravitaires font leur apparition pour irriguer les champs de cannes. Plus tardivement, la mise en place de canaux souterrains à des fins agricoles et urbaines voient le jour. Les aménagements hydrauliques des dernières décennies ont été très importants, ils ont largement contribué à la transformation des paysages aussi bien urbains qu'agricoles [Jauze 2005; Bertile 2009; Catry 2015].

En parallèle, l'urbanisation ne cesse d'augmenter depuis la départementalisation en 1946. L'aménagement urbain de La Réunion est étroitement lié à sa géographie naturelle : les zones urbanisées sont principalement situées sur les pentes basses de l'île, près du littoral ou le long de celui-ci. Les régions montagneuses, appelées les 'hauts' de l'île, sont délimitées par une ligne domaniale et appartiennent au Département. Depuis 2007, la création du Parc national de La Réunion couvre 46% du territoire, principalement dans les hauts et l'intérieur de l'île. Cette division territoriale contribue à une forte pression urbaine dans les zones côtières, où des projets d'aménagement urbain se développent dans des zones souvent sujettes aux inondations ou à des risques d'érosion élevés. Près d'un quart des réunionnais habitent en zone inondable, soit près de 200 000 personnes sont concernées [DEAL Réunion, PGRI, 2022].

Pour répondre aux défis démographiques des vingt dernières années, les zones urbanisées se sont considérablement étendues sur des terres agricoles et naturelles. Le processus d'urbanisation s'intensifie également dans les zones intermédiaires et les hauteurs de l'île. Entre 1997 et 2008, la surface urbanisée a augmenté de 25 % dans les zones basses, de

32 % dans les zones intermédiaires et de 27 % dans les hauteurs [Figure 4]. Cette tendance révèle une dynamique d'urbanisation qui se dirige vers l'intérieur des terres, en particulier dans les zones intermédiaires, tandis qu'une croissance relativement plus lente est observée sur les zones côtières. Le taux d'expansion de la surface urbanisée reste stable, à environ 500 hectares par an [Asconit-Ecodden-Pareto, 2014]. À ce rythme, les projections indiquent qu'environ 16% de la surface totale de l'île sera urbanisée d'ici 2030, contre 8,5% en 2003 [Jauze 2005; CAUE 2006; Bertile 2009].

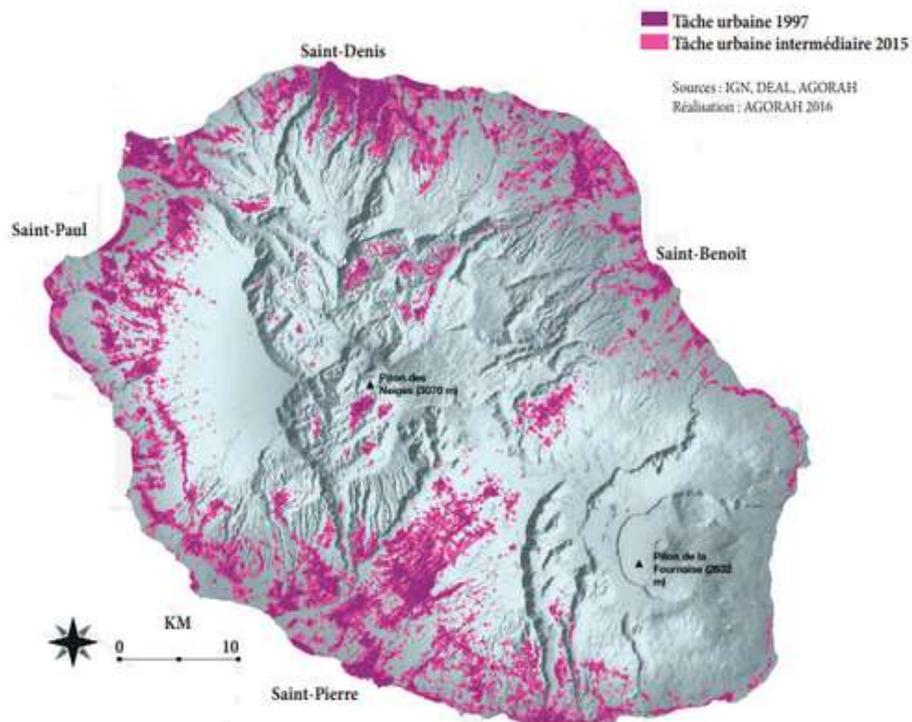


Figure 4 : Carte de l'évolution de la tâche urbaine entre 1997 et 2015 [Agorah 2015]

Cette dynamique urbaine met les ravines à mal car elles occupent des places très convoitées. Les aménagements ont voulu les contraindre et réduire leur occupation du sol au maximum. Depuis les grands cyclones des années 80 et du début des années 90 [Hyacinthe, 1980; Clotilda, 1987; Firinga, 1989; Colina, 1993; Hollanda, 1994], la protection par endiguement a été privilégiée [Lorion et al., 1999]. Les ravines ont été endiguées de façon radicale, contraignant parfois leur cône de déjection dans des canaux entièrement bétonnés tenus dans des lits artificiels en U bétonnés [Figure 5] [Duvoisin, 1994].



Figure 5 : Lits artificiels, [a] Ravine du Butor [b] Ravine du Chaudron. © Chloé Meriel

Avec l'implantation de nouveaux réseaux urbains, les travaux liés à la protection contre l'érosion et les inondations sont faits avec des techniques de génie civil [enrochements libres, enrochements liaisonnés, mur moellon, soutènements gabion etc] [Figure 6]. Ces ouvrages, mis en place rapidement, et parfois de manière urgente, ne tiennent généralement pas compte de la biodiversité dans leur conception. L'artificialisation des cours d'eau par des ouvrages anthropiques est une source d'érosion de la biodiversité en détruisant les habitats rivulaires, milieux connus pour être particulièrement riches et utiles en termes de services écologiques. Cette artificialisation affecte le cycle de vie et les capacités d'adaptation des espèces aquatiques. De plus, elle peut avoir de lourdes conséquences sur l'hydromorphologie et la qualité de l'eau [Antea, Ocea Consult', Hydrétudes, Ecogea, 2011]. Les aménagements sur les rivières, d'une manière générale, peuvent constituer des obstacles à la migration des espèces diadromes, indigènes de La Réunion, en particulier les radiers routiers, les barrages et les seuils qui représentent une part importante des obstacles à la continuité écologique. A ce jour, une cinquantaine d'obstacles a été recensée comme affectant de façon uniforme la colonisation des espèces à faibles ou fortes capacités de franchissement [Figure 7] [Antea, Ocea Consult', Hydrétudes, Ecogea, 2011 ; Kreutzenberger et al., 2019]. Il est à noter, qu'un seul ouvrage est équipé d'une passe à poissons multi-espèces [captage de Bellepierre, rivière Saint-Denis] [Figure 8].



Figure 6 : Ouvrages de protection contre les inondations [a] enrochements libres, ravine Ermitage ; [b] enrochements liaisonnés, rivière des Remparts ; [c] murs maçonnés, ravine du Butor ; [d] déflecteur en béton armé, rivière des Galets. © André Evette

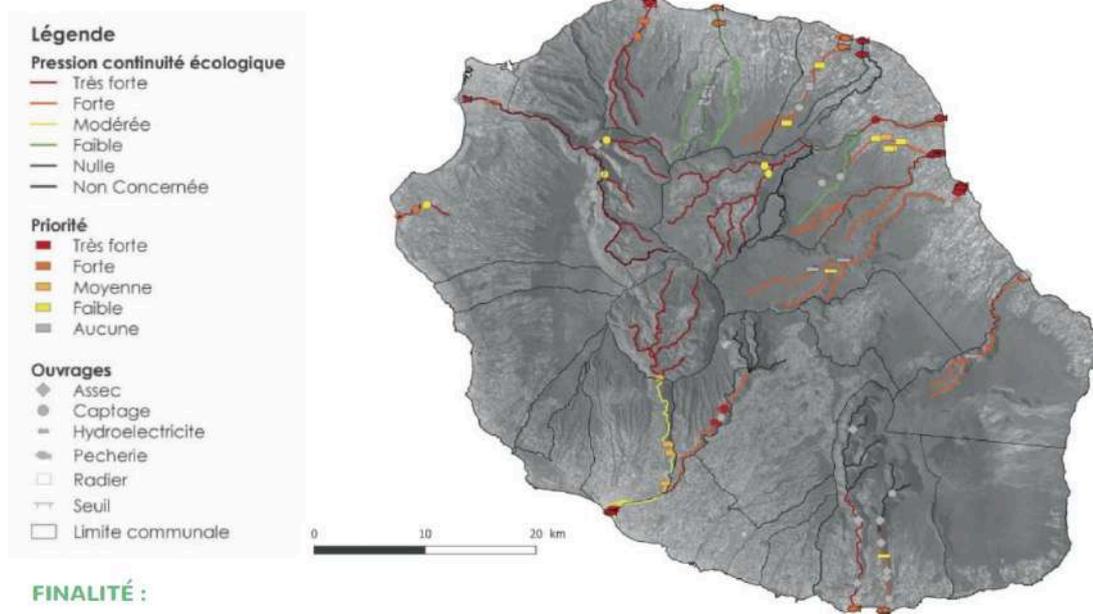


Figure 7 : Obstacles sur les masses d'eau cours d'eau [SDAGE 2022-2027 Réunion, DEAL]



Figure 8 : Passe à poissons multi-espèces, captage de Bellepierre, rivière Saint-Denis. © Chloé Meriel

Les masses d'eau douces sont également soumises à une pression de prélèvement de plus en plus forte pour répondre aux usages domestiques, hydroélectriques et agricoles. En 2019, 222 millions de mètres cubes d'eau ont été prélevés, dont 152 millions pour l'eau potable et 58,3 millions destinés à l'irrigation. Sur les 222 millions de mètres cubes prélevés, 66% ont une origine superficielle [principalement en rivière] et 34% sont prélevés en souterrain [à partir des aquifères, principalement littoraux] [Office de l'eau Réunion, 2021]. Les activités de prélèvement modifient les flux d'eau et engendrent sur certains bassins versants, une augmentation des longueurs et des fréquences d'assecs, impactant fortement la continuité écologique des cours d'eau [UICN France, 2016].

La notion de continuité écologique des cours d'eau a été introduite au niveau européen par la Directive européenne Cadre sur l'Eau [DCE] du 23 Octobre 2000 [directive 2000/60]. La continuité écologique se définit par « la libre circulation des espèces, une hydrologie proche des conditions naturelles et le bon déroulement du transport naturel des sédiments » [article R214-1 du Code de l'environnement]. La DCE fixait comme objectif principal d'atteindre le bon état des eaux en 2015 sur tout le territoire européen. Des dérogations peuvent toutefois être accordées pour certaines masses d'eau afin de reporter l'échéance à 2021, voire 2027 dans les cas les plus problématiques.

La qualité des eaux douces réunionnaises doit faire face à un constat alarmant : en 2019, seules 2 masses d'eau sur 24 étaient en bon état écologique et plus de 84% des masses d'eau sont dans un état moyen à mauvais [Figure 9]. L'état des lieux de la qualité des milieux aquatiques mené au titre de la DCE met en évidence que 51% des masses d'eau de La Réunion sont déclassées du fait d'un mauvais état de leur peuplement piscicole. Les

obstacles à la continuité écologique, les prélèvements d'eau, les pêcheries des post-larves et le braconnage sont les principales pressions à l'origine de ces dégradations [Office de l'eau Réunion, 2019].

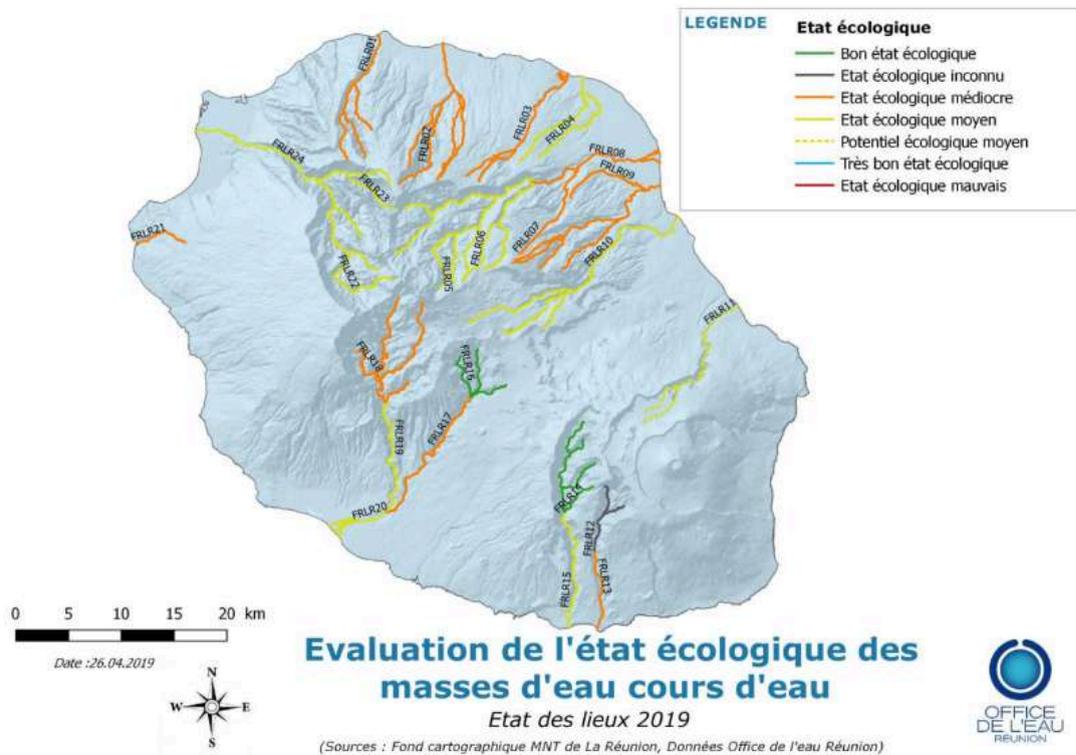


Figure 9 : État écologique des masses d'eau cours d'eau [Office de l'eau Réunion 2019]

L'augmentation des surfaces urbaines et agricoles sont source de pollutions des eaux douces et des eaux de mer. Ces pollutions sont d'origines diverses et sont souvent cumulées. On retrouve ainsi des biocides, des micropolluants organiques, des hydrocarbures ou des solvants.... Sur 80 molécules détectées dans les cours d'eau en 2019, un quart ont un caractère persistant et bioaccumulable [Office De l'Eau Réunion, 2020].

Ces apports issus des bassins versants affectent l'ensemble des milieux littoraux et marins avec des phénomènes d'eutrophisation, de sédimentation et de toxicité par bioaccumulation. L'une des conséquences directes de ces pollutions est la diminution de la surface corallienne. Dans les années 1980, le recouvrement corallien était estimé à 65% [60% en platier et 70% en pente externe], dominé par le genre *Acropora* [Faure, 1982, com. pers. G. Faure, 2012] alors qu'aujourd'hui il est estimé à 18%, ce qui représente une perte de 47% de sa surface [Broudic, 2023].

### 1.3. Les actions menées/proposées sur le territoire pour améliorer l'état

Face au constat alarmant de l'état écologique des écosystèmes aquatiques, la restauration de la libre circulation des organismes aquatiques et le rétablissement du transit sédimentaire sont devenues une des priorités des politiques de l'eau.

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux [SDAGE] de La Réunion 2022-2027 fixe nombre de mesures concrètes visant à améliorer la qualité écologique des masses d'eau : effacement des obstacles transversaux sur les cours ou amélioration de leur franchissabilité par les espèces aquatiques amphihalines, mise en conformité des débits réservés des ouvrages, obtention de la reconnaissance réglementaire du caractère migrateur amphihalin des espèces de poissons et crustacés indigènes de La Réunion, entretien et restauration des cours d'eau à enjeux [DEAL Réunion, SDAGE 2022-2027].

Plusieurs études en faveur de la protection des espèces amphihalines de la Réunion ont vu le jour tant sur l'amélioration des connaissances de leur cycle de vie [Valade et Hoarau 2018(a) et (b); Faivre et al., 2019, Kreutzenberger et al., 2019; Grondin, 2021] que sur la réalisation de projets concrets en faveur de l'amélioration des habitats et des continuités écologiques [la restauration de la connexion hydraulique entre la ravine Bernica et l'Étang de Saint-Paul par la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang de Saint-Paul, la restauration de la zone humide de la ravine Ermitage par l'intercommunalité du Territoire de l'Ouest par exemple].

Le 3<sup>ème</sup> Plan Départemental de Protection du milieu aquatique et de Gestion des ressources piscicoles de La Réunion 2021-2026 [PDPG] prévoit de nombreuses mesures visant à améliorer la connaissance et l'état des milieux aquatiques, dont la réalisation d'un guide de travaux et d'entretien des berges fait partie intégrante du plan de gestion [FDAAPPMA Réunion, PDPG 2021-2026].

Le SDAGE et le Plan de Gestion des Risques d'Inondation [PGRI] se rejoignent sur la garantie du bon état des masses d'eaux tout en gérant le risque inondation. Une vigilance particulière est portée sur les projets d'endiguement pouvant impacter le milieu aquatique, le recours aux ouvrages de protection devant se faire de manière raisonnée. Les scénarios alternatifs, intégrant des solutions fondées sur la nature, sont recommandés. Ceux-ci seront particulièrement appréciés s'ils permettent une meilleure efficacité technique, une minimisation des coûts des projets et des impacts positifs sur l'environnement [DEAL Réunion, SDAGE 2022-2027; DEAL Réunion, PGRI, 2022].

Le projet Life Artisan, mené par l'Office Français de la Biodiversité, participe à la mise en œuvre du deuxième Plan national d'adaptation au changement climatique et du Plan biodiversité de La France. Mis en œuvre sur le territoire réunionnais, le projet aide au déploiement des solutions d'adaptation au changement climatique fondées sur la nature afin de favoriser leur démultiplication sur le territoire.

## 2. LE GÉNIE VÉGÉTAL

Les enjeux environnementaux actuels du territoire réunionnais sont multiples. La protection des biens et des personnes vis à vis des inondations et de l'érosion hydrique fait partie des priorités actuelles des politiques publiques. En réponse, la bétonisation et l'artificialisation des zones à enjeux est une pratique largement répandue sur le territoire réunionnais mais qui ne permet pas jusque-là de concilier enjeux humains et enjeux écologiques. Aujourd'hui, de nombreuses techniques existent, plus respectueuses de l'environnement, pour lutter contre l'érosion des sols. Ces techniques sont assimilées au génie écologique, elles permettent de concilier les activités humaines avec la préservation de l'environnement et la biodiversité.

En utilisant des techniques et des pratiques inspirées par les structures et processus naturels, le génie écologique vise à restaurer, améliorer ou maintenir les écosystèmes et les services qu'ils fournissent. Il privilégie des méthodes plus respectueuses de l'environnement et souvent plus durables sur le long terme. Parmi elles, le génie végétal répond aujourd'hui à de nombreuses problématiques de stabilisation des sols et de préservation des milieux aquatiques.

### 2.1. Définitions et généralités

L'érosion des berges est un processus naturel du fonctionnement hydromorphologique d'un cours d'eau. Il est, cependant, parfois nécessaire de lutter contre ce phénomène, notamment dans le cas où des zones à forts enjeux sont menacés [habitations ou voie de communication] [Schmidt et al., 2013].

La stabilisation des berges peut être effectuée par des techniques courantes de génie civil [béton, enrochements, gabions etc], de génie forestier [structure en rondins de bois] ou grâce à des techniques de génie végétal [Schiechtl et Stern, 1997].

Le génie végétal repose sur l'observation et l'imitation des modèles naturels pour répondre à des problématiques d'aménagement du territoire. C'est un ensemble de construction où les végétaux mis en place, seuls ou combinés avec des matériaux inertes, augmentent la stabilité de la berge en plus de jouer un rôle paysager important [Peeters et al., 2018].

Les ouvrages en génie végétal ont une fonction principale de stabilisation des berges en contrôlant l'érosion tout en améliorant les fonctionnalités écologiques [Cavaillé et al, 2018]. En milieu naturel, le génie végétal permet une excellente intégration paysagère des ouvrages de protection et limite, voire réduit totalement les impacts négatifs de travaux sur l'écosystème [Evette et Frossard, 2009 ; Peeters et al., 2018].

Le génie végétal offre souvent des coûts réduits de mise en œuvre et d'entretien par rapport à un ouvrage courant en génie civil [Piégay et al., 2005; Pinto et al., 2016]. La phase critique de bonne tenue d'un ouvrage de génie végétal intervient lors de sa conception [Evette et Frossard, 2009]. En effet, la stabilité complète d'un ouvrage de génie végétal n'est obtenue qu'après plusieurs années, une fois le développement du système racinaire et la croissance des végétaux effectués [Peeters et al., 2020]. Contrairement à un ouvrage de génie civil, un ouvrage en génie végétal voit sa résistance mécanique augmenter dans le temps [Leblois et al., 2016; Peeters et al., 2018].

Il existe différentes techniques de génie végétal visant à protéger les berges des cours d'eau [lits de plants et plançons, fascinage, couches de branches à rejets, peigne végétal etc] [Figure 10]. Le choix de la technique dépend principalement de son contexte environnemental [climat, variables hydrologiques, tracé de la rivière, nature de la berge etc] [Lachat, 1994 ; Schiechtl et Stern, 1997 ; Adam et al, 2008 ; Peeters 2020].

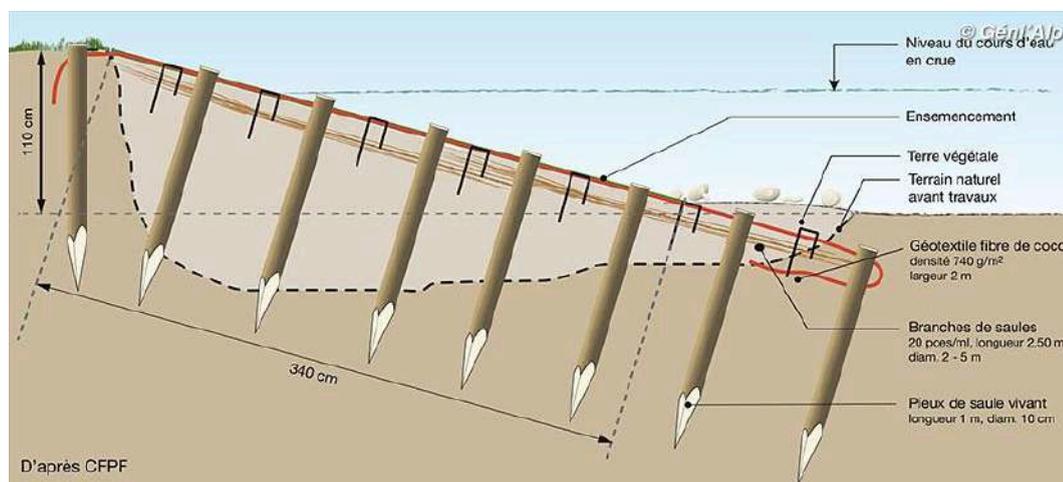
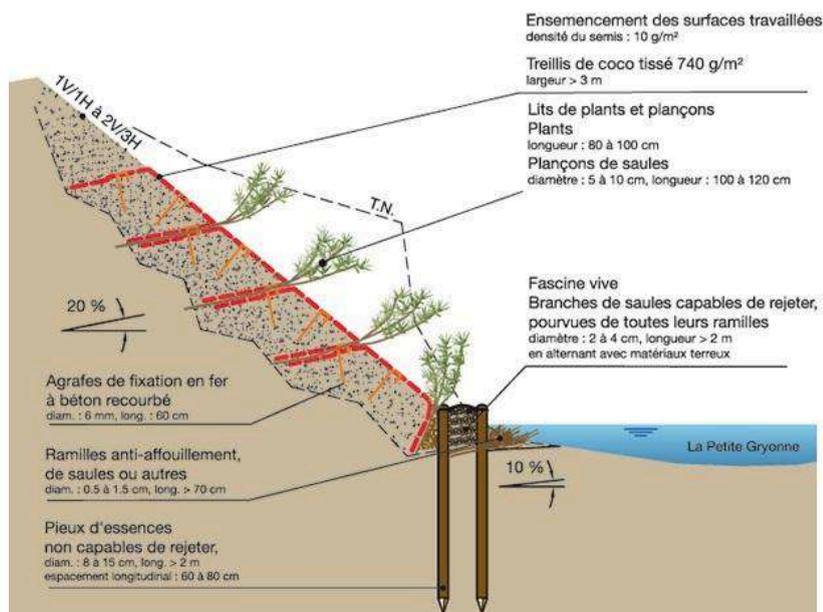


Figure 10 : Techniques de génie végétal [a] lits de plants et plançons et fascine de pied de berge ; [b] couches de branches à rejets ; [Bonin et al., 2013]

Les matériaux inertes (pieux bois et géotextiles biodégradables par exemple) sont souvent installés pour assurer la résistance mécanique provisoire de l'ouvrage en attendant que la végétation se développe et assure le maintien et la protection de la berge sur la durée. Des blocs d'enrochement peuvent également être mis en place en complément des techniques de génie végétal pour augmenter la résistance du pied de berge de l'ouvrage dans des zones à fortes contraintes [enrochements de pied de berge combinés à des matériaux vivants sur la partie supérieure par exemple] [Figure 11] [Adam et al, 2008].

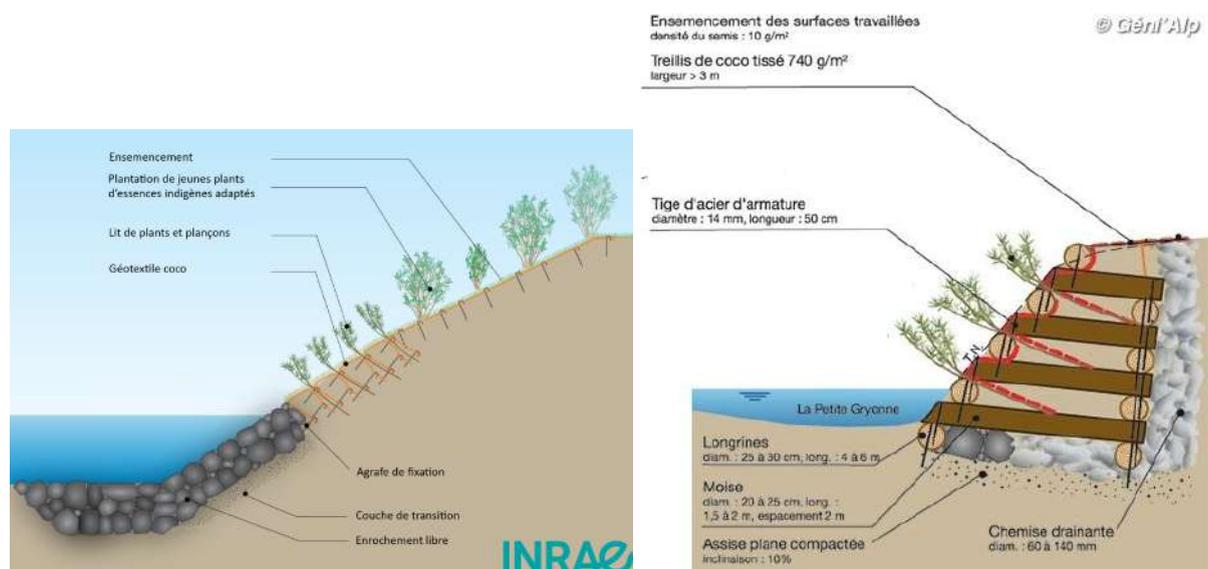


Figure 11 : Technique mixte avec enrochements en pied de berge et surmontés de, [a] lits de plants et plançons [source INRAE], [b] caisson bois végétalisé [Bonin et al., 2013]

On distingue ainsi des techniques de protection du pied de berge afin de stabiliser et renforcer le pied de l'ouvrage [enrochements, fascines, caissons végétalisés notamment] des techniques de génie végétal en partie supérieure [bouturage, plantations, lits de plants et plançons, couches de branches à rejets, ensemencement etc] [Bonin et al., 2013].

Dans la plupart des cas, un projet de génie végétal a recours à une combinaison de plusieurs techniques. Chaque projet nécessite une adaptation en fonction des contraintes et des conditions locales [Frossard et Evette, 2009].

En France, les techniques de génie végétal pour la consolidation ou la protection des berges ne sont pas soumises à autorisation ou à déclaration. En application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement, la rubrique 3.1.4.0 de l'article fixe pour tout ouvrage de consolidation ou de protection des berges "par des techniques autres que végétales vivantes" est soumis à autorisation ou déclaration. En effet, la loi impose, pour tout projet concerné en génie civil ou en techniques mixtes, une étude d'impact ou d'incidence, avec définition de mesures compensatoires. Cette rubrique favorise donc l'utilisation de techniques végétales dans les ouvrages de protection des berges.

La revégétalisation des berges ou le reprofilage des berges visant à améliorer les fonctionnalités naturelles du milieu aquatique est quant à elle soumise à déclaration [décret 2023-907 du 29 septembre 2023, rubrique 3.3.5.0 Article L. 214-1].

## 2.2. Des techniques connues et étudiées

L'utilisation de plantes dans les ouvrages de protection des berges est une technique utilisée depuis des millénaires. Les premières traces de l'utilisation du génie végétal se retrouvent en Chine il y a plus de deux mille ans ainsi que dans la Rome antique. Au XVIIIe et XIXe siècle des ouvrages et des guides d'utilisation voient le jour en Europe. Ces travaux visaient essentiellement à remédier à la très forte érosion engendrée par la déforestation et le surpâturage dans la chaîne alpine [Italie, Suisse, France, Autriche, Allemagne] [Fossard, Evette 2009].

De nombreux guides techniques offrent des préconisations qualitatives pour la mise en œuvre du génie végétal, principalement sur les rivières européennes en climat tempéré [Lachat et al., 1994 ; Gray et Sotir, 1996 ; Schiechl et Stern, 1997 ; Degoutte, 2006 ; Zeh, 2007 ; Adam et al., 2008 ; für Wasserbau 2010 ; Bonin et al., 2013 ; Peeters et al., 2020].

En particulier, l'ouvrage Géni'Alp synthétise les connaissances sur l'utilisation des espèces végétales et des techniques de génie végétal en rivières de montagne présentant des pentes supérieures à 1% et avec un fort transport de solide [Bonin et al., 2013].

Depuis quelques années, plusieurs guides prennent en compte des critères quantitatifs tels que la contraintes tractrices ou la puissance spécifique du cours d'eau afin d'améliorer les méthodes de dimensionnement des ouvrages de génie végétal [Leblois et al., 2016 ; Peeters et al., 2020; Leblois et al., 2022]. Des retours d'expériences ont permis de faire le lien entre la contrainte tractrice et la résistance des ouvrages [Figure 12 et Tableau 1] [Bonin et al., 2013; Peeters et al., 2020; Leblois et al., 2022; Frossard et Evette, 2009].

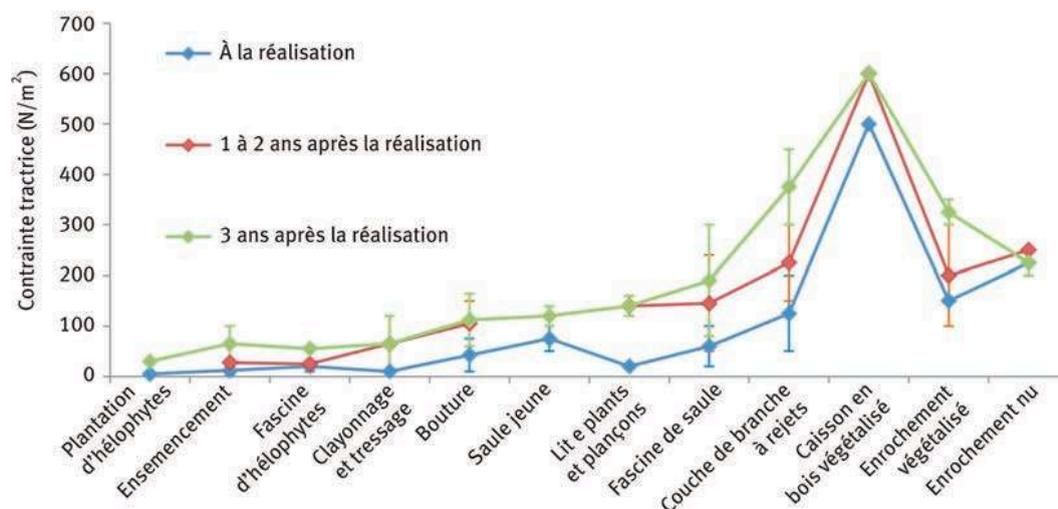


Figure 12 : Evolution de la résistance des ouvrages de génie végétal avec le temps à partir de valeurs moyennes issues de la littérature [Leblois et al., 2016]

Tableau 1 : Récapitulatif des contraintes admissibles des protections de berge en fonction de leur âge [Frossard et Evette, 2009]

Technique	Résistance mécanique $\tau$ en $N/m^2$		
	À la réalisation	1 à 2 ans après	3 ou 4 ans après
<b>Enherbement</b>	4 <sup>(3)</sup> -20 <sup>(3)</sup>	25-30 <sup>(3)</sup>	30 <sup>(3)</sup> -100 <sup>(2)</sup>
<b>Boutures</b>	10 <sup>(3)</sup>	60 <sup>(3)</sup> -150 <sup>(1)</sup>	60 <sup>(3)</sup> -165 <sup>(1)</sup>
<b>Boudin d'hélophytes</b>	10 <sup>(3)</sup> -30 <sup>(2)</sup>	20-30 <sup>(3)</sup>	50 <sup>(3)</sup> -60 <sup>(1)</sup>
<b>Clayonnages</b>	10 <sup>(2,3)</sup>	10-15 <sup>(3)</sup>	10 <sup>(3)</sup> -120 <sup>(1)</sup>
<b>Fascines</b>	20 <sup>(3)</sup> -60 <sup>(2)</sup>	50 <sup>(3)</sup> -60 <sup>(3)</sup>	80 <sup>(2)</sup> -250 <sup>(4)</sup>
<b>Saules</b>		50-70 <sup>(4)</sup>	100-140 <sup>(4)</sup> 800 (20 ans) <sup>(4)</sup>
<b>Plantation d'arbre</b>	20 <sup>(2)</sup>		120 <sup>(2)</sup>
<b>Lit de plants et plançons</b>	20 <sup>(2,3)</sup>	120 <sup>(3)</sup>	140 <sup>(2,3)</sup>
<b>Couche de branches à rejet</b>	50 <sup>(2,3)</sup> -150 <sup>(3)</sup>	150 <sup>(3)</sup> -300 <sup>(3)</sup>	300 <sup>(2,3)</sup> -450 <sup>(3)</sup>
<b>Caissons végétalisés</b>	500 <sup>(3)</sup>	600 <sup>(3)</sup>	600 <sup>(3)</sup>
<b>Enrochements</b>	<b>Végétalisés</b>	100 <sup>(3)</sup> -200 <sup>(2)</sup>	300 <sup>(2)</sup> -350 <sup>(3)</sup>
	<b>Nus</b>	250 <sup>(2)</sup>	250 <sup>(2)</sup>

(1) Faber, 2004 ; (2) Schiechl et Stern, 1996 ; (3) Venti et al., 2003 ; (4) Lachat, 1994.

L'hydraulique, la contrainte tractrice et le transport de solide associés à une section de cours d'eau peuvent être rapidement évalués avec l'outil Bedloadweb [<https://www.bedloadweb.com/>, Reckin et Duchene, 2021]. Cet outil permet une meilleure prise en compte de la morphodynamique dans la conception d'un ouvrage. Cet outil donne également accès aux données de transport de solide de la littérature.

L'évaluation de l'efficacité des ouvrages en génie végétal est complexe, et repose sur une approche empirique, mettant en relation la résistance des aménagements avec les contraintes qu'ils ont subies lors des événements hydrologiques [Leblois et al., 2016]. L'évaluation de la résistance de l'ouvrage doit tenir compte, entre autre, de son âge, de sa structure et de son évolution dans le temps, de la stabilité de la berge et également de son impact sur l'hydrosystème [Bravard, 1998; Petit et al., 2005; Evette et al., 2013].

Par cette approche empirique, l'évaluation de plusieurs ouvrages a été réalisée [Leblois et al., 2016, Evette et al., 2017 ; Peeters et al, 2018 ]. Il ressort de cette évaluation, par exemple, que les fascines peuvent supporter des puissances plus élevées que celles de la littérature, de l'ordre de 170 N/m<sup>2</sup> relevée la deuxième année, ou à l'inverse 200 N/m<sup>2</sup> pour les caissons végétalisés dès leur mise en œuvre au lieu de 500 N/m<sup>2</sup> dans la littérature [Figure 13].

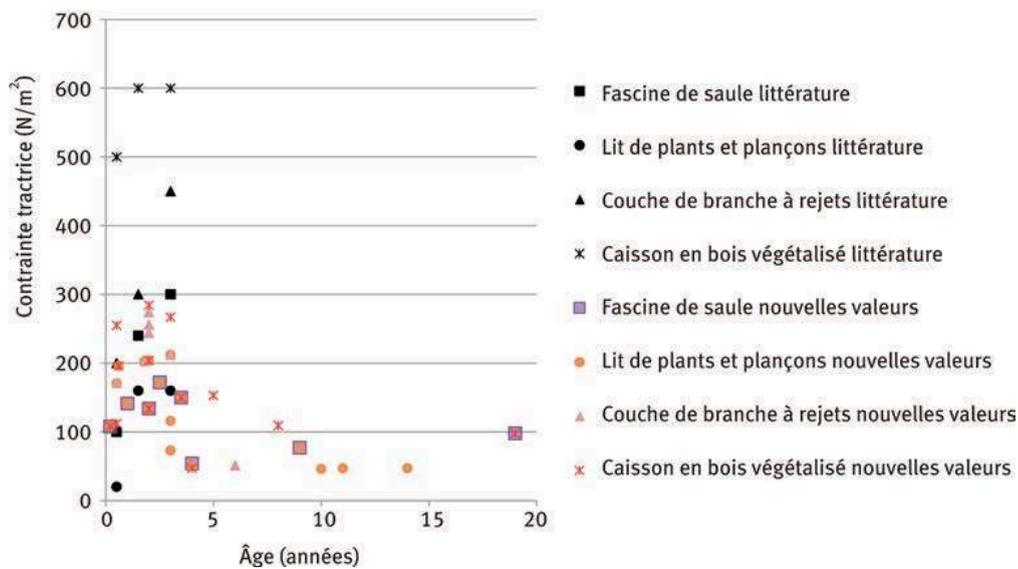


Figure 13 : Ensemble des valeurs de contraintes tractrices en fonction de l'âge de l'ouvrage [En noir : valeurs limites extraites de la littérature ; en couleur : valeurs calculées par Leblois et al.] [Leblois et al., 2016]

Les retours d'expérience permettent de mettre en lumière les facteurs de dégradation possibles des ouvrages qui peuvent avoir un impact sur leur résistance. Ils sont souvent liés à une mauvaise reprise de la végétation [problème d'exposition, coupes non gérées de la végétation, substrat non adapté ou pas en contact avec la végétation, mauvais choix des espèces végétales], à des défauts de conception des aménagements [remplissage inadapté, mauvais dimensionnement, technique en pied de berge non adaptée] ou à une

mauvaise prise en compte des caractéristiques de la rivière [énergie, hauteurs d'eau, concentration en matières en suspension] [Peeters et al, 2018 ; Leblois et al, 2022] .

A partir des limites d'utilisation de ces techniques, un outil d'aide à la décision qui permet d'orienter le gestionnaire de cours d'eau dans son choix de la technique végétale la plus appropriée au contexte géomorphologique du cours d'eau a pu être réalisé [Figure 14]. Cet outil repose sur trois données : la puissance spécifique du cours d'eau calculée pour la crue à plein bord, la concentration en matière en suspension et l'angle d'attaque entre le courant principal et l'aménagement. Il ne tient pas compte des autres paramètres influents sur l'ouvrage [enjeux à proximité, contraintes budgétaires, pressions extérieures etc] et ne concerne que quatre techniques de génie végétal [Peeters et al., 2020].

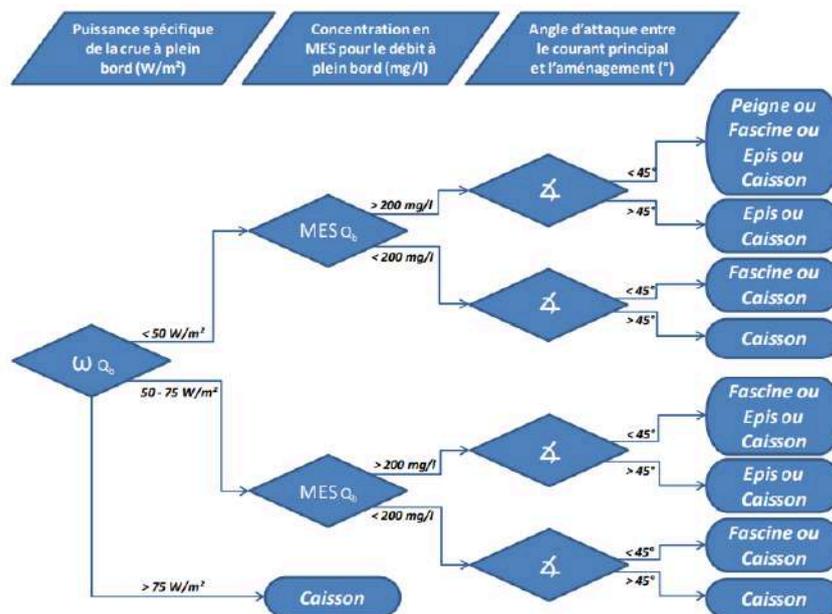


Figure 14 : Aide au choix de la technique appropriée au contexte environnemental [Peeters et al., 2020]

Par conséquent, contrairement au génie civil, le dimensionnement des ouvrages de génie végétal ne s'appuie pas sur des règles de calculs normées. Celui-ci repose essentiellement sur le savoir-faire des spécialistes. Les valeurs de résistance à la contrainte tractrice issues des retours d'expérience ne sont en aucun cas des limites d'emploi des techniques, elles sont indicatives [Bonin et al., 2013].

Depuis 2017, INRAE Grenoble recense dans une base de données [Jaymond et al., 2021] les ouvrages français comportant des techniques de génie végétal en berge de cours d'eau. Cette base de données sert à améliorer les connaissances et l'utilisation des

techniques de génie végétal grâce à la capitalisation des retours d'expérience des résultats de ces opérations sur du long terme sur le territoire Français.

### 2.3. Le génie végétal en milieu tropical

Dans les zones tropicales, le génie végétal est largement représenté en Amérique latine ainsi qu'en Afrique [Grajales Saavedra et al., 2015; Warra et al., 2016; Keller et al., 2017; Zambrano et al., 2018] avec des zones d'interventions diverses : ravines urbaines, talus de chemin de fer, talus agricoles, sols miniers, rétablissement après glissement de terrain, stabilisation de pentes, de ravines et de berges de cours d'eau.

Les techniques simples de génie végétal sont présentes à travers le globe. On peut noter notamment le bouturage, les plantations directes ou la mise en place de palissades pour la stabilisation et la protection des pentes et des berges. Des techniques plus complexes de génie végétal telles que les caissons végétalisés, les lits de plants et plançons ou les couches de branches sont fréquemment mises en œuvre notamment en Amérique latine [Brésil, Colombie, Mexique, Nicaragua] [Keller et Sherar 2008; Galvao et al., 2018; Maxwald et al., 2020].

Les strates des plantes utilisées peuvent varier en fonction de l'habitat et des contraintes. Alors que la strate arborée n'est pas toujours utilisée, les strates arbustives et herbacées sont les plus représentées en milieu tropical avec l'utilisation massive du vétiver, *Chrysopogon zizanioides* [Diti 1999; Bumseng 2018] connu pour augmenter l'infiltration de l'eau et stabiliser les sols grâce à son système racinaire [Are et al, 2012; Mandal et al., 2016; Gatera 2021].

Plusieurs guides techniques traitant du génie végétal en milieu tropical existent à l'international. On peut noter l'ouvrage de Jaime Suárez Díaz de 2001 qui traite de l'érosion en milieu tropical, de leurs causes aux préconisations de traitement par des techniques de stabilisation et de protection en génie végétal ou techniques mixtes [couches de branches pour des talus érodés à fortes pentes, lits de plants et plançons, fascinage pour cicatriser les ravines, caisson végétalisés etc] [Díaz, 2001]

Le guide technique de Durlo and Sutili [2014] détaille les techniques de génie végétal applicables en berge de cours d'eau [couches de branches à rejets, fascinage, caissons végétalisés, lits de plançons, épis, peignes végétalisés etc] et fait des retours d'expérience sur des techniques mises en œuvre en cours d'eau torrentiel à fortes pentes et fort transport de solide au Brésil [Arroio Guarda-Mor] [Durlo and Sutili, 2014].

Il a été démontré qu'en région tropicale humide, un sol avec des plantes de couvertures à fort développement [*Pennisetum purpureum*, *Setaria sp.*, Guatemalagrass, *Cynodon aethiopicus*, *Panicum maximum*] peut limiter voire annuler les phénomènes d'érosion et de ruissellement [Eric Roose, 1972].

Dans l'océan indien on retrouve ces techniques à Madagascar avec l'utilisation de souches ou épis, de rideau de bouture, d'enherbement pour faire face à des problématiques d'érosion avec l'utilisation de *Cynodon dactylon*, *Phragmites comunis*, *Faidherbia albida*, *Senegalia senegal*, *Eucalyptus camaldulensis* ou *Prosopis juliflora* [Schirlé 1962; Maïga et al., 2020].

#### 2.4. Le génie végétal dans les départements, régions, pays et territoires d'outre-mer

Dans les départements et les régions d'outre-mer, à ce jour, peu d'aménagements en génie végétal en rivière sont recensés. Depuis quelques années, cependant, la notion de génie écologique et plus particulièrement de génie végétal voit le jour sur ces territoires, notamment, à travers le développement de guides d'aménagement pour les travaux en rivières et progressivement vers des chantiers expérimentaux.

En 2012, la DIREN de La Martinique a réalisé un guide d'aménagement des milieux aquatiques de la Martinique par les techniques du génie végétal. Celui-ci fait un retour d'expérience sur les quelques techniques de génie végétal utilisées en berge de cours d'eau en Martinique [caissons végétalisés, couches de branches, boutures], fixe des recommandations de conception et préconise des espèces végétales à utiliser en fonction du niveau de restauration [DEAL Martinique, 2012]. En 2022, l'Office National des Forêts de Martinique complète les données en réalisant un guide technique qui propose une liste d'essences locales et adaptées au génie végétal à La Martinique [ONF Martinique, 2022]

Le projet de lutte contre l'érosion des sols et l'envasement du lagon à Mayotte [projet LESELAM 2015-2023] consiste à mieux comprendre, à prévenir et à remédier aux problèmes d'érosion des sols sur le territoire. Le projet a permis de réaliser un guide qui présente les concepts élémentaires de l'érosion des sols et des spécificités du territoire mahorais ainsi que les bonnes pratiques pour l'aménagement des cours d'eau et des ravines. Il décline la méthodologie à mettre œuvre pour concevoir un aménagement et propose des solutions techniques d'entretien. Le guide propose aux aménageurs des

solutions de génie végétal classiques associées à des végétaux locaux [endémiques, indigènes et exotiques], en fixe les conditions d'utilisation et de mise en œuvre [Rolland et Vignerot, 2023].

En Polynésie Française, la démarche de génie écologique dans les projets en rivières est initié par le SAGE [Schéma d'Aménagement Général de la Polynésie Française] qui recommande de revaloriser le rôle des rivières comme trame verte et bleue et de cesser de soutenir une approche purement hydraulique réduisant de fait certaines d'entre elles à de simples caniveaux. Le SAGE demande à ce que les berges fassent l'objet d'une reconquête intégrée depuis leur source jusqu'au lagon, de préserver ou planter la végétation sur les berges afin de limiter l'érosion et la pollution terrigène des lagons en aval [Ministère du logement et de l'aménagement du territoire en charge des transports interinsulaire, SAGE 2019]

La Nouvelle-Calédonie fait usage depuis de nombreuses années des techniques de génie végétal pour stabiliser et limiter les polluants des sols miniers [projet INNERMINE, IRSTEA] et met en place des chantiers de génie végétal en bord de cours d'eau pour limiter l'érosion des sols [rivière Farino par l'association XGraines par exemple].

En Guyane française, les plantes endémiques fixatrices d'azote sont utilisées dans la restauration de sites dégradés tels que les sites miniers. Le projet Guyafix a permis de proposer 7 espèces végétales au caractère fixateur, héliophile et à croissance rapide et à terme de développer une filière de production de plants fixateurs en Guyane française [Solicaz, 2012].

A la Guadeloupe, le projet PROTEGER [projet de promotion et développement du génie écologique sur les rivières de Guadeloupe, Parc national de Guadeloupe] a vu le jour en 2016. Il a notamment permis de constituer une palette végétale adaptée pour chacun des types de ripisylves décrit sur l'île et permettra à terme la réalisation d'un guide des techniques de génie végétal utilisables sur le territoire de La Guadeloupe. Au-delà d'un guide, c'est une filière tant pédagogique qu'économique qui se crée. Pour se faire, des chantiers de formations ont permis à la fois aux élèves mais aussi aux professionnels de se former sur les techniques de génie végétal [Figure 15]. Ainsi, l'application du génie végétal par les gestionnaires d'espaces naturels devient possible. Ce projet prouve que le basculement des mentalités et des politiques est possible avec un engouement qui se développe de jour en jour pour des techniques d'aménagement plus respectueuses de l'environnement [Parc National de La Guadeloupe, PROTEGER].

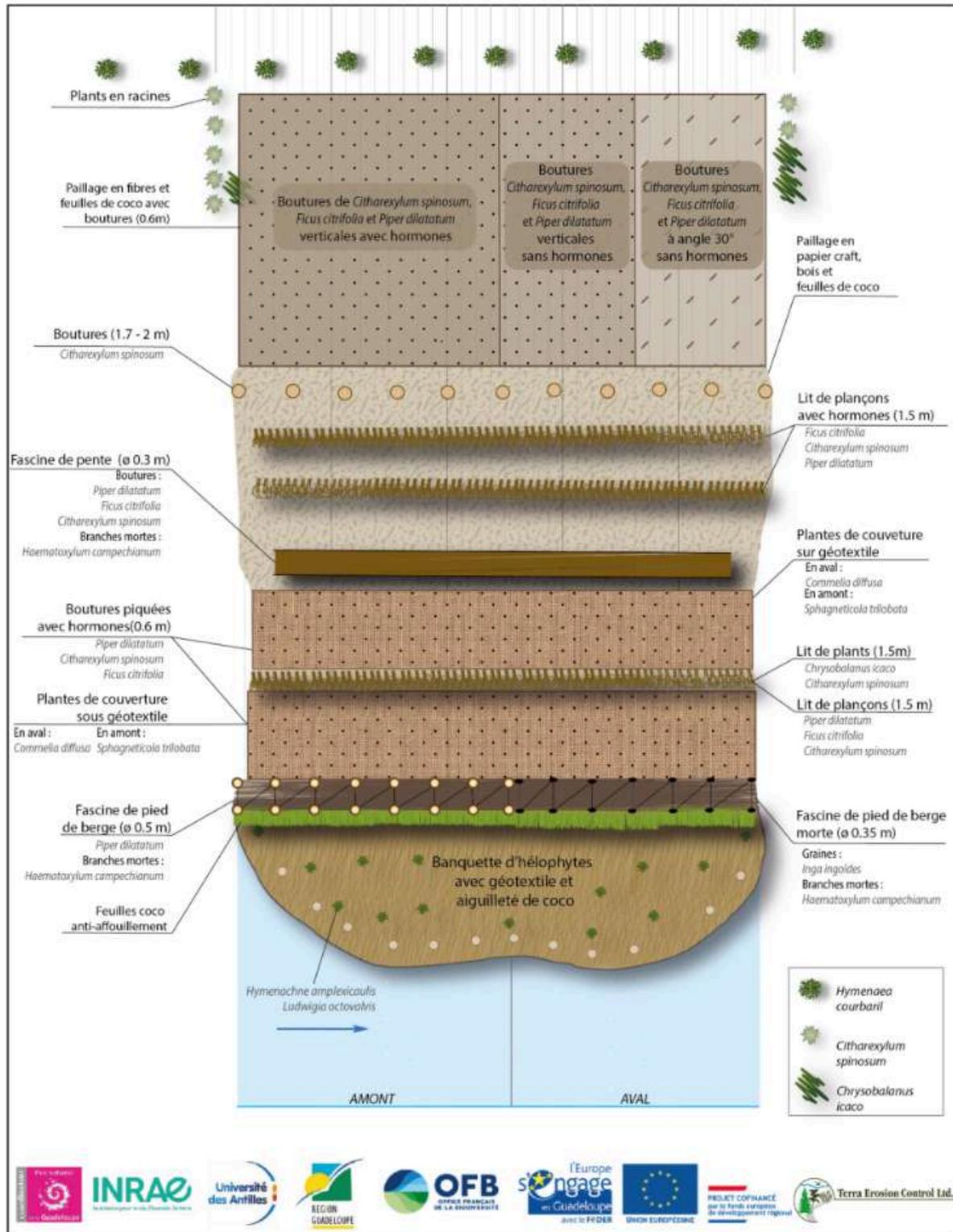


Figure 15 : Schéma du premier chantier école du projet PROTEGER [précisant les techniques, le type de couvre sol, le matériel végétal considéré, les traitements hormonaux, les angles de plantation et les dimensions] [INRAE et Parc National de Guadeloupe].

### 3. VERS DU GÉNIE VÉGÉTAL À LA RÉUNION

Comme évoqué précédemment, sur le territoire réunionnais, les travaux en rivières et ravines prennent essentiellement la forme de travaux de génie civil [enrochements libres, enrochements liaisonnés, maçonnerie et chenalisation bétonnée] [Figure 16]. Le génie civil est alors utilisé jusqu'en haut des berges, les enrochements ne sont jamais végétalisés et sont progressivement envahis par des espèces exotiques [Figure 17]. Les conditions géomorphologiques drastiques et la crainte de l'échec des ouvrages réalisés à partir de végétaux ont été des freins à la mise en place du génie végétal sur le territoire jusqu'à aujourd'hui.



Figure 16 : Artificialisation des berges à La Réunion. [a] Ravine du Grand Etang, Saint-Leu. © André Evette [b] Ilet Coco, rivière des Marsouins. © Chloé Meriel



Figure 17 : Enrochements liaisonnés envahis par des espèces exotiques. [a] Saint-Gilles; [b] Rivière des Remparts. © André Evette

Dans le domaine agricole, l'érosion des sols est une préoccupation majeure et bien que des solutions "végétales" aient été proposées depuis de nombreuses années, elles se limitent principalement à de la plantation d'arbres ou d'arbustes [notamment des haies

végétales avec les Mesures agroenvironnementales et Climatiques [MAEC]), ou par la mise en place de barrières physiques [fascines de bambou ou de goyavier, murs en pierres sèches] [Préfecture de La Réunion, 2010; ONF, 2021]. Ces ouvrages ont souvent été réalisés sans véritable prise en compte de l'ensemble des contraintes et des solutions liées à l'érosion qui pourraient y répondre. De plus, la restauration des ripisylves reste à entreprendre. En effet, les gestionnaires de ces zones se concentrent plutôt sur des actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes ou sur des actions directes de protection contre les inondations que sur des actions alliant préservation de la biodiversité et protection des biens et des personnes.

Dans le génie végétal, l'élaboration de palette végétale adéquate regroupant toutes les strates doit être couplée à une analyse de caractéristiques abiotiques de l'habitat. Ainsi le développement du génie végétal à La Réunion pourrait permettre d'appréhender le milieu d'une nouvelle manière tant pour les gestionnaires que pour les aménageurs de l'île.

### 3.1. Des techniques proches du génie végétal à La Réunion

A ce jour, aucuns travaux en berge de cours d'eau n'ont été recensés en techniques de génie végétal ni en techniques mixtes à La Réunion. Plusieurs travaux de stabilisation de talus ou de pentes érodées ont cependant été mis en place sur le territoire depuis de nombreuses années.

On peut ainsi noter des techniques de fascinage et de banquettes en végétalisation de talus de la carrière du Piton Doré à La Plaine des Palmistes [BRGM, 1997], des fascines tressées en goyaviers et plantations en lutte contre l'érosion de la ravine des Merles à Grand Ilet, Salazie [ONF, 2021], des ouvrages bois, tel que le seuil "RTM Augustin Payet" en cryptoméria à la Plaine des Merles pour lutter contre l'érosion de la Route Forestière par l'Office National des Forêts de La Réunion [2016] [Figure 18].



Figures 18 : [a] Chantier de lutte contre l'érosion de la ravine des Merles; [b] seuil "RTM Augustin Payet". ©ONF

Un guide des bonnes pratiques pour les interventions en ravines, à destination des associations et des collectivités a été réalisé par l'ONF en 2010. Celui-ci fixe des préconisations en matière de travaux dans les ravines et notamment de végétaliser les pentes sensibles afin de limiter les risques d'érosion [vétiver, gazon] ou de réaliser des fascines en bambou ou en goyavier [Préfecture Réunion, 2010].

Les matériaux utilisés en génie végétal sont principalement des végétaux vivants [semences, plants, boutures etc]. Ils peuvent être combinés à des matériaux inertes à base de matières végétales [géotextiles biodégradables, pieux bois etc]. Un ouvrage est de l'ordre du génie végétal lorsque les végétaux utilisés assurent un rôle structurel [d'ancrage ou de stabilité] et non seulement paysager.

Ce rôle structurel de la végétation peut venir en complément de celui de l'enrochement dans les zones où les modèles naturels sont constitués de blocs et végétation entremêlés. Il n'existe pas d'un côté le génie végétal et de l'autre le génie civil, mais il s'agit d'un continuum où les enrochements végétalisés peuvent être considérés comme du génie végétal pourvu qu'ils ressemblent aux modèles naturels [Evette et al., 2015].

De par cette définition, les travaux mis en place à La Réunion peuvent se rapprocher des techniques dites de génie végétal de par les matériaux utilisés [végétaux vivants et morts ou rondins de bois] ainsi que par l'utilisation d'éléments structurels vivants [fascines de goyavier, plants de vétiver]. L'utilisation principale d'espèces exotiques en éléments structurels ne permet pas de répondre pleinement à la définition actuelle du "génie végétal" en berge de cours d'eau où les espèces locales sont largement recommandées.

L'utilisation de concepts se rapprochant du génie végétal dans des aménagements urbains voient progressivement le jour [noue végétalisées, talwegs naturels, fosses de dissipation

etc]. La réalisation du quartier de Beauséjour en est un bon exemple. En effet, dans le cadre du projet, il a été mis en place un talweg naturel [noues paysagères plantées de graminées et de vivaces] présentant des redents et dissipateurs qui permettent de réduire la vitesse d'écoulement des eaux pluviales et de favoriser l'infiltration de la pluie sur le site avec un retour d'expérience d'une dizaine d'années [Figure 19] [Gauzin-Muller, 2014].

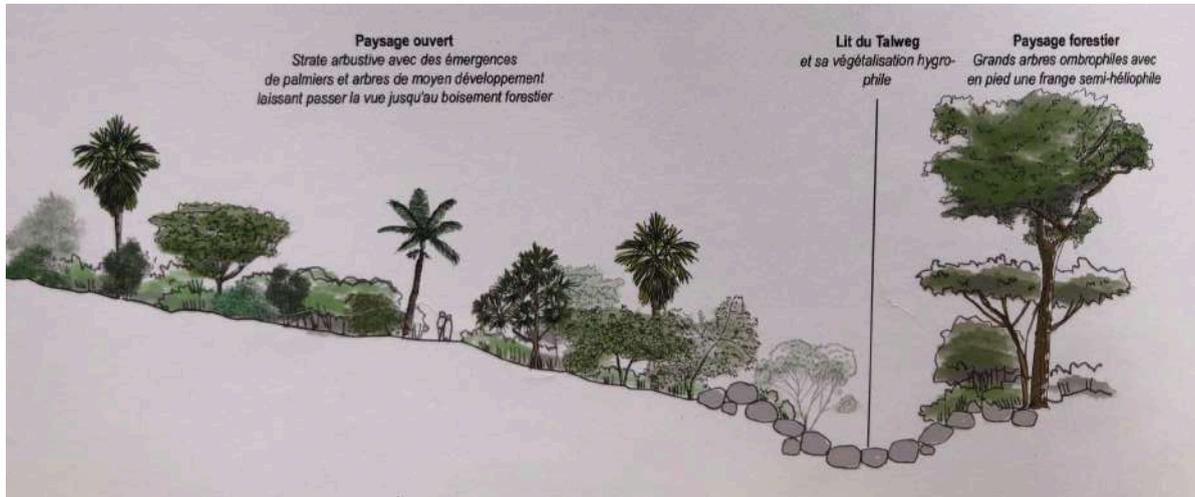


Figure 19 : Schéma de la végétation au droit du talweg, projet Beauséjour [Gauzin-Müller, 2014]

### 3.2. De nombreux projets de restauration terrestre à La Réunion

Bien que le génie végétal n'ait jamais été directement appliqué aux berges de rivières pérennes à La Réunion, plusieurs projets dans des ravines ont vu le jour, allant de la réduction d'impact à un rétablissement partiel de l'écosystème avec une utilisation croissante de plantes indigènes. Ces différents niveaux de restauration écologique allant jusqu'au rétablissement théorique final de la restauration de l'écosystème de référence peuvent être illustrés par la flèche du continuum de restauration [Figure 20].

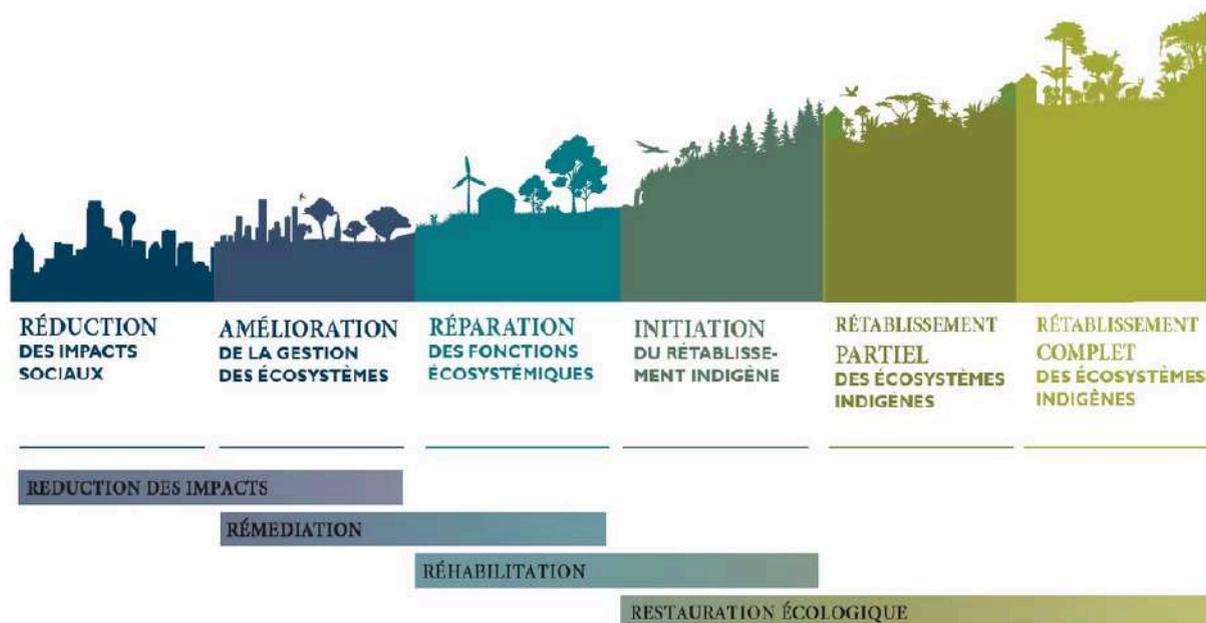


Figure 20 : Continuum de restauration [Gann et al. 2019]

Les travaux publics de grande envergure ont commencé à intégrer des espèces indigènes de l'île depuis les années 2000, avec notamment l'aménagement de la route des tamarins à partir de 2005. Depuis, de nombreux aménagements favorisent la flore indigène de l'île. Les enjeux de conservation de la flore indigène, dont 41% des taxons sont menacés [UICN, 2021], mobilisent un réseau institutionnel et associatif de plus en plus grand.

De nombreux projets de plantations ont ainsi été initiés, allant de l'aménagement à la restauration écologique [Annexe 1]. Souvent très orientés sur la strate arborée, ces projets permettent d'avoir un retour d'expérience sur les différentes modalités d'utilisation et de multiplication de la flore indigène ainsi que sur des sites à forte pente et/ou à contraintes pluviales [travaux en ravines notamment].

La vulgarisation des itinéraires techniques de production grâce, par exemple, à la Démarche Aménagement Urbain et Plantes Indigènes [DAUPI], ou encore des projets portés par le Parc national de La Réunion [LIFE+ Forêt-Sèche, GAIAR, Annexe 1], permet aujourd'hui la mise en place de projets de grandes envergures, offrant ainsi l'opportunité d'avoir des retours d'expérience sur l'ensemble des milieux naturels et anthropisés. Néanmoins les données de suivi de ces plantations demeurent limitées par rapport au nombre de projets existants, et la variabilité des méthodes de suivi peut parfois rendre les retours d'expérience sporadiques. Bien que les experts connaissent la capacité de plus d'une centaine d'espèces à survivre, ces informations restent peu documentées.

L'approche écosystémique est inhérente au projet en génie végétal puisque son application prend en compte les caractéristiques de matériaux vivants et se fait dans des zones de corridors écologiques, en interface avec le milieu aquatique et le milieu terrestre. Ainsi, l'ensemble des composantes biotiques et abiotiques est pris en compte pour sa réalisation avec comme objectif une réduction des impacts qui peut parfois s'assimiler à de la réhabilitation voire même de la restauration écologique [Cavaillé 2018].

### 3.3. Comment appliquer une démarche "génie végétal" à La Réunion

#### 3.3.1. Notion de contrainte tractrice

L'eau joue un rôle complexe sur la tenue de la berge. En effet, la stabilité d'une berge est liée aux propriétés physiques du sol [résistance au cisaillement, fortement influencée par la teneur en eau du sol] et aux actions mécaniques de l'eau qui s'y appliquent [Bonin et al., 2013].

Afin d'aider à la détermination du type de protection végétale à mettre en œuvre sur une berge érodée, il convient notamment de déterminer la contrainte tractrice à laquelle est soumise la paroi [lit ou berge de la rivière]. La contrainte tractrice est une force par unité de surface parallèle à la paroi qui peut entraîner le départ de grains de sol, et donc une érosion [Leblois et al., 2016].

Celle-ci dépend de la morphologie de la zone étudiée [sections, rayon hydraulique, pente], des conditions hydrauliques [débits, hauteur d'eau, vitesses] et des propriétés physiques du sol [coefficient de rugosité]. De nombreux guides expliquent la méthode de calcul de la contrainte tractrice [Lachat et al.; 1994, Bonin et al., 2013; Lebois et al., 2016]. Ainsi, en écoulement uniforme, la contrainte tractrice au fond du lit peut être calculée à partir de la formule suivante :

$$\tau = \rho \cdot g \cdot R \cdot j$$

avec  $\tau$  = la contrainte tractrice [N.m<sup>-2</sup>] ;  $\rho$  = la masse volumique de l'eau [kg.m<sup>-3</sup>] ;  $g$  = l'accélération de pesanteur [m.s<sup>-2</sup>] ;  $R$  = le rayon hydraulique [m] ;  $j$  = la perte de charge linéaire [adimensionnel].

### 3.3.2. Accessibilité des données hydrauliques sur le territoire réunionnais

Sur le territoire Réunionnais, deux gestionnaires se partagent les stations hydrométriques : l'Office de l'eau de La Réunion et la Cellule de Veille Hydrologique de la DEAL de La Réunion.

L'Office de l'eau de La Réunion dispose actuellement d'une quinzaine de stations hydrométriques qui enregistrent les débits et les hauteurs d'eau en continu, avec, pour certaines, un retour de plus de quarante ans de données enregistrées. Les stations sont principalement installées sur les cours d'eau pérennes de l'île. Une étude hydraulique a été menée en 2017 sur chacune de ces stations, dans laquelle une courbe de tarage [estimation du débit en fonction de la hauteur d'eau] a été définie pour chaque profil. L'Office de l'eau fait également des jaugeages sur une soixantaine de stations réparties sur les rivières pérennes et ravines de l'île. Les données sont disponibles sur le système d'information sur l'eau du Bassin de La Réunion [Office de l'eau Réunion, SIR].

La Cellule de Veille Hydrologique de la DEAL de La Réunion a mis en place un système de Vigilance Crue. On trouve ainsi une trentaine de stations instrumentées réparties sur dix-sept bassins versants [Figure 21]. Les données de débits et de hauteurs d'eau y sont enregistrées en continu. L'installation de ces stations hydrométriques est relativement récente [2014], les données sont disponibles instantanément sur le site [www.vigicrues-reunion.re](http://www.vigicrues-reunion.re), et sont bancarisées sur le portail national d'accès aux données hydrométriques et hydrologiques [SCHAPI, Hydroportail].

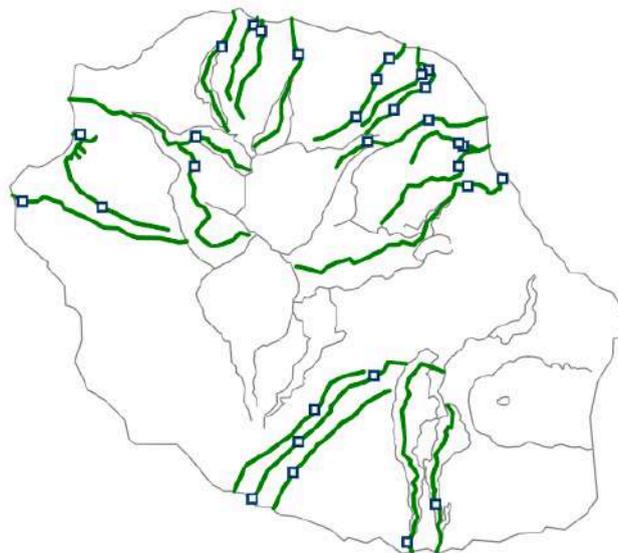


Figure 21 : Stations du système de Vigilance Crue [DEAL, Vigicrue]

A partir de l'historique des données de débits des stations hydrométriques et de la collecte de données hydrométriques complémentaires, un modèle SHYREG, issu de la méthode SHYPRE développée par l'INRAE centre d'Aix-en-Provence, a été réalisé à La Réunion en 2014. Le modèle SHYREG a permis de construire une base des estimations des quantiles de pluie et des débits spécifiques à plusieurs entrées [durées, fréquences] à l'échelle du km<sup>2</sup> sur tout le territoire de La Réunion [Aubert et al., 2014].

Le protocole de caractérisation hydromorphologique des cours d'eau français d'outremer [Carhyce] mené en 2017 a été mené sur 21 stations à La Réunion [Tamisier et al., 2017]. Le protocole national mis en place est une aide pour caractériser les profils hydromorphologiques des rivières de La Réunion [Baudoin J-M., Boutet-Berry L., 2017].

### 3.3.3. Application des contraintes tractrice sur les cours d'eau Réunionnais

Des calculs de contraintes tractrices maximales appliquées aux berges au droit des stations hydrométriques tenues par l'Office de l'eau ont été menés dans le cadre du projet afin d'avoir un ordre de grandeur des contraintes générées par les cours d'eau [Tableau 2]. Les formules de contraintes tractrices sont issues du guide Lachat 1994, couplées aux données des stations hydrométriques de l'Office de l'eau de La Réunion [débits maximums sur les 10 dernières années, courbes de tarage, coefficient de Strickler, pentes] et par l'aide au calcul des rayons hydrauliques par la plateforme <https://www.bedloadweb.com/> développée par l'INRAE [Recking et Duchene, 2021].

Tableau 2 : Calcul des contraintes tractrices appliquées aux stations hydrométriques de La Réunion dans le cadre du projet VEGETALI

Rivière	Station	Débit maximal 2014-2024 [m <sup>3</sup> /s]	Contrainte Tractrice [N/m <sup>2</sup> ]
Saint-Denis	Amont captage AEP	177	<b>439</b>
Saint-Suzanne	Bras-Laurent amont confluence	120	<b>1770</b>
Saint-Jean	Grand Bras	39,1	<b>191</b>
Mât	Escalier	314	<b>1558</b>
Bras des Lianes	Bellevue les hauts	158	<b>251</b>
Bras Panon	Aval Radier Paniandy	59,1	<b>115</b>
Plaine des Palmistes	Bras noir	77,4	<b>393</b>
Langevin	Passerelle	175	<b>1164</b>
Bras de La Plaine	Grand Bassin	51	<b>256</b>

### 3.3.4. Ouverture sur les techniques de génie végétal à développer à La Réunion

Il faut noter que ces contraintes sont données à titre indicatif, en effet, elles sont uniquement présentées pour des rivières pérennes, sur des profils souvent très étroits [aux endroits des sondes Office de l'eau] et pour des débits maximums décennaux. Ces données pourront nous aider à développer des techniques de génie végétal ou techniques mixtes innovantes sur le territoire réunionnais.

En effet, il serait intéressant de croiser ces résultats avec les observations de la végétation située au droit des stations hydrométriques afin de voir la réaction de la flore face à ces fortes contraintes. Les résultats nous donneront une bonne indication quant au pouvoir de ces plantes à être utilisées dans des techniques de génie végétal.

Il apparaît que pour des cours d'eau à fortes contraintes, les techniques mixtes à base d'enrochement en renfort du pied de berge semblent les plus appropriées. Les techniques d'enrochements végétalisés pourraient également être une base d'expérimentation intéressante. En effet les ligneux renforcent la stabilité des enrochements en diminuant la vitesse à leur endroit lors des crues et en fixant les blocs mécaniquement.

Les retours d'expérience sur les techniques de caissons bois végétalisés démontrent qu'ils peuvent être une bonne option pour La Réunion [résistance enregistrée à plus de 600 N/m<sup>2</sup>]. Ces techniques demandent cependant une bonne maîtrise des connaissances hydrologiques [hauteurs d'eau notamment, afin d'éviter tout lessivage de l'ouvrage], de conception et de réalisation [point de faiblesse de l'ouvrage].

Des techniques indirectes, telles que les déflecteurs ou épis [en enrochement libres ou liaisonnés, pieux bois] pourraient être envisagées afin de permettre de recharger les berges érodées en sédiments dans des zones à fortes contraintes.

L'utilisation du génie végétal [lits de plants et plançons, couches de branches à rejets] apparaît possible, notamment dans la partie supérieure des protection de berge, ou sur les rivières moins dynamiques à pente plus faible [rivière Saint-Jean, Bras Panon, étangs littoraux].

Le développement du génie végétal doit, cependant, d'abord passer par une phase d'observation en milieu naturel, puis, expérimentale afin de tester les capacités

biotechniques des espèces végétales à être utilisées dans des ouvrages innovants. Il s'agit de connaître leur potentiel pour stabiliser les berges, leurs capacités de reprise en fonction de la technique choisie et leur résistance face au développement des espèces exotiques envahissantes. Des expérimentations *ex-situ* par la mise en place de chantiers expérimentaux apparaît un préalable indispensable à l'utilisation du génie végétal sur l'île de La Réunion.

### 3.4. Quels végétaux utiliser en génie végétal à La Réunion ?

#### 3.4.1. Les grands principes de la flore dans le génie végétal

La mise en place du génie végétal nécessite la maîtrise de plusieurs procédés de plantation et de multiplication des végétaux. En plus de l'étude de terrain préalable [granulométrie, débit, pente, conditions stationnelles...], les techniques et le choix des végétaux qui les constituent dépendent aussi des caractéristiques biotechniques des espèces et plus particulièrement leurs capacités à être utilisées en génie végétal; il s'agit notamment :

- du système et développement racinaire de chaque espèce
- de la capacité des plantes à se multiplier par bouturage
- de la souplesse des rameaux
- de la capacité des plantes à faire de l'anastomose

#### Système et développement racinaire

Beaucoup étudiée dans le domaine agricole [Zuazo et al., 2009], c'est dans les années 1970 où les différents systèmes racinaires sont décrits sous 5 types [Yen 1972] [Figure 22]. Cela a permis par la suite l'étude multifactorielle des systèmes racinaires et de leurs interactions avec l'environnement [Gyssels et al., 2005; Burylo et al., 2009; Stokes et al., 2009; Vannoppen et al., 2017]. En génie végétal, l'ancrage racinaire des espèces est un facteur important pour la réussite de l'ouvrage. Selon le type de sol, l'inclinaison de la pente, le niveau d'enrochement et l'hydrologie du milieu, différents types racinaires peuvent être utilisés afin de répondre correctement aux contraintes auxquelles l'ouvrage doit faire face.

La mise en place d'espèces végétales avec un système racinaire adéquat permet de diminuer l'érosion due au lessivage des sols [Gyssels et al., 2005, Ola et al., 2015]. En effet les racines des plantes améliorent la porosité du sol ce qui diminue le ruissellement de surface et par conséquent l'érosion du sol [Yen 1972]. De plus, un système racinaire développé avec des racines denses à croissance rapide permet de former un matelas fibreux qui protège la surface du sol et en améliore la cohésion [Clark et Hellin 1996; Gray et Sortir 1996; Schiechtl et Stern 1996]. Certaines espèces dont les racines sont flottantes ralentissent la vitesse de l'eau et protègent le pied de berges [Schiechtl et Stern 1996].

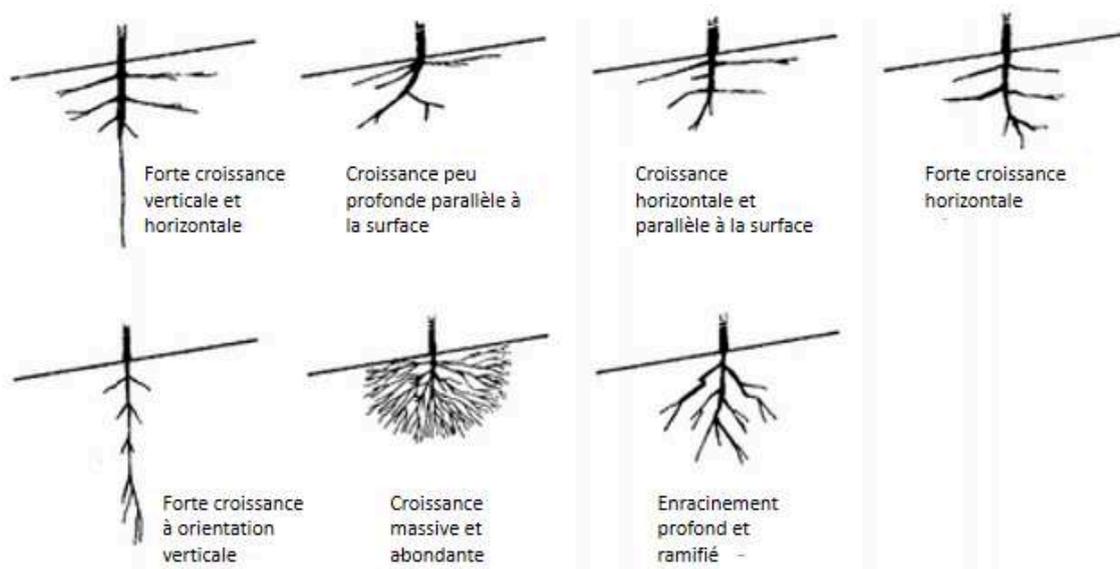


Figure 22 : Les différents types racinaires [Yen 1972, traduction libre]

#### Capacité des plantes à se multiplier par bouturage

L'utilisation de boutures est très fréquente en génie végétal. Très peu résistante à la finition des travaux, elle peut atteindre une résistance de 150 N/m<sup>2</sup> dès la seconde année [Bonin et al., 2013; Leblois et al., 2016]. Bien que ces données soient calculées à partir d'espèces continentales en milieu tempéré, elles sont une base pour l'utilisation d'espèces en milieu tropical insulaire.

Le bouturage est une méthode économique et simple pour la stabilisation des talus et berges de cours d'eau soumis à de faibles contraintes d'arrachement. Elles se retrouvent intégrées dans la plupart des ouvrages de génie végétal, qu'ils soient mixtes ou non. Afin d'assurer une meilleure reprise et un abaissement des coûts de transports, le matériel végétal est la plupart du temps prélevé sur place. L'avantage est d'implanter des

boutures venant d'individus déjà adaptés au milieu où elles vont être réimplantées. De plus, l'utilisation de boutures évite le transport de plants en pots et le temps de croissance en pépinière mais il est préférable que le matériel soit prélevé sur des individus sains et vigoureux.

En revanche, la multiplication par bouturage peut correspondre au clone d'un même individu, ce qui peut entraîner une vulnérabilité face à certains pathogènes. En effet, plusieurs individus partageant le même patrimoine génétique peuvent être moins résistants aux agressions extérieures. Ainsi, il est préférable de privilégier le prélèvement de plusieurs individus mères.

#### Souplesse des rameaux

La flexibilité des rameaux est examinée dans le cadre de l'application du génie végétal, car elle permet à la fois de protéger les berges [effet tapis] et de piéger les sédiments [effet peigne], favorisant ainsi la création de microhabitats. De plus, les rameaux flexibles ne créent pas de turbulences susceptibles de déstabiliser les berges lors de crues de haute intensité, caractérisées par des déplacements importants de matériaux solides, et peuvent servir de zones de refuge pour les espèces piscicoles lors de ces épisodes intenses.

#### Capacité des plantes à faire de l'anastomose

L'anastomose est une fusion physique et fonctionnelle des organes de deux végétaux, en général appartenant à la même espèce, par leurs racines, leurs branches, voire leurs troncs. Une anastomose racinaire renforce l'adhérence des arbres et leur confère une meilleure stabilité face aux charges extérieures [vent, eau par exemple]. C'est aussi une technique de survie : l'arbre peut repousser après une coupe s'il est connecté par les racines à d'autres organismes capables de lui fournir l'eau et les nutriments nécessaires. Cela en fait un avantage très intéressant pour le génie végétal. Hormis le fait que l'anastomose soit parfois à l'origine de l'étranglement d'autres individus [le genre *Ficus* notamment], cette capacité ne présente pas d'inconvénients majeurs.

### 3.4.2. L'état des connaissances sur la flore à La Réunion

L'isolement géographique, les adaptations aux habitats variés, les relations symbiotiques et les événements climatiques et géologiques sont tant de facteurs qui ont façonné l'évolution de la flore indigène et endémique de l'île [Strijk et al., 2012; Baider et al., 2012; Hennequin et al., 2014; Stuessy et al., 2014]. Les plantes endémiques ont évolué pour s'adapter à ces différents habitats, ce qui a conduit à une grande variété de formes et de structures végétales. Les espèces indigènes et endémiques de l'île sont celles qui sont historiquement les plus adaptées au territoire réunionnais. Les millénaires d'évolution en font des espèces capables de résister aux phénomènes climatiques locaux.

Menacées aujourd'hui par l'érosion globale de la biodiversité due en partie à la présence d'espèces exotiques envahissantes [Strasberg 2005; Tassin et al., 2009, Fenouillas 2021] et la fragmentation des habitats naturels, la prise en compte des espèces indigènes dans les ouvrages de génie végétal est à favoriser afin de s'inscrire dans la dynamique et les politiques de conservation et de préserver cette biodiversité unique au monde.

A ce jour, les connaissances sur la flore indigène sont bien documentées. Qu'il s'agisse de la description de sa répartition actuelle et historique [Cadet 1977; Strasberg 2005; Lacoste et Picot 2011; Lacoste et al., 2011; Delbosc et al., 2014; Lacoste et Picot 2014; Lacoste et al., 2021 ] ou des différentes méthodes de production des plants, nombreux sont les ouvrages et articles traitant de ces sujets [Naze et al., 2022]. Néanmoins la mise en place du génie végétal sur l'île implique une nouvelle approche sur la flore, avec plusieurs critères biotechniques, décrits dans le paragraphe précédent, jusqu'alors peu documentés concernant la flore de l'île et notamment :

- le système et développement racinaire de chaque espèce
- la capacité des plantes à se multiplier par bouturage
- la souplesse des rameaux

#### Le système et développement racinaire de la flore à La Réunion

A La Réunion, certaines espèces comme la Jamrosat, *Syzigium jambos*, ou le Filaos, *Casuarina equisetifolia*, ont été historiquement importées pour lutter contre l'érosion des sols alors qu'aujourd'hui elles montrent au contraire une problématique érosive. Le Filaos, *Casuarina equisetifolia*, est une espèce originaire des îles du Pacifique qui a été introduite

dans l'Ouest de l'île pour stabiliser les dunes des plages de Saint-Paul et pour son exploitation comme bois de chauffe et de construction [notamment pour le chemin de fer]. Pourtant utilisé en génie végétal pour stabiliser les sols [Fan et Chen 2010; Dorairaj et al., 2022] comme en Malaisie [Rono et al., 2017], son implantation n'est pas adéquate pour la stabilisation des sols sableux [Tassin et al., 1997]. Ainsi, le système racinaire du Filaos, *Casuarina equisetifolia*, dont les racines denses et profondes [type V, Yen 72], accentuent l'érosion des plages plutôt que d'en retenir le sol. Il en est de même pour le Jamosat, *Syzygium jambos* : historiquement implanté pour la tenue des berges de rivière, le potentiel invasif de cette espèce n'avait pas été évalué. D'après le Groupe Espèces Invasives de La Réunion [GEIR], il fait partie aujourd'hui d'une des espèces les plus envahissantes de l'île [DEAL Réunion, GEIR].

La mise en place du génie végétal à La Réunion implique l'étude du développement racinaire des différentes espèces et de travailler avec des espèces indigènes afin de ne pas reproduire les erreurs du passé et intégrer des espèces non adéquates au milieu traité. En plus de répondre aux futures contraintes techniques, ces travaux permettront d'améliorer les connaissances sur cette thématique jusqu'à ce jour peu étudiée sur le territoire.

#### La capacité des espèces de La Réunion à se multiplier par bouturage

A La Réunion, la dépression génétique est une des raisons de la perte de biodiversité [Garrot et al., 2018; Cuenin, 2019]. En restauration écologique, l'utilisation de boutures est souvent limitée à cause de cette dernière raison. La majorité des plants sont produits par semis direct, mais pour certaines espèces dont la levée de dormance n'est pas toujours maîtrisée, le bouturage est utilisé. De ce fait, les connaissances et les retours d'expériences sur la multiplication par bouturage sont peu documentés et ont nécessité des entretiens avec plusieurs experts botanistes et pépiniéristes [Annexe 2].

Maîtriser et connaître la capacité des espèces à se multiplier par bouturage est nécessaire pour avoir une palette diversifiée lors des travaux en génie végétal. En effet, en génie végétal, des structures comme les fascines ou les couches de branches à rejets sont essentielles sur le plan mécanique et demandent de pouvoir travailler avec des espèces ligneuses qui se bouturent. Des tests en pépinière et sur le terrain devront donc être réalisés pour étayer les dires des experts.

## □ La souplesse des rameaux des espèces de La Réunion

A La Réunion la souplesse des rameaux des espèces indigènes est connue par les experts mais non référencée. Une phase d'observation sur le terrain et des entretiens avec des experts botaniste et/ou pépiniériste sont à prévoir pour en améliorer les connaissances.

Pour les espèces ligneuses les meilleurs candidats pour le génie végétal sont celles qui se reproduisent facilement de manière végétative [boutures, stolons], dont les rameaux souples peuvent permettre l'utilisation de leur branchage comme matériel végétal de fascines, de tressage et de tapis végétaux capable de rejeter et de recouvrir les sols rapidement.

### 3.4.3. Ouverture sur les espèces végétales potentiellement utilisables en génie végétal à La Réunion

Pour répondre à ces questions, une liste d'espèces utilisées en aménagement et connues pour être facilement produites [récolte, semis, et production] ont été répertoriées [Annexe 2]. Différents experts ont été contactés afin d'avoir leur avis et recueillir leurs connaissances sur les caractéristiques énoncées ci-dessus. Ce tableau regroupe l'ensemble des espèces qui présentent des atouts pour le génie végétal. Il se veut évolutif et sera amendé au fur et à mesure de l'étude grâce à la phase de terrain ainsi qu'aux rencontres avec les professionnels et experts. Cependant, une expérimentation en milieu contrôlé est à prévoir afin d'étudier l'ensemble des caractéristiques des différentes espèces potentielles pour le génie végétal. La mise en production dans une ou des pépinières paraît une solution adéquate. A La Réunion, nombreux sont les sites de production de plantes indigènes. A l'avenir, la mise en place de protocoles tests dans ces unités est à prévoir afin d'impliquer les différents acteurs dès la phase test.

#### 4. CONCLUSION

Avec la nécessité de renforcer la résilience des territoires face aux impacts actuels et futurs du changement climatique, les solutions fondées sur la nature, dont le génie végétal fait partie, sont de plus en plus préconisées. Ces techniques bien connues en métropole et à l'international sont depuis quelques années développées dans les territoires ultra-marins. A La Réunion, nous observons un intérêt croissant de la part des gestionnaires des milieux humides envers ces techniques.

Les connaissances approfondies sur la dynamique des bassins versants et la distribution de la flore représentent des atouts cruciaux pour le développement du génie végétal à La Réunion. A partir des résultats des recherches bibliographiques, il semble que la morphodynamique de certains cours d'eau et ravines semble propice au développement de techniques mixtes voire de génie végétal pures [étangs littoraux, ravines et rivières des plaines côtières telles que la rivière Saint-Jean, Sainte-Suzanne ou Bras-Panon]. Les connaissances actuelles sur la flore indigène et endémique nous donnent également une première idée quant à des candidats intéressants à être utilisés dans des techniques de génie végétal [Annexe 2].

Les descriptions actuelles des ripisylves ne fournissent pas une caractérisation suffisante de ces milieux pour soutenir efficacement des travaux de génie végétal. Une étude approfondie de la flore associée à des critères hydromorphologiques semble alors indispensable pour parvenir à une meilleure compréhension des différents habitats rivulaires de l'île et des paramètres biomécaniques de la flore locale utiles à leur intégration dans des ouvrages de génie végétal.

## ANNEXES

Annexe 1 : Tableau des projets de restauration des écosystèmes et d'aménagement à La Réunion depuis 2005	44
Annexe 2 : Tableau des espèces indigènes et endémiques pressenties pour le génie végétal	48

Annexe 1 : Tableau des projets de restauration des écosystèmes et d'aménagement à La Réunion depuis 2005

Porteur	Nom du projet	Objectifs	Date de réalisation	Livrables	Nombre de plants	Espèces	Suivi
Parc national de La Réunion	Aménagement Maison du Parc	Aménagement paysager de la maison du Parc	2010	<a href="#">lien</a>	en attente de retour	14 sur plan	non
Commune de Sainte-Marie	Aménagement Beau Séjour	Aménagement paysagers d'une ZAC avec présence de ravines sèches	2011	<a href="#">lien</a>	en attente de retour	en attente de retour	non
Région Réunion	Route des Tamarins	Aménagement de la route des Tamarins en espèces indigènes et endémiques	2003-2009	<a href="#">lien</a>	600000	en attente de retour	non
Parc national de La Réunion - Conservatoire du Littoral	LIFE+ Corexerun	Restauration écologique sur la zone de la Grande chaloupe	2009-2014	<a href="#">lien</a>	100000	48	oui
Conservatoire Botanique National de Mascarin	RHUM	Mesures en faveur des espèces végétales au bord de l'extinction	2011-2014	<a href="#">lien</a>	en attente de retour	13	en attente de retour
Parc national de La Réunion - Conservatoire du Littoral	LIFE+ Forêt Sèche	Restauration écologique sur la zone de la Grande chaloupe [suite Corexerun]	2014-2020	<a href="#">lien</a>	80000	62	oui
Association Centre d'étude et de découverte des tortues marines [CEDTM]	Réhabiliter les plages de ponte des tortues marines à La Réunion	Réhabiliter les plages de ponte des tortues marines sur 4 sites des plages de l'ouest	2017-2019	<a href="#">lien</a>	7500	7	oui

Porteur	Nom du projet	Objectifs	Date de réalisation	Livrables	Nombre de plants	Espèces	Suivi
Parc national de La Réunion	ESPECE	Mesures en faveur des espèces végétales au bord de l'extinction	2017-2019	<a href="#">lien</a>	en attente de retour	37 dont 19 réintroduites	
Conservatoire du Littoral -Nature Océan Indien (NOI)	LITTOREHAB	Restauration de l'habitat de <i>Phelsuma inexpecta</i> sur les falaises de Petite île	2017-2020	<a href="#">lien</a>	9965 plantés 7750 semés	en attente de retour	oui mais protocole s non stabilisé dans le temps
Commune de Saint Paul	Plan 100000 Arbres	100 000 arbres afin de lutter contre le réchauffement climatique pour réduire les îlots de chaleur	2018 - 2026	<a href="#">lien</a>	16000	en attente de retour	en attente de retour
Mairie du Tampon - CBNM	Endémiel	créer une « route mellifère » de 36 km	2019-2021	<a href="#">lien</a>	61000	40	??
Commune de La Possession	Latania	Sauvegarde et restauration de la dernière forêt naturelle de Lataniers rouges à La Réunion	2019-2022	<a href="#">lien</a>	30000	38	en attente de retour
Association 5000 Pwié dbwa	Plantation citoyenne	Plantation d'arbres indigènes et d'arbres fruitiers	2019-aujourd'hui	-	en attente de retour	en attente de retour	en attente de retour

Porteur	Nom du projet	Objectifs	Date de réalisation	Livrables	Nombre de plants	Espèces	Suivi
Association La Raffinerie	Micro-Forêt	Planter une micro-forêt urbaine sur le site de la friche industrielle de Savana	2020-2022	<a href="#">lien</a>	550	38	oui
Association Parade Réunion	Lutter et planter dans les sites d'escalade de La Réunion	non chiffré	2020-aujourd'hui	<a href="#">lien</a>	inconnu	inconnu	non
Mairie de La Possession	REDPALM	Sauvegarde de la population de lataniers rouges de la ravine balthazar	2021 - 2022	<a href="#">lien</a>	en attente de retour	en attente de retour	en attente de retour
Conservatoire Botanique National de Mascarin-Parc national de La Réunion	SEVE	Mesures en faveur des espèces végétales au bord de l'extinction [suite ESPECE]	2021-2023	<a href="#">lien</a>	840	25 dont 3 réintroduites	oui
Parc national de La Réunion	Renfobiodiv	restauration de forêt tropicale humide de basse altitude à Mare Longue	2021-2023	<a href="#">lien</a>	2205	32	oui
Parc National de La Réunion-Armefflor	Gaiar	expérimenter des modes de gestion et de valorisation agroforestiers sur des terrains en friche, à la frontière entre zones agricoles et espaces naturels.	2021-2023	<a href="#">lien</a>	8141 dont 2320 indigènes	en attente de retour	en attente de retour

Porteur	Nom du projet	Objectifs	Date de réalisation	Livrables	Nombre de plants	Espèces	Suivi
Département Réunion	1 Million d'Arbres	Plantation 1000000 d'espèces indigènes	2021-aujourd'hui	<a href="#">lien</a>	130000 en 2023	en attente de retour	oui mais pas de document
Conservatoire Botanique National de Mascarin	Restaurali	Sauvegarde des habitats littoraux de Pierrefonds	2022-2024	<a href="#">lien</a>	en attente de retour	en attente de retour	en attente de retour
Association Initiative pour la restauration des milieux Insulaires [IRI]	Fonds verts	Gestion de l'ENS de la Plaine des Grègues	2022-aujourd'hui	<a href="#">lien</a>	en attente de retour	en attente de retour	en attente de retour
Conservatoire Botanique National de Mascarin	CEODES.	Mesures en faveur des espèces végétales au bord de l'extinction [suite SEVE]	2023-2026	<a href="#">lien</a>	en attente de retour	en attente de retour	en attente de retour

Annexe 2 : Tableau des espèces indigènes et endémiques pressenties pour le génie végétal

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Mauve	<i>Abutilon extispulare</i>	Arbustive	Fasciculé	Inconnu	Inconnue	Cassants	Bonne	Oui	Forêt sèche	Ne retient pas les sols
Palmiste rouge	<i>Acanthophoenix rubra</i>	Arborée	Pivot	Non	Lente	-	Mauvaise	Oui	Forêt humide de basse et moyenne altitude	Attention au braconnage
	<i>Actiniopteris australis</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu	Ubiquiste	
Fougère latanier	<i>Actiniopteris semiflabellata</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Non	Forêt sèche	
Bois de rempart	<i>Agarista salicifolia</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Cassants	Bonne	Non	Ubiquiste	Retient les sols
Mazambroun marron	<i>Aloe macra</i>	Herbacée	Fasciculé	Non	Lente	Souples	Mauvaise	Oui	Forêt sèche de basse altitude	

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Bois d'osto	<i>Antirhea borbonica</i>	Arbustive	Fasciculé	Oui	Moyennement rapide	Souples	Moyenne	Oui	Tous les habitats forestiers jusqu'à 2000m	
Change écorce	<i>Aphloia theiformis</i>	Arbustive	Fasciculé	Oui	Moyennement rapide	Souples	Moyenne	Oui	Tous les habitats forestiers jusqu'à 2000m	
Asperge sauvage	<i>Asparagus umbellulatus</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu	Forêt sèche et forêt humide de moyenne altitude	
Oseille marronne	<i>Begonia salaziensis</i>	Herbacée	Inconnu	Oui	Inconnue	Souples	Inconnue	Non	Forêt humide de moyenne altitude	
Bois de raisin	<i>Bertiera borbonica</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Inconnu	Inconnue	Oui	Forêt humide basse et moyenne altitude	
Bois de source blanc	<i>Bohermia stipularis</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Rapide	Souples	Inconnue	Oui	Forêts humides	
Takamaka	<i>Calophyllum tacamahaca</i>	Arborée	Inconnu	Non	Inconnue	Inconnu	Inconnue		Forêt humide basse et moyenne altitude	

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Liane cochon	<i>Canavalia rosea</i>	Herbacée	Tiges radicantes	Oui	Rapide	Très souples	Inconnue	Oui	Littoral	
	<i>Carex borbonica</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu	Ubiquiste	
	<i>Carex boryana</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu	Ubiquiste	
	<i>Carex wahlenbergiana</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu	Ubiquiste	
Violette marron	<i>Centella asiatica</i>	Herbacée	Inconnu	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Oui	Ubiquiste	
Bois de merle	<i>Chassalia gaertneroides</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Souples	Moyenne		Forêt humide	Ne retient pas les sols

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Liane boeuf	<i>Cnestis glabra</i>	-	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Souples	Inconnue		Forêt humide moyenne altitude	
Canne marronne	<i>Cordyline mauritiana</i>	Herbacée	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Très Souples	Inconnue	Oui	Forêt humide moyenne altitude	Difficulté à produire en ex-situ malgré itinéraire disponible
Canne marronne	<i>Cordyline mauritiana</i>	Herbacée	Inconnu	Inconnu	Inconnue	oui	difficulté ex-situ	Inconnu	Forêt humide de basse et moyenne altitude	
Citronnelle marron	<i>Cymbopogon caesius</i>	Herbacée	Fasciculé	Inconnu	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu	Ubiquiste	Exotique
Bois malgache	<i>Dendrolobium umbellatum</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Rapide	Souples	Bonne ??	Oui	Sub mangrove	Attention à sa présence dans l'ouest qui est suspecte
Bois d'arnette	<i>Dodonea viscosa</i>	Arbustive	Pivot	Inconnu	Rapide	Souples	-	Oui	Forêt sèche	
Mahot tantan	<i>Dombeya acutangula</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Rapide	Souples	Bonne	Oui	Forêt sèche	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
Bois de gaulette	<i>Doratoxylon apetalum</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Rapide	Souples	Bonne	Oui	Ubiquiste	
Bois de chandelle	<i>Dracaena reflexa</i>	Arbustive	Fasciculé	Oui	Moyennement rapide	Souples	mauvaise	Oui	Ubiquiste	

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Bois rouge	<i>Elaeodendron orientale</i>	Arborée	Pivot	Semble difficile	Lente	Cassants	Moyenne	Oui	Forêt sèche	
Prêle	<i>Equisetum ramosissimum</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patches de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu	Sub mangrove	
Bois de nèfles	<i>Eugenia buxifolia</i>	Arbustive	Pivot, racines profondes	Inconnu	Lente	Cassants	Bonne	Oui	Forêt Sèche/Forêt humide basse et moyenne altitude	
Grand Affouche	<i>Ficus densifolia</i>	Arborée	étrangleur / échassier	Oui	Lente	Souples	Inconnue	Oui	Végétation littorale et submangrove	
Affouche rouge/Figuier rouge	<i>Ficus mauritiana</i>	Arborée	étrangleur / échassier	Oui	Lente	Souples	Inconnue	Oui	Forêt humide de basse et moyenne altitude	
Affouche à petites feuilles	<i>Ficus reflexa</i>	Arborée	étrangleur / échassier	Oui	Lente	Souples	Bonne	Oui	Forêt sèche	
Affouche blanc	<i>Ficus rubra</i>	Arborée	étrangleur / échassier	Oui	Lente	Souples	Inconnue	Oui	Forêt sèche	

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Flagellaire d'Inde	<i>Flagellaria indica</i>	Herbacée	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Très souples	Inconnue	Oui	Forêt humide de basse et moyenne altitude	
Bois de perroquet	<i>Hancea integrifolia</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Souples	Inconnue		Forêt humide moyenne altitude	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
Veloutier bord de mer	<i>Heliotropium foertherianum</i>	Arborée	Fixatrices des sols des plages	Oui	Lente	Moyennement Souples	Mauvaise	Oui	Littoral	
Toto Margot	<i>Heritiera littoralis</i>	Arborée	Contrefort	Inconnu	Inconnue	Cassants	Bonne	Oui	Végétation littorale et submangrove	
Mahot bâtard	<i>Hibiscus boryanus</i>	Arbustive	Inconnu	Semble possible	Moyennement rapide	Cassants	Moyenne	Oui	Forêt basses et moyenne altitude	
Mahot rempart	<i>Hibiscus columnaris</i>	Arborée	Pivot	Oui	Lente	Cassants	Mauvaise	Oui	Forêt sèche	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
Hibiscus à feuilles ovales	<i>Hibiscus ovalifolius</i>	Arbustive	Inconnu	Oui	Moyennement rapide	Moyennement Souples	Inconnue	Oui	Végétation littorale, milieux ouverts le long des rivières	

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Bois de corce blanc	<i>Homalium paniculatum</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Lente		Moyenne	Inconnu	Forêt humide moyenne altitude	
Ambaville	<i>Hubertia ambavilla</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Moyennement rapide	Souples	Bonne	Inconnu	Forêt basse et moyenne altitude	
Bois de fleurs jaunes	<i>Hypericum lanceolatum</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Lente	Cassants	Inconnue	Oui	Milieus forestiers ouverts	
Bois de sable	<i>Indigofera ammoxylum</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Moyennement rapide	Souples	Mauvaise	Oui	Forêt sèche	
Patate à Durand	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Herbacée	Tiges radicantes	Oui	Moyennement rapide	Très souples	Inconnue	Oui	Littoral	
Petit natte	<i>Labourdonnaisia calophylloides</i>	Arborée	Pivot	Inconnu	Lente	Moyennement souple	Bonne	Oui	Forêt humide de basse et moyenne altitude	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
Latanier rouge	<i>Latania lontaroides</i>	Arborée	Pivot	impossible	Lente		Mauvaise	Oui	Forêt sèche	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
Bois de sureau	<i>Leea guinensis</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Rapide	Souples	Bonne	Oui	Forêt sèche	Attention à la souche génétique
Paille sabre	<i>Machaerina iridifolia</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement	Inconnue	Souples	Bonne	Oui	Forêt humide de moyenne et haute altitude	Espèce facilitatrice de l'implantation du Bois

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
				de patchs de rhizomes						de piment et de l'Ambaville
Bois de maman	<i>Maillardia borbonica</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Souples	Inconnue	Inconnu	Forêt humide de basse et moyenne altitude	
Fougère Patte lézard	<i>Microsorium scolopendria</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Moyennement rapide	Très souples	Inconnue	Oui	En dessous de 600m	
Grand natte	<i>Mimusops balata</i>	Arborée	Pivot	Inconnu	Lente	Moyennement Souples	Bonne, manque disperseur	Oui	Forêt humide	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
-	<i>Nephrolepis abrupta</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue		Ubiquiste	
Fougère rivière	<i>Nephrolepis biserrata</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Non	Ripisylve	

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Bois d'ortie	<i>Obetia ficifolia</i>	Arborée	Pivot	Oui	Moyennement rapide	Souples	Bonne	Oui	Forêt sèche	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
Bois de cannelle marron	<i>Ocotea obtusata</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Souples	Inconnue	Inconnu	Forêt humide de basse et moyenne altitude	
Bois d'olive noir	<i>Olea europaea</i>	Arbustive	Pivot	Non	Lente	Cassants	Mauvaise	Oui	Forêt sèche	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
Bois d'olive blanc	<i>Olea lancea</i>	Arbustive	Pivot	Non	Lente	Cassants	Mauvaise	Oui	Forêt sèche et de moyenne altitude	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
	<i>Oplismenus hirtellus</i>	Herbacée	Inconnu	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Oui	Ubiquiste	
Vacoa des hauts	<i>Pandanus purpurascens</i>	Arbustive	Inconnu	Marcotage naturel	Lente	Moyennement Souples	Bonne	Oui	Forêt humide de basse et moyenne altitude	
Petit vacoa	<i>Pandanus sylvestris</i>	Arbustive	Structure échassier	Marcotage naturel	Lente	Moyennement Souples	Bonne	Oui	Forêt sèche et Forêt humide de basse et moyenne altitude	Longtemps considéré comme une espèce du cortège semi-sec, c'est en faite une espèce de

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
										forestière hygro-indifférente
Vacoa	<i>Pandanus utilis</i>	Arbustive	Structure échassier	Marcotage naturel	Lente	Moyennement Souples	Bonne	Oui	Littoral	
Riz marron	<i>Paspalum geminatum</i>	Herbacée	Stolons	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu	Prairie humide	
Riz marron	<i>Paspalum vaginatum</i>	Herbacée	Stolons	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu	Rivulaire/lentique	
Bois de demoiselle	<i>Phyllanthus phillyreifolius</i>	Arbustive	Inconnu	Semble possible	Inconnue	Souples	Bonne	Oui	Forêt humide de basse et moyenne altitude	Candidat idéal pour les ripisylves
Bois de demoiselle	<i>Phyllanthus casticum</i>	Arbustive	Fasciculé	Oui	Rapide	Moyennement Souples	Bonne	Oui	Forêt sèche	
Bois joli coeur	<i>Pittosporum senacia</i>	Arbustive	Inconnu	Semble possible	Moyennement rapide	Souples	Bonne	Oui	Forêt sèche et Forêt humide de	

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
									basse et moyenne altitude	
Bois d'éponge	<i>Polyscias cutispongia</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Lente	Souples	Bonne	Oui	Forêt sèche	Peut être utilisé au niveau structurel comme le bois de papaye, <i>Polyscias repanda</i> , dans l'est
Bois de papaye	<i>Polyscias repanda</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Souples	Inconnue	Inconnu	Forêt humide basse et moyenne altitude	
Zévi marron	<i>Poupartia borbonica</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Rapide	Souples	Bonne	Oui	Forêt Sèche	
Bois de fièvre	<i>Pouzolzia laevigata</i>	Arbustive	Pivot	Oui	Rapide	Souples	Bonne	Oui	Forêt sèche	Ne retient pas les sols mais est capable de s'implanter dans les milieux de ripisylves rocheux
Ti mangue	<i>Psiadia dentata</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Souples	Inconnue	Oui	Forêt sèche et de moyenne altitude	Ne retient pas les sols

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Fougère aigle	<i>Pteridium aquilinum</i>	Herbacée	Rhizomes	oui par prélèvement de patchs de rhizomes	Inconnue	Très souples	Inconnue	Non	Ubiquiste	
Bois de senteur blanc	<i>Ruizia cordata</i>	Arbustive	Pivot	Oui	Moyennement rapide	Moyennement Souples	Moyenne	Oui	Forêt Sèche	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
Magnioc bord de mer	<i>Scaevola taccada</i>	Arbustive	Fasciculé?	Inconnu	Inconnue	Souples	Inconnue	Oui	Littoral	Très bonne couverture du sol
Manioc marron	<i>Scaevola taccada</i>	Herbacée	Inconnu	Oui	Rapide	Très souples	Inconnue	Oui	Littoral	
Sclerie de Sieber	<i>Scleria sieberi</i>	Herbacée	Fasciculé	Inconnu	Inconnue	Très souples	Inconnue	Inconnu		
Bois de sinte	<i>Scutia myrtina</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Inconnue	Souples	Inconnue	oui	Forêt Sèche	
Bois dur	<i>Securinea durissima</i>	Arbustive	Pivot	Inconnu	Lente	Cassants	Bonne	oui	Forêt sèche et de moyenne altitude	Très solide
Bois de pomme blanc	<i>Syzygium borbonicum</i>	Arborée	Contrefort	Inconnu	Lente	Inconnu	Inconnue	Inconnu	Forêt humide de basse altitude	Bon candidat pour l'aménagement des berges
Bois de pomme rouge	<i>Syzygium cymosum</i>	Arborée	Contrefort	Inconnu	Lente	Inconnu	Inconnue	Inconnu	Forêt humide de basse et moyenne altitude	

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Strate	Système racinaire	Bouturage	Croissance	Flexibilité du bois et des rameaux	Capacité de régénération	Itinéraire de production connu / documenté	Milieu	Remarques experts
Benjoin	<i>Terminalia bentzoë</i>	Arborée	Pivot	Inconnu	Rapide	Moyennement souple	Moyenne	Oui	Forêt sèche	Adapté aux pentes mais pas hygrophile
Porcher	<i>Thespesia populnea</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Rapide	Souples	Bonne	Oui	Sub mangrove	Très bon candidat des zones lenticques
Mahot bord de mer	<i>Tilipariti tiliaceum</i>	Arbustive	Inconnu	Inconnu	Rapide	Souples	Bonne	Oui	Sub mangrove	Très bon candidat des zones lenticques
Typha / macette australe	<i>Typha domingensis</i>	Arbustive	Rhizomes	Inconnu	Inconnue	Souples	Bonne	Inconnu	Sub mangrove	Très bon candidat des zones lenticques
Gros patte poule	<i>Vepris lanceolata</i>	Arborée	Inconnu	Inconnu	Lente	Moyennement souple	Mauvaise	Oui	Forêt sèche	Adapté aux pentes mais pas hygrophile

## BIBLIOGRAPHIE

- Adam, P. , Debiais, N., Gerber, F., Lachat, B. 2008. Le génie végétal, un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques, Paris, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, La Documentation française, 290 p.
- Antea, Ocea Consult', Hydrétudes, Ecogea. Évaluation de la continuité écologique des 13 rivières pérennes de la Réunion. Rapports pour la DEAL Réunion Service Eau et Biodiversité, 2011.
- Are, K. S., Adelana, A. O., Adeyolanu, O. D., Oyeogbe, I. A., & Adelabu, L. [2012]. Comparative Effects of Vetiver Grass [Chrysopogon Zizanioides] Strips, Vetiver Mulch and Veticompost on Soil Quality and Erodibility of a Sloping Land. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 45[4].
- ASCONIT-ECODDEN-PARETO 2014 - Etude préalable d'identification et de cartographie des réseaux écologiques à la Réunion. Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de la Réunion.
- Aubert, Y., Fine, J.-A., Arnaud, P., & Organde, D. s. d. 'Création d'une base de données SHYREG-débit sur la Réunion.'
- Aubie, S, et M Cruchet. s. d. « Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche BRGMTERRE 02 RIS R10 ».
- Augusseau, X., Bourgoïn, J., David, D., Degenne, P., Lagabrielle, E., Lestrelin, G., & Lo Seen, D. [2018]. Modèles et simulations spatio-temporels comme objets intermédiaires: le cas de l'étalement urbain à la Réunion.

- Autrey, J. C. 2008. *Flore des Mascareignes: La Réunion, Maurice, Rodrigues ; Ptéridophytes ; 1. Psilotacées à 26. Marsiléacées*. IRD Editions.
- Baider, C., Florens, F. B. V., Baret, S., Beaver, K., Matatiken, D., Strasberg, D., & Kueffer, C. 2010. Status of plant conservation in oceanic islands of the western Indian Ocean.
- Baret, S., Lavergne, C., Fontaine, C., Saliman, M., Hermann, S., Triolo, J., Bazil, S., et al. .2012. Une méthodologie concertée pour la sauvegarde des plantes menacées de l'île de la Réunion. *Revue d'Écologie [La Terre et La Vie]*, 11[1], 85-100.
- Baudoin, J. M., L. Boutet-Berry, M. Cagnant, K. Kreutzenberger, F. Lamand, J. R. Malavoi, P. Marmonier, C. Pénil, C. Rivière, et M. Sadot. 2015. « CARHYCE: CARactérisation hydromorphologique des Cours d'Eau Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur des cours d'eau prospectables à pied ». *Version 3*: 54.
- Belle, Pierre, Bertrand Aunay, Séverine Bernardie, Gilles Grandjean, Bernard Ladouche, Romain Mazué, et Jean-Lambert Join. 2014. « The Application of an Innovative Inverse Model for Understanding and Predicting Landslide Movements [Salazie Cirque Landslides, Reunion Island] ». *Landslides* 11 [3]: 343-55.
- Bertile, William. 'Histoire de la ville à La Réunion: les spécificités de l'espace public.' Agorah [2009]. Disponible sur : [https://www.agorah.com/upload/archives/Etude\\_2009/05\\_ville\\_reunionnaise/espace\\_public/HistoiredelavilleaLaReunionWBertile.pdf](https://www.agorah.com/upload/archives/Etude_2009/05_ville_reunionnaise/espace_public/HistoiredelavilleaLaReunionWBertile.pdf)
- Bonin, L., A. Evette, P. A. Frossard, P. Prunier, D. Roman, et N. Vale. 2013. « Génie végétal en rivière de montagne: connaissances et retours d'expériences sur

l'utilisation d'espèces et de techniques végétales: végétalisation de berges et ouvrages bois ».

Bravard, J.-P. 1998. Le temps et l'espace dans les systèmes fluviaux, deux dimensions spécifiques de l'approche géomorphologique. *Annales de géographie* 107, no. 599: 3-15.

BRGM. Schéma départemental des carrières de La Réunion. Rapport BRGM 97REU28 - R 93600 - Rapport d'étape n°2. Juillet 1997.

Broudic L., Pinault M., Claud R. UTOPIAN 2023-2024 - État Écologique des récifs coralliens de La Réunion, 2023.

Bumseng, G., & Kaoh, P. 2018. 'A sustainable solution to soil erosion in Vanuatu.' *CTA Experience Capitalization Series*

Burylo, M., F. Rey, C. Roumet, E. Buisson, et T. Dutoit. 2009a. « Linking Plant Morphological Traits to Uprooting Resistance in Eroded Marly Lands [Southern Alps, France] ». *Plant and Soil* 324 [1-2]: 31-42.

Cadet, T. 1977. *La végétation de l'île de La Réunion: étude phytoécologique et phytosociologique.*

Canadell, J., R. B. Jackson, J. B. Ehleringer, H. A. Mooney, O. E. Sala, and E.-D. Schulze [1996], Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale, *Oecologia*, 108[4], 583-595.

Capilleri, P. P., Motta, E., & Raciti, E. 2016. 'Experimental study on native plant root tensile strength for slope stabilization.' *Procedia Engineering* 158: 116-121.

- Catry, T., & Besnard, A. 2015. 'Suivi de la tâche urbaine de Saint-Denis de La Réunion: apports de la mission PLEIADES.' *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection* 209: 89.
- CAUE de La Réunion. 2024. '350 ans d'architecture à l'île de La Réunion.' CAUE de La Réunion. Consulté le 18 avril 2024. Disponible sur : <https://www.caue974.com/nl/portail/356/observatoire/46725/ouvrage-350-ans-darchitecture-a-lile-de-la-reunion.html>
- Cazzuffi, D., Cardile, G., & Giofrè, D. 2014. 'Geosynthetic Engineering and Vegetation Growth in Soil Reinforcement Applications.' *Transportation Infrastructure Geotechnology* 1, no. 3-4: 262-300.
- Clark, J., & Hellin, J. 1996. 'Bio-engineering for effective road maintenance in the Caribbean.' Natural Resources Institute [NRI].
- Colin, P. L. 2020. 'L'influence des différents cortèges floristiques de la ripisylve sur la composition des communautés aquatiques [crustacés et poissons].' Doctoral dissertation, Université Des Antilles.
- Coppin, N. J., & Richards, I. G. 1990. *Use of vegetation in civil engineering*. Ciria Butterworths.
- Cuénin, N. 2020. *Dynamique de la restauration écologique de la forêt semi-xérophile de La Réunion*. Thèse de doctorat, Université de la Réunion.
- Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de La Réunion [DEAL Réunion]. 'Vigicrues Réunion.' 2018. [www.vigicrues-reunion.re](http://www.vigicrues-reunion.re).

Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de La Réunion  
[DEAL Réunion]. 'Groupe Espèces Invasives de La Réunion.'

[www.especiesinvasives.re](http://www.especiesinvasives.re)

Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de La Réunion  
[DEAL Réunion]. Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux  
2022-2027.

Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement [DEAL Martinique],  
Service Paysage Eau et Biodiversité, Pôle de la Police de l'Eau .2012. "Guide  
d'aménagement des milieux aquatiques de la Martinique par les techniques du  
génie végétal" Avril 2012

De Brito Galvão, T., Teixeira Coelho, A., Borel De Menezes, G., & Brandão De Fonseca,  
Ê. 2018. 'Study of Erosion Control Techniques Applied to Hydroelectric Power  
Plants Reservoir Margins.' *Athens Journal of Sciences* 4, no. 4: 329-342.

Degoutte, G. 2006. *Diagnostic, aménagement et gestion des rivières: hydraulique et  
morphologie fluviale appliquées.*

Delage, C., Evette, A., Baillin, M., Jaunatre, R., Jaymond, D., & Huygue, G. 2019. 'Quels  
semis pour le génie végétal sur les berges de cours d'eau?' *Sciences Eaux &  
Territoires*, no. Hors Série 59: 1-6.

Demenois, J., Carriconde, F., Rey, F., & Stokes, A. 2017. *Erosion, traits racinaires et  
mycorhizes: vers une meilleure compréhension des interactions pour la  
restauration écologique des forêts tropicales.*

Deval, J. Leroy. 1973. « Les liaisons et anastomoses racinaires ». *BOIS & FORETS DES  
TROPIQUES* 152: 37-49.

- Diti, H. 1999. « 15 Years of Bio-Engineering in the Wet Tropics ». In *First Asia-Pacific Conference on Ground and Water Bio-engineering*.
- Dorairaj, D., Govender, N., & Osman, N. 2022. 'Soil and Water Bioengineering Technique for Urban Forestry and Mitigation of Natural Hazards.' In *Urban Forestry and Arboriculture in Malaysia*, edited by S. Maruthaveeran, W. Y. Chen, & J. Morgenroth, 205–221. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Dupont, Messie. 2021. « La représentation des risques naturels majeurs des bassins versants de La Réunion ».
- Durán Zuazo, V. H., & Rodríguez Pleguezuelo, C. R. 2008. 'Soil-Erosion and Runoff Prevention by Plant Covers. A Review.' *Agronomy for Sustainable Development* 28, no. 1: 65–86.
- .Durlo, M. A. 2014. *Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água*. Fabrício J. Sutili.
- Duvoisin, J. 'La Réunion. L'endiguement des grandes ravines sur leur cône de déjection.' *Journées de l'hydraulique* 23, no. 2 [1994]: 413-419.
- Élevage, CIRAD-Pôle. « Guide technique pour la création, la gestion et la valorisation des prairies à la Réunion ». Consulté le 7 mars 2024.
- Evette, A., F. Baz, P. Cavallé, P. Frossard, & P. Raymond. 2015. 'Quelles techniques pour végétaliser des enrochements de berges de cours d'eau?' *Sciences Eaux & Territoires Hors Série*.
- Evette, A., Frossard, P.-A., Valé, N., Leblois, S., & Recking, A. 2017. 'Oser le génie végétal en rivière de montagne-Retour d'expérience sur les ouvrages Géni'Alp.' *Sciences Eaux & Territoires*, no. Hors série: 32.

- Evette, A., Piton, G., Janssen, P., Dommanget, F., Popoff, N., Jaymond, D., Guilloteau, C., Leblois, S., de Danieli, S., & Recking, A. 2022. 'Le génie végétal sur les berges des cours d'eau: des techniques aux multiples bénéfiques.' *Comprendre pour agir*
- Evette, A., Zanetti, C., Cavallé, P., Dommanget, F., Mériaux, P., & Vennetier, M. 2014. 'La gestion paradoxale des ripisylves des cours d'eau de piedmont alpin endigués: Gestion sécuritaire ou promotion de la biodiversité.' *Revue de géographie alpine*, no. 102-4 [mars]
- Fan, C.-C., & Chen, Y.-w. 2010. 'The effect of root architecture on the shearing resistance of root-permeated soils.' *Ecological Engineering* 36, no. 6: 813–826.
- Faivre, L., Moullama, A., Forcellini, M., Lamouroux, N., & Valade, P. 2019. 'Etude des préférences d'habitat des espèces piscicoles et caractérisation des rivières de La Réunion - PHACAR. Rapport final OCEA, Office de l'Eau, FDAAPPMA 974 et IRSTEA, Volet A : Préférences d'habitat, 114p
- Faure, G. 'Recherche sur les peuplements de scléactiniaires des récifs coralliens de l'archipel des Mascareignes [océan Indien occidental].' Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille II, Marseille, 1982.
- Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux aquatiques de La Réunion, *Plan départemental de Protection des milieux aquatiques et de gestion des ressources piscicoles 2021-2026* [2021]
- Fenouillas, Pauline. 2021. « *Identification des enjeux de conservation et priorisation des actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes à La Réunion* ». PhD Thesis, La Réunion.

- Frossard, P., et Evette, A. 2009. « Le génie végétal pour la lutte contre l'érosion en rivière : une tradition millénaire en constante évolution ». *Ingénieries - Eau Agriculture Territoires* Numéro Spécial : Ecologie de la restauration et ingénierie écologique [janvier]: 99-109
- .Galvão, T. C. De Brito, Coelho, A. T., Menezes, G. B. de, & Fonseca, Ê. M. Brandão de. 2018. 'Study of Erosion Control Techniques Applied to Hydroelectric Power Plants Reservoir Margins.' *Athens J. Sci.* 5: 329–342.
- Garot, E., Joët, T., Combes, M.-C., & Lashermes, P. 2019. 'Genetic Diversity and Population Divergences of an Indigenous Tree [*Coffea Mauritiana*] in Reunion Island: Role of Climatic and Geographical Factors.' *Heredity* 122, no. 6: 833–847.
- Gatera, Y. 2021. « Developing guidelines for the protection of cut slope and embankment for roads in Rwanda ». PhD Thesis, College of science and Technology.
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., ... & Dixon, K. 2019. International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration ecology*, 27[S1], S1-S46.
- Gauzin-Müller. 2014. “Le défis de Beauséjour, une ville tropicale durable à La Réunion” © CBo Territoria 2014 - ISBN Groupe Eyrolles 978-2-212-13918-1 - numéro éditeur 9209
- Gayet, G., Baptist, F., Baraille, L., Caessteker, P., Clément, J.-C., Gaillard, J., Gaucherand, S., Isselin-Nondedeu, F., Poinot, C., & Quétier, F. 2016. 'Méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides. Fondements théoriques, scientifiques et techniques.' Onema, MNHN 310.

- Gob, F., Bilodeau, C., Thommeret, N., Belliard, J., Albert, M.-B., Tamisier, V., Baudoin, J.-M., & Kreutzenberger, K. 2014. 'Un outil de caractérisation hydromorphologique des cours d'eau pour l'application de la DCE en France [CARHYCE].' *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 20, no. 1: 57-72
- Gray, Donald H., et Robbin B. Sotir. 1996. *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control*. John Wiley & Sons.
- Grondin, A. 2021. 'Biologie et écologie des principales espèces migratrices amphihalines de La Réunion.' FDAAPPMA 974.
- Gurnell, A. 2014. « Plants as River System Engineers ». *Earth Surface Processes and Landforms* 39 [1]: 4-25.
- Gyssels, G., J. Poesen, E. Bochet, et Y. Li. 2005. « Impact of Plant Roots on the Resistance of Soils to Erosion by Water: A Review ». *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 29 [2]: 189-217.
- Hennequin, S., Kessler, M., Lindsay, S., & Schneider, H. 2014. 'Evolutionary Patterns in the Assembly of Fern Diversity on the Oceanic Mascarene Islands.' *Journal of Biogeography* 41, no. 9: 1651-1663. Édité par José María Fernández-Palacios.
- Holanda, F. S. R., Araújo Filho, R. N. de, Pedrotti, A., Wilcox, B. P., Marino, R. H., & Santos, L. D. V. 2021. 'Soil Bioengineering in Northeastern Brazil: An Overview.' *Revista Ambiente & Água* 16 [août]: e2650.
- Howell, J. 1999. *Roadside bio-engineering*. His Majesty's Government of Nepal, Department of Roads

- . Hubble, T., Clarke, S., Stokes, A., & Phillips, C. 2017. '4th International Conference on soil bio-and eco-engineering [SBEE2016] 'The Use of Vegetation to Improve Slope Stability'.' *Ecological Engineering* 109: 141-144.
- Hulvey, K. B., Leger, E. A., Porensky, L. M., Roche, L. M., Veblen, K. E., Fund, A., Shaw, J., & Gornish, E. S. 2017. 'Restoration Islands: A Tool for Efficiently Restoring Dryland Ecosystems?' *Restoration Ecology* 25 [S2].
- Jauze, J.-M. 2005. 'L'urbanisation de l'île de la Réunion : évolution et modèles de villes.' *Cahiers de géographie du Québec* 42 [116]: 195-221.
- Jaymond D., Evette A., Bray F., Leblois S., Jung D., Vivier A., et Dorget C., 'BD geniveg : une base de données française sur les ouvrages de protection de berges en génie végétal,' *Sciences Eaux & Territoires*, numéro hors-série 78. 2021.
- Keller, Gordon, et James Sherar. 2008. *Ingeniería de Caminos Rurales: Guía de Campo Para Las Mejores Prácticas de Gestión de Cambios Rurales*. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y transportes.
- Kreutzenberger, Karl, Pierre Sagnes, Pierre Valade, et Bruno Voegtli. 2019. *Évaluer le franchissement des obstacles par les poissons et les macro-crustacés dans les départements insulaires ultramarins. Principes et méthode*. 34. Agence française pour la biodiversité [service éditions].
- Lachat, B. 1994 « Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales ». Ministère de l'environnement.
- Lacoste, M., & Picot, F. 2011. *Cahiers d'habitats de La Réunion : étage altimontain*. Rapport technique non publié n° 7, Conservatoire Botanique de Mascarin, Saint-Leu, Réunion.

- Lacoste, M., Delbosc, P., & Picot, F. 2011. *Cahiers d'Habitats de La Réunion : zones humides*. Rapport technique non publié n° 6, Conservatoire Botanique de Mascarin, Saint-Leu, Réunion.
- Delbosc, P., Lacoste, M., & Picot, F. 2011. *Cahiers d'habitats de La Réunion : étage Littoral*. Rapport technique non publié n° 5, Conservatoire Botanique de Mascarin, Saint-Leu, Réunion.
- Lacoste, M., & Picot, F. 2014. *Cahiers d'habitats de La Réunion : étage mégatherme semi-xérophile*. Conservatoire Botanique de Mascarin, Saint-Leu, Réunion.
- Lacoste, M., Féard, J., Fontaine, C., Picot, F., Rochier, T., & Oudin, D. 2021. *Cahiers d'habitats de La Réunion : étage mésotherme*. Conservatoire Botanique de Mascarin, Saint-Leu, Réunion.
- Leblois, S., Evette, A., Recking A., Favier, G., 2016. « Amélioration des méthodes de dimensionnement des ouvrages de génie végétal en berges de cours d'eau par une approche empirique ». *Sciences Eaux & Territoires*, 2016, no Articles hors-série 2016, p. 1-7.
- Leblois, S., Evette, A., Jaymond, D., Piton, G., & Recking, A. 2022. 'Processus et causes de défaillance du génie végétal pour la stabilisation des berges de rivière : retour d'expérience sur un large jeu de données issues de la BD GeniVeg.' *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 28, no. 2: 105-120.
- Ledoux, B. 1994. 'Les études de vulnérabilité dans la cartographie réglementaire des inondations à la Réunion : approche méthodologique, études de cas et réflexion sur leur finalité.' *Revue de Géographie Alpine* 82, no. 4: 167-177.

- Lorion, D. 2006. « Les crues et les divagations torrentielles, entre fatalité et prévention. Prévision et surveillance des crues torrentielles de l'île de La Réunion ».
- Lorion, D., Unterner, R., & Nédellec, J.-L. 1999. 'Erosion insulaire et mouvements de versants, risques induits et modes de prévention.'
- Maïga, A. Y., Timbély, D., Sénou, O., Kouyaté, A. M., Maïga, A. S., Keïta, M., Dembélé, F., Coulibaly, D., Yossi, H., & Traoré, D. 2020. 'Identification d'espèces végétales appropriées pour la fixation des berges et la récupération des terres dégradées dans le système de décrue du cercle de Yélimané».
- Malavoi, J. R., et Y. Souchon. 2002. « Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques.. » *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, n° 365-366: 357-72.
- Mandal, D., Srivastava, P., Giri, N., Kaushal, R., Cerda, A., & Alam, N. M. 2016. 'Reversing Land Degradation through Grasses: A Systematic Meta-Analysis in the Indian Tropics.'
- Maxwald, M., Crocetti, C., Ferrari, R., Petrone, A., Rauch, H. P., & Preti, F. 2020. 'Soil and water bioengineering applications in Central and South America: A transferability analysis.' *Sustainability* 12, no. 24: 10505..
- Météo France, « Pluies extrêmes en France métropolitaine et outre-mer », consulté le 09/01/2024, <http://pluiesextremes.meteo.fr/>.

Ministère du logement et de l'aménagement du territoire en charge des transports interinsulaires, Service de l'Aménagement et de l'Urbanisme. 2019. Schéma d'aménagement général de la Polynésie française, Livre I.

Mira E. 2023. « Suivi de l'ouvrage de génie végétal, rivière Lézarde, Petit Bourg Guadeloupe ».

Naze, M., Rivière, E., Franck, A., Rouget, M., Fock-Bastide, I., Reynaud, M., & Da Costa Castro, R. 2022. 'Valorisation durable des plantes indigènes et endémiques de La Réunion: de la multiplication à la plantation.' CIRAD Réunion.

Office de l'Eau Réunion, "Le système d'information sur l'eau du Bassin Réunion" [SIR], 2019, <https://donnees.eaureunion.fr/>

Office de l'Eau Réunion. 2019. Etat des lieux 2019, description et état des cours d'eau

Office de l'Eau Réunion. 2021. Les chroniques de l'eau. n°115 - 2 septembre 2020

Office de l'Eau Réunion. 2021. Les chroniques de l'eau. n°120 - 18 mai 2021

Office national des forêts Martinique. 2022. Restauration des ripisylves et lutte contre l'érosion des berges. Guide technique en génie végétal, choix d'essences locales et adaptées à La Martinique.

Office national des forêts Réunion. La Réunion : un chantier vertigineux de lutte contre l'érosion dans la ravine des Merles». 4 mai 2021. <https://www.onf.fr/produits-services/etudes-de-cas/+/b81::chantier-vertigineux-de-lutte-contre-lerosion-dans-la-ravine-des-merles.html>

- Ola, A., Dodd, I. C., & Quinton, J. N. 2015. 'Can we manipulate root system architecture to control soil erosion?' *Soil* 1, no. 2: 603–612.
- Parc national de La Guadeloupe, Projet Protéger, Génie Végétal Caraïbe, <https://genie-vegetal-caraibe.org/le-projet-proteger/>.
- Peeters, Alexandre, Geoffrey Houbrechts, Eric Hallot, Jean Van Campenhout, Gisèle Verniers, et François Petit. 2018. « Efficacité et résistance de techniques de protection de berges en génie végétal ». *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 24 [2].
- Peeters, A., Verniers, G., Houbrechts, G., Hallot, E., & Petit, F. 2020. Protections de berges en génie végétal: Conception, application, suivi et recommandations
- Petit, F., Hallot, E., Mols, J., & Houbrechts, G.. 2005. Evaluation des puissances spécifiques de rivières de moyenne et de haute Belgique. *Bulletin de la Société géographique de Liège*.
- Piégay, H., Darby, S.E., Mosselman, E., Surian, N. 2005 'A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion.' *River Research and Applications* 21, no. 7.
- Pinto, A., Fernandes, L.F.S., Maia, R. 'Monitoring Methodology of Interventions for Riverbanks Stabilization: Assessment of Technical Solutions Performance.' *Water Resources Management* 30, no. 14 [2016]: 5281-5298.
- Plan de Gestion du Risque Inondation [PGRI] 2022.' Réunion - Site de la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Réunion.
- Préfecture de La Réunion. *Guide de bonnes pratiques pour les interventions en ravine: À l'intention des associations et des collectivités*. Juillet 2010.

- Raoul, C. 2000. « Mise en place d'un modèle conceptuel pour le bassin versant expérimental de Bras Panon [Ile de La Réunion] ».
- Recking et Duchene, Institut National De Recherche Pour L'agriculture, L'alimentation Et L'environnement [INRAE] et Office Français de la Biodiversité [OFB], "BedloadWeb", 2021, <https://www.bedloadweb.com/>
- Reubens, B., Poesen, J., Danjon, F., Geudens, G., & Muys, B. 2007. 'The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review.' *Trees* 21, no. 4: 385-402.
- Richards, I. G., et N. J. Coppin, éd. 2007. *Use of Vegetation in Civil Engineering*. Reprinted 2007. CIRIA C708 C708. London: CIRIA.
- Robert, M. 2021. « Savanes et ravines du bas versant sous le vent de La Réunion: pour une approche paysagère des dynamiques végétales: le cas du *Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit ». PhD Thesis, Université Michel de Montaigne-Bordeaux III.
- Rolland G., Vignerot B. 2023. Guide des bonnes pratiques pour l'aménagement des cours d'eau et ravines. Projet LESELAM
- Rono, H. J., Sujono, J., Jayadi, R., & Supraba, I. 2017. 'A case study of water system to support land reclamation using bioengineering method on coastal area in Bantul Regency, DIY.'
- Roose, E. 1972 « Comparaison des causes de l'érosion et des principes de lutte antierosive en région tropicale humide, tropicale sèche et méditerranéenne. »
- Saavedra, F. G., Vallarino, R., Mejía, G., & Centella, D. 2021. 'Bioingeniería de taludes: evaluación del uso de árboles y arbustos como posible mecanismo para

incrementar el factor de seguridad.' *Revista de Iniciación Científica* 7, no. 2: 26-38

Service Central D'hydrométéorologie Et D'appui À La Prévision Des Inondations [SCHAPI], "Hydroportail", 2022, <https://hydro.eaufrance.fr/>

Schiechtl, H. M., Stern, R., & Jaklitsch, L. 1997. *Water Bioengineering Techniques: For Watercourse, Bank and Shoreline Protection*. Blackwell Science Oxford.

Schiechtl, H.M., & Stern, R. 1996. 'Ground Bioengineering Techniques for Slope Protection and Erosion Control.'

Schirlé, A. 1962. « Une technique de protection des berges ». *BOIS & FORETS DES TROPIQUES* 81: 9-17.

Schirrer, Mary. 2008. « L'eau et les réunionnais: De l'importance des histoires socioculturelles ». *Etudes rurales* 181 [1]: 149-62.

Schmidt, L., Bravard, J. J., & Rey, F. 2013. Maîtriser les évolutions du lit des cours d'eau [incision, atterrissement,...] et mieux gérer les formes fluviales. Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques: Pourquoi? Comment? Chocat, B.[coord], p-84.

Sellier, D. 2016. « Une sélection de géomorphosites dans l'île de La Réunion en fonction de critères morphodynamiques ». *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, n° Volume 10 [janvier]: 105-33.

Solicaz. 2012. Projet GUYAFIX "Mise en place d'une production de plantes fixatrices d'azote endémiques de Guyane pour la restauration des sites dégradés" Rapport final 2012-2014.

- Soti V., Botta A. 2005. « Contribution de la télédétection au suivi de la sensibilité des sols à l'érosion à l'échelle d'un bassin versant [île de La Réunion] ». Article de périodique. CIRAD. Consulté le 8 avril 2024.
- Stokes, A., Atger, C., Bengough, A. G., Fourcaud, T., & Sidle, R. C. 2009. 'Desirable Plant Root Traits for Protecting Natural and Engineered Slopes against Landslides.' *Plant and Soil* 324, no. 1-2: 1-30.
- Strasberg, D., Rouget, M., Richardson, D., Baret, S., & Dupont, J. 2005. 'An Assessment of Habitat Diversity and Transformation on La Reunion Island [Mascarene Islands, Indian Ocean] as a Basis for Identifying Broad-scale Conservation Priorities.' *Biodiversity and Conservation* 14, no. novembre: 3015-3032.
- Strijk, J. S., Noyes, R. D., Strasberg, D., Cruaud, C., Gavory, F., Chase, M. W., Abbott, R. J., & Thébaud, C. 2012. 'In and out of Madagascar: Dispersal to Peripheral Islands, Insular Speciation and Diversification of Indian Ocean Daisy Trees [*Psiadia*, Asteraceae].' *PLOS ONE* 7, no. 8: e42932.
- Stuessy, Tod F., Koji Takayama, Patricio López-Sepúlveda, et Daniel J. Crawford. 2014. « Interpretation of patterns of genetic variation in endemic plant species of oceanic islands ». *Botanical Journal of the Linnean Society* 174 [3]: 276-88.
- Suárez, J. 2001. « Control de erosión en zonas tropicales ». *Universidad Industrial de Santander, [UIS]*.
- Tamisier, Vincent, Scarlett Raufaste, Frederic Gob, Nathalie Thommeret, et Clelia Bilodeau. 2017. Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau français d'outremer [Carhyce]. Spécificités, modalités d'application et valorisation des

données Carhyce pour la construction d'un outil d'aide à la gestion des cours d'eau.

Tassin, J., Hervé, C., Lesueur, D., & Rivière, J.-N. 1997. 'Le dépérissement du Filao à la Réunion.' Consulté sur: <https://agritrop.cirad.fr/389105>.

Tassin, J., Triolo, J., Blanfort, V., & Lavergne, C. 2009. 'L'évolution récente des stratégies de gestion des invasions végétales à l'île de la Réunion.' *Revue d'Ecologie, Terre et Vie* 64, no. 2: 101-115.

Union Internationale pour la Conservation de la Nature [UICN].2016. 'Les aires protégées de La Réunion: Un guide des bonnes pratiques.' [consulté le 27/01/2024]. Disponible sur : [https://uicn.fr/wp-content/uploads/2017/06/best-pe\\_lareunion.pdf](https://uicn.fr/wp-content/uploads/2017/06/best-pe_lareunion.pdf)

Valade, P. et Hoarau, P. 2018. 'Plan Directeur de Conservation en faveur des Anguillidae à l'île de La Réunion 2018-2027.' Pour le compte de La DEAL Réunion, Service Eau et Biodiversité - Unité Politique de l'Eau et des Milieux Aquatiques. OCEA Consult'.

Valade, P. et Hoarau, P. 2018. 'Plan Directeur de Conservation en faveur des Anguillidae à l'île de La Réunion 2018-2027.' Pour le compte de La DEAL Réunion, Service Eau et Biodiversité - Unité Politique de l'Eau et des Milieux Aquatiques. OCEA Consult

Vallauri D. et Chauvin C. 1997. « L'Ecologie de la restauration appliquée à la forêt. » *Revue Forestière Française*, n° 3: 195.

Van Oorschot, M., M. G. Kleinhans, G. W. Geerling, G. Egger, R. S. E. W. Leuven, et H. Middelkoop. 2017. « Modeling Invasive Alien Plant Species in River Systems:

- Interaction with Native Ecosystem Engineers and Effects on Hydro-morphodynamic Processes ». *Water Resources Research* 53 [8]: 6945-69.
- Vannoppen, W., S. De Baets, J. Keeble, Y. Dong, et J. Poesen. 2017. « How Do Root and Soil Characteristics Affect the Erosion-Reducing Potential of Plant Species? » *Ecological Engineering* 109 [décembre]: 186-95.
- Warra, Aliyu A., et Majeti N. V. Prasad. 2018. « Chapter 26 - Artisanal and Small-Scale Gold Mining Waste Rehabilitation With Energy Crops and Native Flora—A Case Study From Nigeria ». In *Bio-Geotechnologies for Mine Site Rehabilitation*, édité par Majeti Narasimha Vara Prasad, Paulo Jorge de Campos Favas, et Subodh Kumar Maiti, 473-91. Elsevier.
- Wasserbau, Bundesanstalt für. 2010. « Principles for the design of bank and bottom protection for inland waterways [GBB] ». *BAW Codes of Practice and Guidelines*.
- Zambrano, L. E. 2022.. 'Estudio de la Bioingeniería como alternativa para la estabilización de suelos.'
- Zanetti, C., Liency, N., Formento, J., Vennetier, M., Mériaux, P., Évette, A., & Guay, C. 2018. 'Gestion de la végétation sur digue : comment concilier GEMA et PI ?' *Sciences Eaux & Territoires* Numéro 26, no. 2: 30.
- Zeh, H. 2007. « Génie biologique, manuel de construction [guide publié en 5 langues] ». *Société suisse du génie biologique et Fédération européenne pour le génie biologique*.
- Zuazo, V. H. D., & Rodríguez Pleguezuelo, C. R. 2009. 'Soil-Erosion and Runoff Prevention by Plant Covers: A Review.' In *Sustainable Agriculture*, édité par E.

Lichtfouse, M. Navarrete, P. Debaeke, S. Véronique, & C. Alberola, 785–811.

Dordrecht: Springer Netherlands.