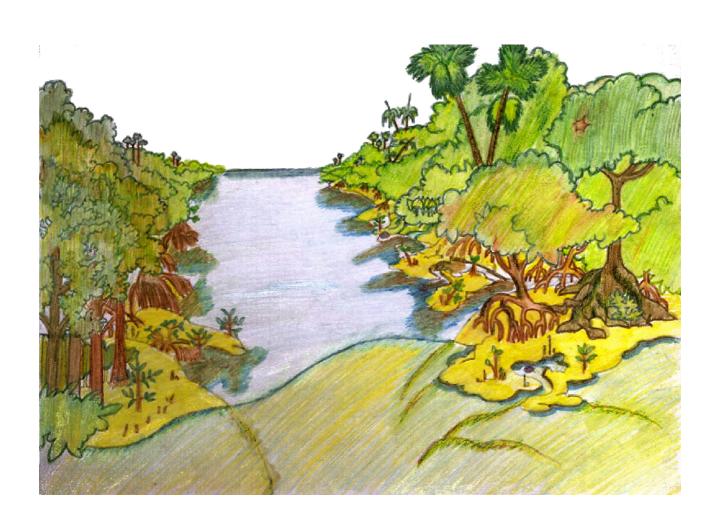


Service Paysage Eau et Biodiversité Pôle de la Police de l'Eau Avril 2012

Guide d'aménagement des milieux aquatiques de la Martinique par les techniques du génie végétal



Principes du recours aux techniques végétales

Le recours au génie végétal par d'un constat: celui de la dégradation d'un milieu aquatiques et ses propriétés (écologiques, mécaniques, hydromorphologiques....).

Le génie végétal est donc une solution potentielle pour les problèmes d'érosion, d'inondation, d'eutrophisation, de disparition de la biodiversité, de sapement des berges, de banalisation du cours d'eau... Les solutions proposées sont presque aussi diverses que les problèmes.

Il s'agit, somme toute, de remédier à un déséquilibre grâce à un ensemble de techniques et de principes, dont le plus important est la revégétalisation des berges d'un cours d'eau. Cette pratique consiste à protéger la berge sur toute sa hauteur, afin d'en assurer

la stabilité de façon durable.

Étant un élément naturel et incontournable des berges, la végé-

tation dite rivulaire assure ainsi plusieurs fonctions qui contribuent toutes ensemble, de façon combinée, à la dynamique du cours d'eau, au maintient de ses berges, à l'équilibre de sa balance sédimentaire.

Le premier principe du génie végétal est donc le recours aux plantes. Il s'agit en effet de se servir de matériaux d'origine végétale, parfois combinés avec des matières synthétiques (exemple de certains

géotextiles).

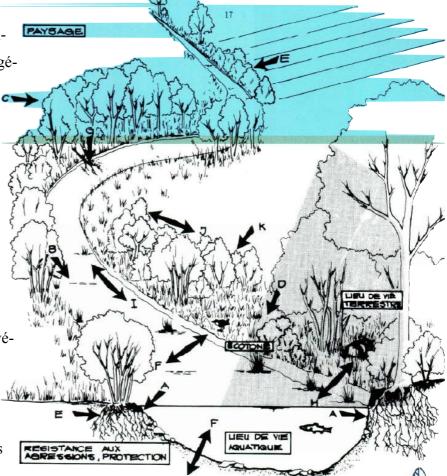


Schéma général des fonctions de la végétation (LACHAT B., 2008)

On a donc recourt à de la matière végétale vivante pour remédier à un dysfonctionnement qui peut être d'origines très diverses et complexes à la fois. En cela, le génie végétal constituent un moyen de valoriser ou de revaloriser un milieu aquatique qui a perdu ou qui perd une partie de ses fonctions et/ou de ses caractéristiques.

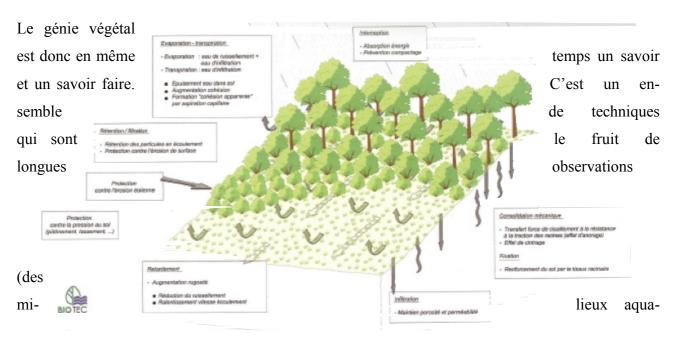
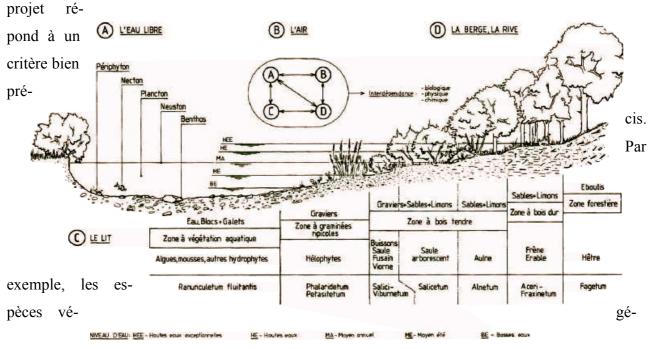


Schéma des fonctions hydromécaniques de la végétation ripicole (LACHAT B., 2008)

tiques et de leur «comportement»), mais aussi de recherches et d'expérimentations depuis le XVème siècle.

En effet, il n'y a pas de place pour le hasard. Les végétaux ne sont pas choisis ou implantés « au petit bonheur la chance», les ouvrages ne sont pas placés de façon hasardeuse. Chaque élément du



Zonation des séries végétales (LACHAT B., 2008)

tales sont choisies selon un profil écologique, c'est-à-dire selon la «concordance» qui existe entre leurs caractéristiques végétales et leur adaptation au milieu naturel (et à ses propres caractéristiques donc). Il n'est donc pas recommandé de planter certaines espèces, notoirement connues pour être envahissantes, ni même d'utiliser des espèces exotiques, à moins d'en connaître les caractéristiques

exactes et les impact sur le milieu aquatique. On n'encourage pas non à faire usage d'espèces végétales nécessitant des un fort taux d'humidité ambiante, dans un milieu sec et chaud. L'inverse est par conséquent, tout autant déconseillé.

Par ailleurs, les végétaux ne sont pas implantés n'importe comment. À tire d'exemple, mettre une espèce ligneuse dans la zone du lit mineur n'est pas une pratique qui réponde aux principes du génie végétal. À chaque plante correspond une zone du milieu aquatique. Certaines plantes iront donc dans le lit mineur, en pied ou en haut de berge, tandis que certaines seront plus efficaces et plus adaptées aux zones de pelouse et de forêt. La notion de «profil écologique» des végétaux à utiliser (ou non) est ainsi un des piliers du génie végétal.

Un autre des grands principes du génie végétal est celui de l'entretien. Par entretien, il faut entendre celui de la végétation qui aura été implantée, mais aussi celui des berges, avant même l'implantation. En effet, la revégétalisation des berges d'un cours d'eau demande une préparation des berges plus ou moins importante. Il peut s'agir d'une simple coupe sélective de la végétation existante, comme d'un terrassement des berges, ou d'un élargissement du lit majeur, d'une réduction du lit mineur...

Il en va de même pour ce qui est de l'entretien «post-opération». Chaque type d'entretien est à définir selon le milieu aquatique, mais aussi selon l'évolution du projet du génie végétal. Un programme est donc à établir avec les acteurs et membres du projet afin d'en définir la durée, la fréquence, le contenu, les moyens, et les objectifs.

Entretenir un projet est essentiel pour en assurer la réussite mais également pour s'assurer que la croissance des végétaux, ou que l'efficacité des ouvrages est assurée. Par exemple, si un arbre planté tombe dans le lit mineur de la rivière, il peut engendrer la création d'embâcles et donc un effet barrage, sans parler de l'arrachement éventuel d'une partie de la berge.

L'entretien est donc également une forme de suivi qui permet de contribuer à la bonne marche du projet, de s'assurer de la croissance des plantes et de leur bon développement, ainsi que de parer à certains imprévus qui pourraient compromettre la réussite du projet. Un calendrier est donc à établir, tant en amont qu'en aval du projet. Il faut savoir quelle période, quelle saison ou quel moi de l'année est le plus propice à l'entretien de ces végétaux. Ce choix doit logiquement se faire selon les particularités du climat et selon le cycle végétatif des plantes qui seront utilisées.

De même, il faut préciser ici que le génie végétal n'est pas un but qu'il faut atteindre à tout prix. Il ne s'agit pas de végétaliser pour végétaliser car un ensemble végétal peut n'avoir aucune fonctionnalité, et répondre à d'autres objectifs, comme par exemple l'ornement. D'où l'importance des objectifs à atteindre, et de les établir dès le départ. De même, l'intervention végétale en elle-même

n'est pas un but en soi, il faut au contraire la voir et l'utiliser comme un outil. Le génie végétal est donc un outil qui peut remédier à un dysfonctionnement, tout comme il est possible qu'il ne puisse pas, ou pas tout seul. Le génie végétal n'exclue donc pas l'intervention d'autres techniques.

Dans certains cas, la meilleure méthode à adopter est la non-intervention. Par exemple, si des embâcles ont observées dans le lit mineur de la rivière, il n'est pas nécessaire de les ôter s'il n'y a aucun enjeu. Les embâcles sont une formation naturelle et contribuent à l'équilibre du cours d'eau. Elles ne deviennent problématiques que si des enjeux sont directement menacés, par exemple dans le cas d'une inondation.

De même, l'érosion est un processus naturel et de surcroît essentiel pour le milieu naturel puisque c'est l'érosion qui régule (du moins en partie) l'équilibre entre l'apport et la perte en sédiment. En érodant les berges, l'érosion permet un apport en matériaux, tandis que les forces de charriage transportent une partie de ses sédiments et les déposent à l'embouchure du milieu aquatique, ainsi qu'au gré des obstacles. Intervenir sur un milieu aquatique ne doit pas devenir un automatisme, et la non-intervention est une méthode de gestion/ d'aménagement de ces milieux. Ainsi, «chaque fois que la possibilité est offerte, il faut saisir l'opportunité de laisser suffisamment de place au cours d'eau, afin que, régi par la périodicité des crues, il puisse exprimer toute son originalité».

Recherches de solutions pour la Martinique

Ces quelques principes donnent une idée de ce que pourrait être le génie végétal en Martinique, et laissent entrevoir les pistes pour l'adaptation ce ses techniques aux milieux aquatiques locaux.

Il faut également tenir compte du fait que tous les cours d'eau ne se ressemblent pas. En Martinique, on distingue ainsi les cours d'eau du Nord des cours d'eau du Sud de l'île.

Les cours d'eau du nord ont des tracés relativement rectilignes, et coulent dans des vallées très encaissées, avec de fortes pentes. Les écoulements au Nord sont donc de nature torrentielle, avec une forte érosion, un substrat rocheux et de fortes variations (DUBIEF L., PIERRET L., 2005).

Il existe également des rivières à laves torrentielles, c'est-à-dire des milieux aquatiques où le relief est relativement jeune avec une évolution rapide, et qui donc n'ont pas encore atteint leur profil d'équilibre.

Dans le Sud, les vallées sont plus larges et les bassins versants plus allongés. Les reliefs étant moins marqués et les précipitations moins importantes, les écoulements sont plus faibles qu'au nord. Le sol en aval est de nature argileuse et la pente faible. Plus cette pente s'affaiblit en direction de la mer, plus elle entre en contact avec le milieu marin. En effet, en aval des rivières du Sud on entre en contact avec la zone de balancement des marées, ce qui contribue au développement de la mangrove. Ainsi la zone à l'aval est sous influence maritime, avec des lits plus vaseux et des berges plus stables

Les limites ne sont pas absolument figées entre les rivières du Nord et celle du Sud. Par exemple, la Lézarde, est un cours d'eau hybride. Elle présente des caractéristiques communes aux deux types de cours décrits précédemment (DIREN Martinique, 2008). Tronçon montagneux en amont, puis tronçon de plaine côtière, et tronçon aval sous influence maritime en font un cours d'eau intermédiaire. Ainsi, il faut tenir compte de ces différences et de ces subtilités pour l'adaptation du génie végétal. En effet, certaines plantes locales ne sont pas adaptées au climat sec et chaud du Sud, tout comme d'autres végétaux ne supporteraient pas les forces tractrices des cours d'eau du Nord. Ainsi, les espèces végétales utilisées pour les milieux aquatiques du Sud doivent pouvoir s'adapter aux change-

ments saisonniers, à la période sèche du Carême, tandis que les espèces végétales du Nord doivent pouvoir développer un système racinaire et une souplesse suffisantes pour résister aux forces du courant.

Enfin, la maîtrise des sols et de leur occupation va être un des enjeux de l'adaptation du génie végétal car



Conséquences des forces tractrices sur le Torrent du Prêcheur (DEAL)

pour pouvoir entreprendre un projet global d'aménagement, il est nécessaire de disposer d'une surface suffisamment grande. Cette maîtrise est d'autant plus justifiée que de nombreux cours d'eau traversent des zones agricoles, urbaines, commerciales, mais aussi des zones de friches. Les enjeux peuvent donc être différents selon le contexte.

Afin de clarifier les choses, et de donner un cadre à l'adaptation du génie végétal en Martinique, la DEAL a établi dans un premier manuel (rédigé par M. PERREL en 2011), une liste de critères, afin de procéder à la recherches d'alternatives en matière d'aménagement des cours d'eau. Il est ainsi question d'améliorer les conditions d'écoulement, de préserver la diversité du milieu du lit, de gérer la végétation présente avec l'ensemble des fonctions qu'elle remplit, mais aussi de réaliser des travaux dans l'optique d'un entretien et d'un suivi régulier.

On retrouve des critères beaucoup plus précis comme l'utilisation, la mise à profil de la matière végétale locale, la création de conditions favorables à une revégétalisation des berges. Certains de ces

critères sont un peu plus techniques puisqu'il est question d'assurer la tenue des berges sur toute leur hauteur. On voit donc que la recherche de solutions, d'alternatives aux techniques actuelles est en cours, et que l'émergence de critères est déjà bien avancée.

Mais l'adaptation de ces techniques doit se heurter à un certain nombre de freins à l'échelle locale. En effet, certains éléments peuvent actuellement freiner, voire même paralyser le développement du génie végétal.

Le premier de ces éléments est le manque d'études, aussi bien sur les milieux aquatiques que sur les essences végétales qui pourraient être utilisées comme matériaux. En effet, de nombreux cours d'eau de Martinique ne disposent pas de «carte d'identité». Il s'agit souvent de cours d'eau secondaires, de ravines ou d'affluents. Certains n'ont même pas de nom, ou ne sont pas représentés comme des cours d'eau sur les cartes. Cette absence de données vient de la difficulté de définir avec précision un cours d'eau en milieu tropical (par rapport aux ravines et aux nombreux cours d'eau qui ne sont pas permanents toute l'année); mais aussi du fait que la donnée est en cours de construction. En effet, la base donnée sur les milieux aquatiques est actuellement incomplète et en cours d'élaboration. Par ailleurs, même après avoir accumulé de la donnée chiffrée, il faudra la mettre en relation avec la végétation ripicole. Or, le fait que l'on ne dispose pas d'une base de données complète et claire est un frein considérable au diagnostic de cours d'eau. Ce diagnostic étant incontournable pour un projet de génie végétal, on ne peut passer outre.

Bien que des ouvrages et existent (SASTRE et BREUIL, 2007; FOURNET, 2002...), aucun texte ne fait précisément référence à des végétaux stabilisateurs, des espèces végétales qui pourraient être utilisées dans le cadre d'ouvrages. On ne trouve pas non plus d'informations «techniques» sur les végétaux, ce qui n'aide pas à l'élaboration de listes (longueur du système racinaire, souplesse, résistance, capacité d'immersion...). Enfin, même quand une liste existe, qu'il s'agisse d'une liste sur les espèces potentiellement ripicoles, ou d'une liste d'espèces exotiques envahissantes (piste vers les espèces à utiliser ou ne pas utiliser), ces dernières n'ont fait l'objet d'aucune validation de la part de la communauté scientifique et universitaire. Leur approbation étant essentielle à la validation et à la diffusion de liste d'espèces, on comprend que l'apparition de ces listes prenne du retard.

Enfin, l'un des derniers obstacle auquel il serait bon, voire même nécessaire de remédier est l'absence presque totale d'infrastructures, d'entreprises, ou de moyens humains qui permettraient l'émergence et la diffusion des techniques végétales. En effet, la Martinique ne dispose que d'une

seule entreprise qui hélas ne propose qu'une seule des techniques du génie végétal. Il s'agit de l'ensemencement hydraulique, et le nom de cette entreprise est «3T» (gérée par Mme K. ULRICH et basée dans la commune du Morne Vert). D'autres entreprises proposent néanmoins des services liés à l'entretien et au nettoyage des cours d'eau (Tremplin's). D'autres opérations de nettoyage des cours d'eau se font dans le cadre de chantiers d'insertion.

La Martinique ne dispense pas non plus de formation sur le génie végétal, et ne dispose donc pas d'experts sur le sujet. Or leur suivi et leur encadrement est essentiel durant chaque phase du projet (élabortaion, mise en place, suivi...). Des experts sont récemment venus de France métropolitaine afin de dispenser une formation en la matière aux agents de l'ONF, mais c'est la seule mesure connue à ce jour.



Ouvrage de référence sur les plantes et les paysages tropicaux (DEAL)

Ainsi, l'absence de génie végétal en Martinique

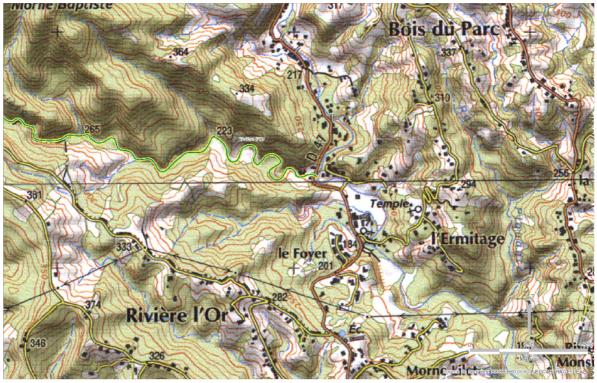
entraîne l'absence de toutes les activités qui lui sont liées comme la formation, la recherche, les filières de production d'espèces végétales, celles de production et de confection de géotextiles, mais aussi les entreprises qualifiées pour la mise en application de ces techniques. Derrière l'aspect écologique du génie végétal se cache un réel potentiel en terme de développement économique et d'emploi.

Premiers retours d'expérience

Une seule opération de génie végétal a été menée à ce jour en Martinique selon les informations transmises à la DEAL. Il s'agit d'une opération d'aménagement ayant été entreprise sur la Rivière l'Or, qui traverse les communes de Fort-de-France et de Saint Joseph. Les aménagements datent du mois de Février 2012 (entre le 10 et le 14 du mois). Il s'agit de l'application de la formation dispensée aux agents de l'ONF, évoquée plus haut. Bien que le temps imparti ait été très court (visite des experts durant 3 jours à peine), on peut dire que l'opération porte déjà ces fruits.

En effet, le jour de la première visite a été le jour de la conception et de la livraison des ouvrages. On notait déjà le souci de combinaison entre les techniques puisque le tronçon choisi (inférieur à 1km) a été aménagé de gabions, de fascines, de tressage, d'un tapis de branches, de boutures, et d'un caisson végétalisé à double paroi, agrémenté d'un seuil en pierres. On constate donc qu'en plus de la diversification des ouvrages végétaux, on a eu recours à une combinaison entre le végétal et le minéral.

Afin de parvenir à ce résultat, les berges avaient été préalablement aménagées et préparées au moyen de pelles mécaniques (combinaison supplémentaire avec l'ingénierie «classique»). Un terrassement a été réalisé, l'inclinaison de la pente a été revue, ainsi qu'un léger élargissement du com-



Localisation de la Rivière l'Or (DEAL)

partiment où a été aménagé le caisson à double paroi. Le seul point négatif à cet aménagement est le fait qu'il soit pratiquement mono-spécifique. En effet, la quasi-totalité des ouvrages a été réalisée

avec des matériaux végétaux issus du Gliricidia, en dehors de deux ou trois boutures d'Hibiscus repérées. En revanche, le caisson végétalisé à double paroi a été construit avec des rondins de Mahogany, connu pour sa force et sa résistance, et parsemé entre les longrines de boutures de Gliricidia. On peut imputer ce point noir au manque de temps et de données disponibles, ainsi qu'aux objectifs eux-même. En effet, l'objectif premier sur cette opération n'était pas de réaliser des plantations diverses, mais plutôt de tester l'efficacité des différentes techniques du génie végétal dans un milieu aquatique tropicale.

Au bout d'un mois, les premiers rejets sont apparus. En effet, un peu plus d'une bouture et/ou branche sur deux à donné un, voire plusieurs rejets. La dynamique de croissance a été particulièrement rapide et semble avoir été aisée. Une telle croissance est par ailleurs typique du Gliricidia. Les plants d'Hibiscus ont également donné des rejets, mais somme toute, moins nombreux et avancés que les premiers. Des rejets ont été aperçus sur les rondins de Mahogany, mais ils sont très petits, voire minuscules. Des rejets ont également commencé à poindre entre les roches et le maillage des

gabions. Ces derniers semblent par ailleurs remplir la fonction puisqu'ils freinent l'eau dans le virage où il ont été situés, dispersent la force du courant et viennent soutenir, ainsi que renforcer l'ouvrage de franchissement situé juste à côté.



Caisson végétalisé à double paroi de la Rivière l'Or (DEAL)

Un aspect négatif remarqué lors de cette deuxième visite concerne le terrassement des berges. En effet, l'inclinaison de la pente est trop importante, c'est-àdire que la terre des berges est partiellement tombée et a recouvert les tapis de branches. Cette chute de matériaux terreux occasionne également une surcharge dans les fascines et des tressages situés au pied



Rejets des boutures de la Rivière l'Or (DEAL)

de la berge, ce qui peut également impliquer une baisse de leur efficacité. Il est donc essentiel de penser et de visionner l'inclinaison de la berge pour ne pas entraîner de chute, ni d'apport terrigène supplémentaire dans le cours d'eau.

Le dernier aspect négatif est le fait qu'en creusant trop près du lit de la rivière et en mettant en place le terrassement, les pelles ont probablement touché à une substrat de type ferralitique car une partie du fond du lit, des hydrophytes et des pierres composant le seuil sont couvert d'une couche de fer, ce qui leur donne une couleur rouille. on voit donc qu'aménager un cours d'eau demande une technique très précise, mais surtout un laps de temps supérieur à trois jours afin d'établir avec précisions les actions, la méthode et le déroulement de chaque intervention afin de ne pas abîmer le fond du lit.



Chute partielle des berges de la Rivière l'Or (DEAL)

Recommandations pour la concep tion générale

Les recommandations à suivre peuvent être comparées à celles de tout projet d'aménagement. En effet, la première règle à suivre est celle d'établir un diagnostic complet du toire à aménager. Il s'agit donc du milieu aquatique. Par mi-

lieu aquatique, on entend ici



Remontée d'un couche de matériaux ferralitiques (DEAL)

le bassin versant, le cours d'eau, ses berges, les terres avoisinantes et le tronçon à délimiter avec précision. En effet, un cours d'eau ne fonctionne pas en autarcie, il s'agit d'un milieu naturel dynamique et qui communique avec d'autres biotopes. Des interactions s'établissent entre le cours d'eau et la végétation ripicole, mais également avec les nappes phréatiques qu'il alimente, avec les zones humides qui sont connectées (exemple des mangroves), et enfin avec la mer.

Il s'agit donc d'avoir à disposition une étude détaillée du milieu et de ses éléments de composition. Il faut connaître le milieu aquatique dans ses moindres détails, ainsi que les enjeux et éléments de pression qui l'entourent. En effet, un diagnostic, en termes d'aménagement, est comparable à un acte médical. Il s'agit pour l'aménageur de connaître tous les symptômes du patient, pour établir un diagnostic, définir la pathologie dont souffre ce patient. A partir de là, une ordonnance est édictée afin d'y remédier. On voit donc que c'est la description et la connaissance des symptômes et des enjeux qui permet d'établir un plan d'aménagement et d'entretien, ainsi qu'un suivi.

Il faut également mener en amont une réflexion sur le projet que l'on veut mener à terme. En effet, des questions doivent être posées sur l'intérêt même du projet. Quel est le problème du milieu aquatique sur lequel on projette d'intervenir et comment peut-on y remédier? Y'a-t-il un enjeu ou une menace qui justifie le projet? Quelles pourraient être les alternatives?... sont les premières questions que l'on peut se poser. Il s'agit de ne pas oublier que si le terme de «modification» du milieu naturel ne rime pas automatiquement avec impacts négatifs, la modification reste une artificialisation du paysage et demande un investissement (humain, technique, financier) sur le long terme.

Il est également essentiel de définir quel va être le périmètre d'intervention, et donc le niveau d'intervention que l'on va choisir de mener. Ce concept de niveau de restauration des cours d'eau a été établi par JR-MALAVOI (IRSTEA Lyon). Il s'agit d'établir des objectifs à l'action que l'on entreprend de mener, et de choisir ce niveau en fonction d'un certain nombre de critères (périmètres choisi, état du milieu aquatiques, enjeux...). Le tableau est ici détaillé:

En effet, si l'on choisi de travailler sur un tronçon relativement réduit, qui n'atteint pas 1km de long, les possibilités de restauration sont plus réduites que sur des compartiments d'une grande longueur. On peut ainsi viser un niveau de restauration R1, c'est-à-dire une restauration localisée puisqu'elle ne concerne qu'un tronçon réduit, et se limite au lit mineur. Elle reste néanmoins intéressante pour restaurer une partie de la faune comme les poissons, mais aussi pour restaurer la dynamique du lit mineur. En revanche, sur un tronçon plus large et plus long (supérieur à 1km), on peut envisager un niveau allant du R1 au R2, selon que l'on maîtrise les terres avoisinant le cours d'eau ou non. En effet, la maîtrise foncière des rives fait partie des recommandations générales car elle permet une restauration fonctionnelle et écologique beaucoup plus globale.

Il est donc important d'introduire la notion d'échelle dans ce guide, mais aussi dans la délimitation du périmètre d'intervention. Cette notion est essentielle car elle permet de replacer le cours d'eau dans son ensemble (bassin versant) mais aussi de le traiter comme une entité à part entière. Il est

Niveau de Restauration Critères	R1	R2	R3	
Echelle du milieu aquatique	• Lit mineur	Projets pilotes Tronçons plus grands Lit mineur et berges	Ensemble du milieu aquatiques (plusieurs kilomètres)	
Objectif(s) de restauration	Restauration d'un compartiment hydraulique Diversifier habitats	Restauration fonctionnelle plus globale	Restauration fonctionnelle globale Aménager des espaces de mobilités et/ou de fonctionnement (bras mort, méandre, sinuosité)	
Avantage(s)	Restauration piscicole efficace	•Restauration de l'ensemble de la faune inféodée au milieu aquatique	Tient compte des processus géodynamiques Restauration globale du milieu	
Contrainte(s)/ Limite(s)	Echelle réduite Restauration localisée	Maîtrise foncière Echelle encore trop réduite Pas représentatif de l'ensemble du milieu aquatique	Problème du retour biologique et des données Retour à un état écologique initial Parfois difficile à mesurer	

Tableau des critères de restauration des milieux aquatiques selon JR MALAVOI

donc important de savoir «isoler» les dysfonctionnements du cours d'eau, tout comme il est essentiel de savoir faire le lien entre ces déséquilibres et le bassin versant.

PII faut également prêter une attention particulière au mode et à la nature de l'intervention. Selon le site et les objectifs les interventions diffèrent. Ainsi, il est possible que le génie végétal ne soit pas la seule solution, et qu'il faille le combiner avec d'autres techniques comme le génie minéral (gabions, redimensionner des ouvrages de franchissement...). Il est même possible que l'on ait recours à la force mécanique pour préparer les berges. L'utilisation des pelles peut également se faire si l'on doit travailler la largeur du lit mineur, de la déclivité, pour les travaux de terrassement, pour rétablir un chenal d'écoulement, dégager un lit obstrué...

De même, si le génie végétal est un ensemble de techniques douces et durables, il ne signifie pas pour autant que toutes les techniques sont applicables sur tous les milieux aquatiques. L'idée première est d'utiliser des essences locales, quel que soit le ou les ouvrage(s) qui seront choisis. Ces espèces végétales, qu'elles soient endémiques ou naturalisées, ne représentent pas un déséquilibre pour le milieu naturel. Néanmoins, il est essentiel d'en connaître l'origine exacte, mais aussi les caractéristiques biologiques, le profil écologique. Enfin, il est important d'édicter dès le départ en quoi ces végétaux sont avantageux pour les berges d'un cours d'eau. Leur système racinaire et aérien? Leur souplesse? Leur capacité d'occupation de l'espace? Leur facilité d'implantation et d'entretien? Les questions sont nombreuses, et les critères qui justifieraient l'implantation d'une espèce végétale aussi. Il est donc important de faire un tri parmi ces critères, et de faire le lien avec les besoins du milieu aquatique. Une liste sous forme de tableau est proposée à la fin de ce guide

Il en va de même pour le choix des ouvrages. Ce choix doit se faire en fonction de la problématique à laquelle est confronté le milieu aquatique. Certains ouvrages végétaux sont d'avantage adaptés aux rivières de type torrentiel, tandis que d'autres répondent mieux aux rivières qui ne présentent pas de forces tractrices intenses. Ainsi, des ouvrages comme des peignes, des gabions ou encore des caissons végétalisés à double paroi sont d'avantage recommandés dans le cas de processus érosifs forts, de vitesse et de débits intenses, ou encore, pour suppléer des ouvrages de franchissement et/ou des sinuosités dans le cours d'eau. En revanche, des boutures, des fascines et/ou des tressages ou les ensemencements de types manuels et hydrauliques sont d'avantage recommandés pour des cours d'eaux plus «calmes», où les variations de niveau et l'érosion ne risquent pas d'arracher les ouvrages.

Par ailleurs, durant l'intervention de la Rivière l'Or, les deux experts venus tout spécialement pour «piloter» l'opération ont donné comme recommandations:

- de toujours aménager de l'aval en remontant vers l'amont. En effet, quand on aménage en amont, ledit aménagement à toujours un impact vers l'aval. Ainsi, si le résultat obtenu n'est pas celui qui avait été programmé, le risque est de devoir multiplier les aménagements en direction de l'aval afin de rectifier ce qui a été fait
- de ne pas faire le moindre aménagement végétal durant le Carême. En effet, même si la saison humide est parfois particulièrement pluvieuse, ces pluies sont prévisibles, et au moins, on dispose d'eau. En revanche, la saison sèche connaît des variations parfois importantes selon les années. L'intensité de la sécheresse n'est pas la même d'une année à l'autre, et l'on ne connaît son intensité qu'une fois qu'elle s'est installée. Le fait de ne pas pouvoir prévoir cet aléa peut constituer un risque important pour les plantes en pleine croissance.
- de toujours veiller à mélanger les espèces végétales, et donc à éviter absolument les plantations mono-spécifiques car c'est la complémentarité entre les différentes essences de plantes qui fait leur efficacité vis-à-vis du milieu aquatique. De plus, une espèce végétale trop importante (d'un point de vue quantitatif) peut entraîner un appauvrissement du milieu et de certaines ressources, voire des conséquences plus négatives, par exemple dans le cas où cette essence aurait un lien avec l'alimentation d'une espèce animale. C'est le cas de certains insectes, qui attirent certains oiseaux, qui eux-mêmes attirent certains petits mammifères tels que les mangoustes et/ou les chats...
- de privilégier les aménagements «lourds» (au sens de volumineux) pour des zones stratégiques. Les gabions et les caissons (aménagements auxquels faisaient référence les experts) sont des ouvrages beaucoup plus adaptés et efficaces lorsqu'ils servent de base à un ouvrage de franchissement, ou dans les sinuosités du cours d'eau, afin de freiner les forces érosives.

<u>Végétalisation: Tableau d'espèces végétales ripicoles potentielles</u>

Black Olive (Bucida buceras)	Atoumaux (Alpinia speciosa)	Angelin (Andira inermis)	Amourette- rivière (Mimosa pigra)	Allamanda (Allamanda cathartica)	Acomat- Boucan (Sloanea caribaea)	Abricotier Pays (Mammea americana)	Espèces végétales	
ιω	LJ.	4	(s)	نب	4	دی	Zone d'implantation	Qualit
×	,	<	,	×	,	< <	Pouvoir fixateur	és directement l
X/V	"	<	44	<	XIV	<	Adaptation aux conditions locales	Qualités directement liées aux espèces (propriétés des plantes)
,	"	<	"	< <	~~	•	Pouvoir colonisateur	propriétés des pl
Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	×	,	Non renseigné	Pouvoir activateur de croissance	antes)
Non renseigné	,	Non renseigné	,	,	×	×	Facilités d'accès/ d'achat à l'espèce	Qualités indirec
Non renseigné	,	Non renseigné	•	~ ~	,	•	Facilités d'insertion (mise en place)	Qualités indirectement liées aux espèces
Milieux xérophiles	Espèce végétale médicinale			Horticole, ornement	Milieux xérophiles Absence de filière	Milieux humides Croissance à surveiller	Observations	

		és directement	Qualités directement liées aux espèces (propriétés des plantes)	propriétés des pl	antes)	Quali	Qualités indirectement liées aux espèces Facilités Facilités
Espèces végétales	Zone d'implantation	Pouvoir fixateur	Adaptation aux conditions locales	Pouvoir colonisateur	Pouvoir activateur de croissance	· de	r d'accès/ d'acchat à ce l'espèce
Bois-Rivière (Chimarris cymosa)	4	"	~	′′	,		×
Bois-Savonette (Lonchocarpus punctatus)	4	``	ζ,	,	Non renseigné	rigné	rigné ×
Bois d'Inde (Pinenta racemosa)	در)	×	,	,	Non renseigné	igné	igné
Bois de l'Orme (Trema micrantha)	3,4	,	۲	,	Non renseigné	igné	igné x
Campêche (Haematoxylum campechianum)	4	•	×	,	5		×

(Gliricidia 3, 4 sepium)	Gliciridia	Girolflée d'eau (Ludwiga spp.) 2	Fougère Arborescente 2, 3 (Cyathea arborea)	Flamboyant (Delonix Regia) 4	Canne d'eau (Costus 2, 3 spinacus)	Espèces Zone végétales d'implantation	Qual
	,	×	۲	5	×	Pouvoir fixateur	ités directement
	×	~~	,	×	~ ~	Adaptation aux conditions locales	Qualités directement liées aux espèces (propriétés des plantes)
,	′,	•	,	'	,	Pouvoir colonisateur	propriétés des pl
Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	,	×	Pouvoir activateur de croissance	antes)
<	,	,	,	,	<	Facilités d'accès/ d'achat à l'espèce	Qualités indire
Non renseigné	,	,	,	,	,	Facilités d'insertion (mise en place)	Qualités indirectement liées aux espèces
Taillis arbustifs mésophiles Fruitier	Milieux xérophiles Ombrage, palis Tendance envahissante?	Espèce végétale médicinale	Milieux humides à très humides Espèce endémique	Préférence pour les milieux xérophiles Surveillance	Ornemental? Espèce naturalisée	Observations	

-			1 1	1			
Petite Avoine (Panicum trichoides)	Petit Flamboyant (Cessalpina pulcherrima)	Philodendron (Monstera deliciosa)	Patate douce (Ipomoea batatas)	Papyrus (Cyperus papyrus et Cyperus Involucratus)	Espèces végétales		
2	ω	2	2, 3	2, 3	Zone d'implantation	Quali	
×	×	,	×	×	Pouvoir fixateur	tés directement	
,	X/V	"	•	"	Adaptation aux conditions locales	Qualités directement liées aux espèces (propriétés des plantes)	
,	×	,	•	,	Pouvoir colonisateur	propriétés des pl	
Non renseigné	Non renseigné		Non renseigné	Non renseigné	Pouvoir activateur de croissance	lantes)	
,	,	,	•	,	Facilités d'accès/ d'achat à l'espèce	Qualités indire es	
, , ,		<	×	Facilités d'insertion (mise en place)	Qualités indirectement liées aux espèces		
Associée au bananeraies Miliuex humides et ombragés	Milieux xérophiles Ornement, florifère	Espèce endémique Croissance à surveiller	Espèce «domestique» et comestible Multiplication par bouturage Bonne couverture du	Ornemental Grande souplesse Buissons	Observations		
	×		w 2-	- N - D	×	100000	

Vétiver (Vetiveria zizanioides)	Topinambour (Calathea allouia)	Sebestier (Cordia sebestana)	Savonnette- rivière (Lonchocarpus heptaphyllus)	Samana (Samanea saman)	Roseaux (Arundo donax)	Queue à rat (Piper spp.)	Espèces végétales	
2,3	2, 3	دی	4	4	2	2	Zone d'implantation	Quali
< <	X/V	,	,	,	X/V	X/V	Pouvoir fixateur	tés directement
,	<	×	,	<	,	,	Adaptation aux conditions locales	Qualités directement liées aux espèces (propriétés des plantes)
ζ,	<	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	,	,	Pouvoir	(propriétés des pl
Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Pouvoir activateur de croissance	antes)
,	,	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	,	Non renseigné	Facilités d'accès/ d'achat à l'espèce	Qualités indires
,	,	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	,	Non renseigné	Facilités d'insertion (mise en place)	Qualités indirectement liées aux espèces
Croissance à surveiller Souplesse système aérien	Comestible	Milieux xérophiles Absence de filière			Croissance et diffusion à surveiller	Arbrisseau ou arbuste dense et diffus	Observations	

Zone (s) d'implantation:

Zone des hydrophytes: 1

- strate herbacée
- plantes du lit mineur

Zone des hélophytes: 2

- strate herbacée et/ou buissonnante
- espèces de petite taille
- plantes de pied de berge

Zone de bois tendres: 3

- strate arbustive
- arbustes et buissons jusqu'à 10m de hauteur

Zone de bois durs: 4

- strate arborée
- arbres de plus de 10m de hauteur
- stabilisation du haut des berges

Explication des critères:

Pouvoir fixateur: capacité du système racinaire à s'ancrer dans le sol et à favoriser la tenue des berges

de reprise et l'efficacité des végétaux. implantées en milieu sec ou en milieu humide. Le profil écologique permet de distinguer les différents environnements afin de maximiser les chances (xérophile, mésophile...). Tous les végétaux cités dans ce documents sont adaptés à la zone d'étude (Martinique), mais toutes ne peuvent être Adaptation aux conditions locales: désigne le profil écologique de l'espèce végétale c'est-à-dire la pertinence de son implantation dans un milieu donné

Pouvoir colonisateur: capacité des végétaux à coloniser un milieu (reproduction, extension de la surface occupée...)

rétention de l'azote liquide...) Pouvoir activateur de croissance: capacité des certains végétaux à favoriser l'implantation et la croissance d'autres plantes (fertilisation du sol,

Système de classification des espèces végétales

₹ Bon

XMauvais

Il est possible de combiner les deux signes. Ainsi, l'association:

V/X équivaut à une appréciation moyenne

XX équivaut à très mauvais

équivaut à très bon

La mention «Non renseigné» correspond à un manque ou à une absence d'information

Has consultés) ont été mis de côté. C'est le cas du Bois-Savonette ou du Mangle Médaille. Ces espèces sont pourtant connues pour leur Sér d'adaptation qu'elles offrent (pertinence vis-à-vis des objectifs du génie végétal). Néanmoins, un autre critère a été le «niveau» Mittogaper Grandele Feet Union la dernière partie du document ont été sélectionnées pour leurs caractéristiques APIdéveloppement dans les milieux humides et très humides (cours d'eau, zones de mangroxe... Art d'informations disponibles sur ces végétaux. Dans le doute, les végétaux dont on sait très peu de choses (au vu des ouvrages disponibles et). Il est donc (encore une fois) nécessaire de el les

Trè compléter l'information sur ces végétaux et de

(menuiserie et ébénisterie)

Plantations massives dans les Petites

Antilles françaises

Profil adapté au sud de la Martinique

Mahogany Grandes Feuille, son port, ses racines (tree-nation.com) 3oi

Stabilisation du haut des berges

Ombrage sur le lit mineur

Savonette Rivière

Forêts humides à très humides (bordure des rivières dans les

ilisée

forēts denses

Jusqu'à 20m de hauteur

Tronc anfractueux à la base

Bonne ramification des branches (ombrage) les ouvrage

Floraison spectaculaireits peu élevés

Acomat Boucan; \$ Savonnette-Rivière et l'ombrage des ses feuilles (www.guadeloupensites.com)

Biss q mae (commons wikimedia.org)edu)



Conception d'ouvrages végétaux

Fiche Rivière Pagerie

Commune: Trois Ilets Longueur: 4 880km

Statut, cours d'eau principal (tronçon du Golf géré par le Conseil Général)

Origine: Morne Orange

Embouchure: Golf des Trois Ilets

Environnement: milieu xérophile+ interface terre-mer (mangrove)



Localisation du tronçon de la Rivière Pagerie dans le périmètre du Golf des Trois Ilets (DEAL)

Profil du cours d'eau:

- Incision du lit de la rivière par rapport à la présence d'ouvrage surdimensionnés (obstacle au transport sédimentaire)
- Cours d'eau de taille variable selon tronçon
- Tracé présentant encore des sinuosités et des annexes
- Annexes artificielles (bassins de rétention d'eau)
- Écoulements relativement lents
- Monotonie des faciès
- Déclivité du lit mineur relativement faible
- Variation importante du niveau d'eau (variation saisonnière)
- Envahissement par la Jacinthe d'eau et la Tortue de Floride

Profil des berges:

- Hauteur moyenne mais variable
- Pente varie selon les compartiments (forte à très forte)
- Érosion très importante (berges parfois verticales)
- Arrachements et niches d'érosion
- Végétation variable qualitativement et quantitativement mais reste très sommaire
- Plantation de cocotiers (partiellement arrachés) pour orner et «stabiliser»
- Nombreuses embâcles (végétales et minérales)
- Destruction partielle ou totale d'ouvrages de franchissement et de rétention
- Peu de faune observée en dehors des tortues de Floride
- Zone de mangrove à l'embouchure (déforestation partielle et donc très dégradée)



Exemple d'ouvrage surdimmensionné au parc des Floralies (Trois Ilets, DEAL)

Dysfonctionnement:

- Débit et vitesse extrêmement variable d'une saison à l'autre
- Inondations possibles
- Appauvrissement général de la rivière
- Élévation du fond des bassins de rétention (exemple du Parc des Floralies) en raison de l'interruption du transit sédimentaire
- Affaiblissement du transport de sédiments (grossiers ou fins)
- Pollution d'origine anthropique (pesticides, engrais et macrodéchets)
- Perte en biodiversité (présence d'EEE+ obstacles infranchissables)
- Arrêt des pompages en eau pour l'irrigation

Enjeux:

- Dépendance du terrain de golf vis-àvis de la Rivière Pagerie
- Préserver le golf et son activité tout en assurant une revégétalisation du milieu aquatique
- Irrigation des greens
- Ouvrages de franchissement et de rétention transversaux
- Lieu touristique et donc fréquenté (enjeux de biens et de personnes)
- Présence d'infrastructures routières
- Reforestation de la zone de mangrove
- Pertes de terrain par érosion des berges et érosion côtière

Opportunités:

- Maîtrise du sol
- Tronçon qui permet d'envisager de multiples possibilités
- Dépression humide dans un milieu xérophile



Erosion des berges de la Rivière Pageries dans le périmètre du Golf des Trois Ilets (DEAL)

- Présence de l'activité touristique va entraîner un entretien et un suivi plus régulier
- Problématiques qui permettent la construction de différents ouvrages.

Niveau de restauration choisi:

- Tronçon choisi entre Parc des Floralies et embouchure (supérieur à 1km)
- Tronçon à l'intérieur du périmètre du Golf des Trois Ilets
- Géré par Conseil Régional
- R2 (ensemble du milieu aquatique)
- Restauration écologique et fonctionnelle globale
- Retour à un état écologique initial
- Objectif supplémentaire d'embellissement et d'esthétique du fait que l'on se trouve sur les lieux d'une activité touristique (perception esthétique du paysage par le visiteur)

Programme d'aménagement:

- Réduction par endroits de la section du lit mineur
- Travail des berges (rétablir pente douce, abaisser leur hauteur et apport terrigène si nécessaire)
- Curage des bassins de rétention (exemple parce des Floralies)
- Rétablir transit sédimentaire en gérant la vidange des plans d'eau
- Suppression partielle ou totale des îlots de végétation dans les bassins
- Suppression partielle ou totale des embâcles végétales et artificielles dans lit mineur
- Coupe sélective de la végétation

Proposition d'ouvrages:

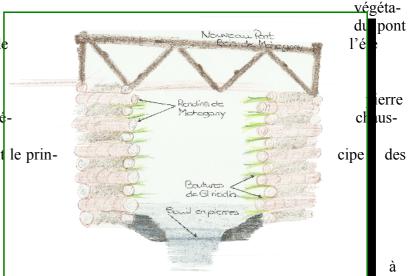
- Mise en place d'obstacles dans le lit mineur pour diversifier écoulements et permettre passage de la faune (pierres)
- Pose de fascines en pied de berge selon compartiment et les forces érosives (bois de Campêche)
- Installation d'un matelas de branches sur profil transversal de la rivière à sortie des ouvrages partiellement détruits (bois de Gliricidia)
- Enrochement des virages du cours d'eau en partie basse et pose d'un géotextile sur la partie haute
- Construction et pose d'un caisson lisé à double paroi comme pilier emporté durant les inondations de 2011 (bois de Mahogany Grandes Feuilles et boutures de Gliricidia)
- Aménagement d'un seuil en à la sortie du caisson (éviter désement et diversifier écoulements)
- Boutures et plantation en respectant le prinséries végétales
- Ensemencement hydraulique?

Proposition d'espèces végétales:

- Zone des hydrophytes

Lentille d'eau (prolifération surveiller et entretien régulier)

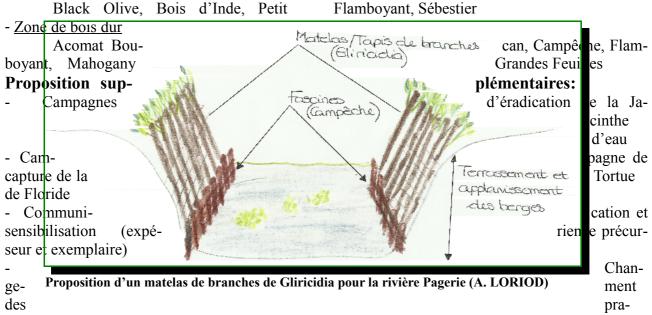
- Zone des hélophytes



Proposition d'un caisson végétalisé pour la Rivière Pagerie (A. LORIOD)

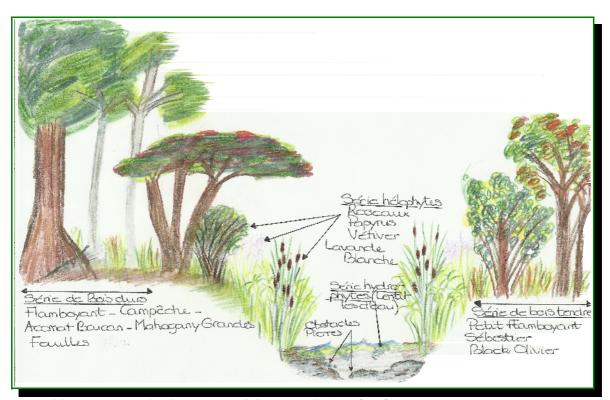
Lavande Blanche, Papyrus, Roseaux, Vétiver

- Zone de bois tendre



tiques d'entretien et phyto-sanitaires

- Valorisation touristique du Golf des Trois Ilets
- Obtention d'une gratification ou d'une labellisation



Proposition de révégétalisation pour la Rivière Pagerie (A. LORIOD)

Fiche Canal Mamain

Commune: Lamentin Longueur: 4 429km

Statut: affluent de la rivière Lézarde (cour d'eau secondaire)

Origine: Quartiers Grand-Case et Long Bois

Embouchure: Pont Spitz (Petit Manoir au Lamentin) Environnement: zone de plaine, humidité variable



Localisation du Canal Mamin (DEAL)

Profil du cours d'eau:

- Canal de petite taille (section du lit majeur inférieure à 10m)
- Tracé relativement rectiligne (quelques sinuosités)
- Écoulements lents (débit et vitesse faible)
- Monotonie des faciès
- Pas de déclivité dans la section du lit mineur
- Niveau de l'eau faible
- Envahissement lit mineur par la Jacinthe d'eau

Profil des berges:

- Hauteur importante (entre 5 et 7m)
- Forte déclivité mais pas égale sur tous les compartiments (moyenne à très forte)
- Envahissement par une végétation mono-spécifique (herbe de fourrage)
- Erosion des berges de certains compartiments
- Pas de faune observée hormis des bovins et quelques canards domestiques

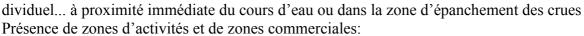
Dysfonctionnement:

- Inondations une à deux fois par an

- Appauvrissement et dégradation générale du canal
- Elévation du lit mineur par hypersédimentation
- Interactions avec la Lézarde (reflux, influence des marées)
- Pollution d'origine anthropique (pesticides, engrais et macrodéchets)
- Perte en biodiversité
- Formation deux rangées de remblais le long des berges
- Présence d'activités illégales le long du canal

Enjeux par rapport à la présence anthropique:

- Présence de zones urbaines habitées de type immeubles, lotissements, habitat in-



- Zone de Petit Manoir (services, commerces)
- Zone de la Place d'Armes(services, commerces)
- Carrefour Mahault (dans une certaine mesure)

Présence d'infrastructures diverses en zone inondable:

- Proximité aéroport
- Palais des Sports du Lamentin
- Route départementale (RD3)
- Ponts (Spitz, de la Place d'Armes, Carrefour Mahault...)
- Ouvrages de franchissement sous-dimensionnés (mise en charge, embâcle, zone de frottement et de convergence des eaux lors des crues...

Opportunités:

- Foncier disponible
- Expérience qui peut être facilement reproductible sur des cours d'eau présentant les mêmes faciès (du Lamentin au François)
- Intérêt général pour la commune par rapport au risque inondation
- Berges larges qui permettent d'envisager une revégétalisation complète
- Plaine agricole avoisinante (rive gauche) en cas de maîtrise foncière pour en faire une zone d'épanchement



Exemple de macrodéchet et d'invasion par la Jacinthe d'Eau dans le lit mineur du Canal Mamin (DEAL)



Érosion des berges du Canal Mamin (DEAL)

Niveau de restauration choisi:

- Tronçon entre le Pont Spitz et le rond Point de la Place d'Armes
- Environ 1km
- R1 voire R2
- Concerne lit mineur et les berges

- Restauration écologique et mécanique
- Suppose une maîtrise foncière de la

Programme d'aménagement:

- Réduction de la surface/ zone inondable
- Recalibrage lit majeur
- Rétablissement d'une zone d'épanchement des crues rive gauche (friches) mais également en rive droite sur les délaissés routiers
- Réduction lit mineur pour diversifier et accélérer écoulements à l'étiage
- Débordement préférentiel en rive gauche
- Abaissement de la hauteur des berges, notamment sur la rive gaucheTravaux de terrassement de la rive gauche (aménager «étage» supplémentaire)



Vulnérabilité des activités anthropiques à proximité immédiate du Canal Mamin (DEAL)

Proposition d'ouvrages:

- Mise en place de rondins dans lit mineur pour diversifier écoulements/faciès et améliorer passage/mobilité de la faune (Samana, Savonette-Rivière)
- Pose de tressages/clayonnages en pied de berges, selon le compartiment et ses forces érosives (bois de Campêche)
- Boutures et plantations en respectant le principe des séries végétales
- Pose d'un géotextile en fibres naturelles (coco) sur toute la hauteur des berges (sur zones d'extras dos) afin d'améliorer la fixation et de protéger les végétaux durant leur croissance

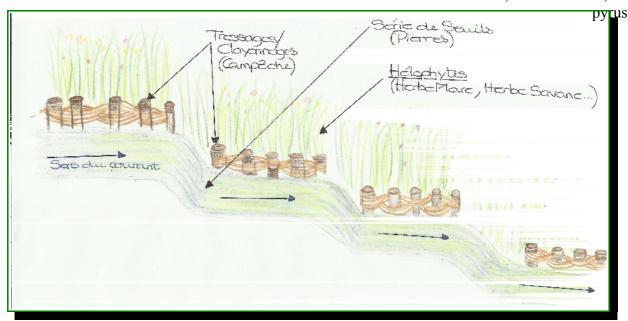
Proposition d'espèces végétales:

- Zone des hydrophytes

Pas d'essences proposées car sont remplacées par des obstacles

- Zone des hélophytes

Herbe Mare, herbe Savane, Pa-



Proposition d'ouvrages pour rétablir une diversité des faciès et des écoulement dans le lit mineur du Canal Mamin (A. LORIOD)

- Zone à bois tendre

Amourette-Rivière, Lantana, Bois de l'Orme (rive gauche)

Bois de l'Orme, Goyavier, Icaquier (zone hybride avec végétaux de transition, entre arbustes et arbres, afin de ne pas «menacer la RD3)

- Zone à bois dur

Bois-Rivière, Samana, Savonnette-Rivière

Démarches de projet:

- Maîtrise d'ouvrage pressentie de la Ville du Lamentin
- Etudes préalables à réaliser sur état initial de l'environnement ripicole
- Réalisation d'un dossier réglementaire (dossier d'autorisation avec enquête publique)
- Maîtrise du foncier, de l'occupation du sol et des activités

- Recherche de financements (ODE, DEAL, FEDER, Fonds Barnier...)



Proposition de revégétalisation du Canal Mamin (A. LORIOD)

- Anticiper besoins en végétaux (impulsion de filières végétales avec 2 à 3 ans d'avance par rapport au temps de croissance de végétaux)
- Evaluation et suivi de l'efficacité des travaux (par rapport à la variété et la densité de la faune piscicole) et donc élaboration et application de paramètres physiques et biologiques
- Éradiquer jacinthe d'eau (lutte biologique)
- Campagnes de communication et de sensibilisation
- Valorisation locale