

VALOREM

213 cours Victor Hugo
33323 BEGLES CEDEX



À l'attention de M. Florian FESSOL et Mme Aurélie
GAYRAUD

Mise à jour de l'étude d'impact

Projet d'aménagement hydroélectrique de la Grande Rivière de Capesterre



Références

Titre	Projet d'aménagement hydroélectrique de la Grande Rivière de Capesterre – Mise à jour de l'étude d'impact
Destinataire	M. Florian FESSOL – VALOREM Aurélié GAYRAUD – VALREA
Auteur(s)	Margaux LACORNE – <i>Caraïbes Environnement Développement</i> Lilian PROCOPIO - TAUARI Gilles LEBLOND
Contrôle qualité	Alexandre SOUDIEUX – <i>Caraïbes Environnement Développement</i>
Référence	E1E4-R0358/23/ML
Version	VF3
Date	26/07/2023

Ce rapport est basé sur les conditions observées et les informations fournies par les représentants de l'établissement lors de nos visites.

Les recommandations ou observations qu'il contient constituent un inventaire non exhaustif ou définitif, ne couvrent pas tous les dangers ou risques potentiels des activités de l'établissement, ni ne garantissent que l'établissement est en règle avec les dispositions législatives, réglementaires, normatives ou statutaires applicables.

Aucune prestation fournie par Caraïbes Environnement ne peut s'assimiler à de la maîtrise d'œuvre. Caraïbes Environnement n'est en aucun cas locateur d'ouvrage, concepteur ou maître d'œuvre.

Ce rapport a pour objet d'assister l'entreprise dans les actions de prévention et de protection de l'environnement et de la maîtrise des risques. Le contenu de ce rapport ne pourra pas être utilisé par un tiers en tant que document contractuel.

SOMMAIRE

1	PRESENTATION DU PROJET.....	10
1.1	Contexte de l'étude.....	10
1.2	Cadre juridique et réglementaire : Etude d'Impact sur l'Environnement	12
2	DESCRIPTION DES ASPECTS PERTINENTS DE L'ENVIRONNEMENT ET LEUR EVOLUTION	16
2.1	Évolution de l'état actuel de l'environnement en cas de mise en œuvre du projet	16
2.2	Évolution de l'état actuel de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet ...	16
2.2.1	<i>Perspectives d'évolution du contexte socio-économique</i>	<i>16</i>
2.2.2	<i>Perspectives d'évolution du contexte physique</i>	<i>17</i>
2.2.3	<i>Perspectives d'évolution du contexte naturel.....</i>	<i>17</i>
3	RESULTATS DES INVENTAIRES FAUNISTIQUES ET FLORISTIQUES.....	18
3.1	La Flore et ses habitats	18
3.1.1	<i>Méthodologie</i>	<i>18</i>
3.1.2	<i>Les habitats observés et les enjeux de conservation</i>	<i>22</i>
3.1.3	<i>Description des zones</i>	<i>25</i>
3.1.4	<i>Les habitats dans les zones</i>	<i>70</i>
3.2	La Faune.....	71
3.2.1	<i>Cadrage et phasage de l'étude.....</i>	<i>71</i>
3.2.2	<i>Critère d'évaluation.....</i>	<i>72</i>
3.2.3	<i>Méthodologie</i>	<i>76</i>
3.2.4	<i>Résultats.....</i>	<i>81</i>
3.2.5	<i>Approche de la répartition de la faune.....</i>	<i>90</i>
3.2.6	<i>Continuités écologiques, déplacement de la faune</i>	<i>95</i>
3.2.7	<i>Approche des continuités écologiques des zones d'étude.....</i>	<i>97</i>
3.3	Les peuplements de poissons et crustacés	98
3.3.1	<i>Méthodologie</i>	<i>98</i>
3.3.2	<i>Résultats.....</i>	<i>98</i>
4	DESCRIPTION DES FACTEURS MENTIONNES AU III DE L'ARTICLE L122-1 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT SUSCEPTIBLES D'ETRE AFFECTES DE MANIERE NOTABLE PAR LE PROJET	100
4.1	Facteurs susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet.....	100
4.2	Interactions existantes entre ces différents facteurs.....	102
5	INCIDENCES NOTABLES QUE LE PROJET EST SUSCEPTIBLE D'AVOIR SUR L'ENVIRONNEMENT	104
5.1	Méthode de caractérisation des incidences.....	104

5.1.1	<i>Définition des incidences</i>	104
5.1.2	<i>Évaluation des effets</i>	105
5.1.3	<i>Effets principaux</i>	105
5.2	Incidences sur le milieu physique	106
5.2.1	<i>Géomorphologie</i>	106
5.2.2	<i>Hydrologie</i>	107
5.3	Incidences sur le milieu naturel.....	109
5.3.1	<i>La Flore et les habitats</i>	109
5.3.2	<i>La Faune</i>	111
5.4	Incidences sur le paysage et le patrimoine.....	120
5.4.1	<i>Contexte paysager</i>	120
5.4.2	<i>Contexte patrimonial</i>	121
5.5	Incidence sur le milieu humain.....	123
5.5.1	<i>Contexte socio-économique</i>	123
5.5.2	<i>Urbanisme et occupation des sols</i>	124
5.5.3	<i>Incidences sur le cadre de vie</i>	126
5.6	Incidences notables du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique	128
5.6.1	<i>Phase travaux</i>	128
5.6.2	<i>Phase exploitation</i>	128
5.7	Étude des effets cumulés de projets d'aménagement.....	129
6	INCIDENCES NEGATIVES NOTABLES ATTENDUES DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT RESULTANT DE LA VULNERABILITE DU PROJET A DES RISQUES D'ACCIDENTS OU DE CATASTROPHES MAJEURS	131
6.1	Les aléas naturels.....	131
6.1.1	<i>Phase travaux</i>	131
6.1.2	<i>Phase exploitation</i>	132
6.2	Les risques technologiques	133
6.3	Les risques accidentogènes	133
7	SOLUTIONS DE SUBSTITUTION ET JUSTIFICATION DU PARTI RETENU	134
7.1	Solutions de substitution	134
7.2	Réponse aux objectifs régionaux en matière d'énergie renouvelable.....	139
7.3	Retombées locales.....	140
7.4	Le site retenu	140
8	DESCRIPTION DES MESURES.....	142

8.1	Mesures d'évitement.....	144
8.1.1	<i>E1 : Utilisation des tracés existants</i>	<i>144</i>
8.1.2	<i>E2 : Évitement de la pollution lumineuse.....</i>	<i>144</i>
8.1.3	<i>E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols.....</i>	<i>145</i>
8.1.4	<i>E4 : Diminution de la surface de défrichement</i>	<i>148</i>
8.2	Mesures de réduction.....	150
8.2.1	<i>R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres</i>	<i>150</i>
8.2.2	<i>R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous.....</i>	<i>150</i>
8.2.3	<i>R3 : Mise en place d'un débit réservé</i>	<i>152</i>
8.2.4	<i>R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques.....</i>	<i>152</i>
8.2.5	<i>R5 : Aménagement de la zone de restitution des eaux turbinées.....</i>	<i>153</i>
8.2.6	<i>R6 : Insertion paysagère du bâtiment de la microcentrale</i>	<i>154</i>
8.2.7	<i>R7 : Fonctionnement de l'installation à « sécurité positive »</i>	<i>155</i>
8.2.8	<i>4R8 : Dispositif de limitation des nuisances envers les populations humaines.....</i>	<i>156</i>
8.2.9	<i>R9 : Arrêt de la centrale lors des périodes de crues ou de forts étiages</i>	<i>156</i>
8.2.10	<i>R10 : Limiter l'érosion des sols.....</i>	<i>157</i>
8.2.11	<i>R11 : Plan de circulation des engins de chantier</i>	<i>157</i>
8.2.12	<i>R12 : Travaux hors période de reproduction de l'avifaune pour le défrichement</i>	<i>160</i>
8.2.13	<i>R13 : Repli et renaturation du chantier</i>	<i>160</i>
8.2.14	<i>R14 : Lutte contre les espèces exotiques envahissantes</i>	<i>161</i>
8.2.15	<i>R15 : Défrichement manuel et progressif.....</i>	<i>162</i>
8.2.16	<i>R16 : Dispositif de protection du milieu aquatique</i>	<i>163</i>
8.3	Mesures de compensation	164
8.3.1	<i>Calcul du ratio de compensation</i>	<i>164</i>
8.3.2	<i>C1 : Réfection des voiries pour usage agricole et exploitation de l'AEP de La Digue ...</i>	<i>170</i>
8.3.3	<i>C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB).....</i>	<i>170</i>
8.4	Mesures d'accompagnement.....	176
8.4.1	<i>A1 : Visites pédagogiques organisées par VALOREM</i>	<i>176</i>
8.4.2	<i>A2 : Solution de franchissement sécurisée et durable de la ravine Guy Balaou.....</i>	<i>177</i>
8.4.3	<i>A3 : Suivi écologique des espèces dont les espèces protégées</i>	<i>177</i>
9	SYNTHESE DES IMPACTS ET MESURES	180
10	INDICATEURS	183
11	DESCRIPTION DES METHODES DE PREVISION OU DES ELEMENTS PROBANTS UTILISES POUR IDENTIFIER ET EVALUER LES INCIDENCES NOTABLES SUR L'ENVIRONNEMENT	185
12	NOMS, QUALITE ET QUALIFICATIONS DU OU DES EXPERTS DE L'ÉTUDE D'IMPACT ET DES ETUDES AYANT CONTRIBUE A SA REALISATION	186

13 ANNEXES 187

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude	10
Figure 2: Schéma de principe d'une centrale hydroélectrique du type de celle de Grande Rivière de Capesterre (Source : VALOREM)	11
Figure 3: Photos de l'ouvrage de La Digue illustrant la dégradation du radier (Source : © VALOREM)	17
Figure 4 : Cartographie des zones du projet présentant les surfaces à défricher (© VALOREM).....	19
Figure 5 : Cartographies des emprises initiales et alternatives sur fond de carte de 2004.....	20
Figure 6 : Catégories UICN pour l'établissement de la Liste Rouge des espèces menacées d'un territoire (Source : UICN, 2012).....	20
Figure 7 : Éléments constitutifs de la trame verte et bleue (Bennett G., 1991) (Extrait SRPNB – ONF 2021)....	22
Figure 8 : Évolution de l'occupation du sol dans les zones d'étude 1 et 2 des installations du captage (images de 2004 et 2017)	24
Figure 9 : Évolution de l'occupation du sol dans la zone d'étude 3, 4 et 5. Tout ce secteur est accessible par une piste bétonnée. Un point en béton est bien entretenu dans la zone 4. Cet accès bien large et entretenu dans tout le périmètre jusqu'à la zone 1 permet et facilite l'entretien des installations du captage d'eau potable de Capesterre localisé à côté de la zone 5.....	24
Figure 10 : Évolution de l'occupation du sol dans les zones d'étude 6, 7, 8 et 9. L'habitat dominant est agricole.	25
Figure 11 : Emprise du projet en zone 1 et enjeux associés	26
Figure 12 : Aspect général de la zone 1 en haut et espèces remarquables en bas (Ligne du bas de gauche à droite : <i>Alsophila imrayana</i> , <i>Heliconia bihai</i> , <i>Heliconia caribaea</i> , <i>Philodendron giganteum</i> et <i>Pitcairnia angustifolia</i>).....	29
Figure 13 : Zone à défricher en jaune, emprise du projet en rouge sur fond de carte de 2017 et en vert sur fond de carte de 2004.....	30
Figure 14 : Aspect général de la zone 2.....	33
Figure 15 : Zone à défricher en jaune, emprise du projet en rouge sur fond de carte de 2017 et en vert sur fond de carte de 2004.....	35
Figure 16 : Aspect général de la zone 3 en haut, espèces remarquables en bas (Sur la ligne du bas : <i>Dieffenbachia seguine</i> , <i>Heliconia bihai</i> , <i>Cecropia schreberiana</i> , <i>Philodendron giganteum</i>)	37
Figure 17 : Zone à défricher en jaune, emprise initiale du projet en rouge sur fond de carte de 2017 et en vert sur fond de carte de 2004.....	38
Figure 18 : Aspect général de la zone 4.....	41
Figure 19 : Proposition d'une emprise alternative qui traverse la Ravine Guy Balaou.....	42
Figure 20 : Illustration de quelques espèces du cortège la forêt méso-hygrophile présente en haut de la pente entre la zone 3 et 4 (périmètre de l'emprise 1). De gauche à droite : <i>Stylogyne lateriflora</i> , <i>Abarema jupunba</i> , <i>Dacryodes excelsa</i> , <i>Myrcia deflexa</i> , <i>Sterculia caribaea</i> , <i>Dussia martinicensis</i> (VU).....	43
Figure 21 : Aspect général de la zone ouverte sur la montagne et en vallée entre les zones 3 et 4 (périmètre de l'emprise alternative 1).....	44
Figure 22 : Cartographie des tracés envisagés en zone 4 (emprise initiale en bordeaux et emprise alternative 2 en rouge) ainsi que le chemin d'accès dans la bananeraie (en rose). (© VALOREM, Orthophotos et Lidar)....	48
Figure 23 : Aperçu des habitats observés sur le tracé de l'emprise alternative 2.....	50
Figure 24 : L'emprise initiale du projet en rouge sur fond carte de 2017 et en vert sur fond carte de 2004. Dans cette zone les deux emprises alternatives (en rose) suivent le même tracé sur la plantation de bananes en pente.....	53
Figure 25 : Aspect général de la zone 5.....	54
Figure 26 : L'emprise initiale du projet en rouge sur fond carte de 2017 et en vert sur fond carte de 2004. Dans cette zone il n'y a pas eu de proposition d'emprises alternatives car la zone est déjà complètement modifiée par la dense population d'arbre à pain.....	57
Figure 27 : Aspect général de la zone 6.....	58
Figure 28 : L'emprise initiale du projet en rouge sur fond carte de 2017 et en vert sur fond carte de 2004. Dans cette zone il n'y pas eu de proposition d'emprises alternatives car zone à défricher est complètement anthropisée (formation pionnière).....	60
Figure 29 : Aspect général de la zone 7.....	61
Figure 30 : L'emprise initiale du projet en rouge sur fond carte de 2017, en vert sur fond carte de 2004 et tracé alternatif en rose.....	62
Figure 31 : Aspect général de la zone 8.....	64
Figure 32 : L'emprise initiale du projet en vert et tracé alternatif en rose sur fond carte de 2017 et 2004.....	65
Figure 33 : L'emprise initiale du projet en vert et tracé alternatif en rose sur fond carte de 2004	67

Figure 34 : Aspect général de la zone 9.....	69
Figure 35 : Zones inventoriées au sein de l'aire d'étude.....	71
Figure 36 : Protocole d'inventaire faunistique.....	76
Figure 37 : Cartographie de la disposition des points d'écoute sur la zone d'étude.....	78
Figure 38 : Carte présentant les points de contact avec l'avifaune patrimoniale.....	90
Figure 39 : Carte présentant les points de contact avec les chiroptères patrimoniaux.....	91
Figure 40 : Carte présentant les points de contact avec l'herpétofaune patrimoniale.....	92
Figure 41 : Schématisation d'une trame.....	95
Figure 42 : Schéma des trames verte, bleue et noire.....	96
Figure 43 : Schéma des trames verte et bleue des zones d'étude.....	97
Figure 44 : Schéma cartographique de la trame noire.....	98
Figure 45 : Schéma d'interactions existantes entre l'ensemble des facteurs (Source : Setec in vivo, 2020).....	102
Figure 46 : Schémas des travaux en rivière (© Valorem).....	113
Figure 47 : Agrandissement sur les tracés initiaux et alternatifs entre les zones 3 et 4.....	114
Figure 48 : Agrandissement sur les tracés initiaux et alternatifs entre les zones 8 et 9.....	115
Figure 49 : Schématisation de la règle du bruit.....	126
Figure 50 : Choix de l'emprise alternative 2 pour le passage de la ravine Guy Balaou.....	137
Figure 51 : Choix de l'emprise alternative 1 entre les zones 8 et 9.....	137
Figure 52 : Cartographie des tracés envisagés en zone 4 : emprise initiale (violet) et emprise alternative 2 modifiée (jaune), ainsi que le chemin d'accès dans la bananeraie (rose)Justification du parti retenu.....	138
Figure 53 : Emprise initiale (vert) et premières emprises alternatives proposées (rose et orange) pour le passage de la ravine Guy Balaou.....	148
Figure 54 : Emprise alternative modifiée pour éviter les habitats à enjeux et les espèces patrimoniales.....	149
Figure 55 : Vue en coupe latérale de la passe à ouassous de la prise d'eau du projet (© VALOREM).....	151
Figure 56: Photos de l'ouvrage de La Digue illustrant la dégradation du radier (Source : © VALOREM).....	151
Figure 57: Détail du rejet de la centrale, vue en plan et coupe (Source : YETHY, 2021).....	153
Figure 58 : Plan de circulation des engins de chantier.....	158
Figure 59 : Schémas des travaux en rivière (© Valorem).....	164
Figure 60 : Cartographies des parcelles disponibles pour de la compensation écologique ou une mise en défend.....	172
Figure 61 : Photos des zones 1 (à gauche) et 2 (à droite). (© VALOREM).....	173
Figure 62 : Photo de la prairie en zone 3 (© VALOREM).....	174
Figure 63 : Photo des zones 4 et 5 (© VALOREM).....	174
Figure 64 : Photos des zones 6 et 7, détruites lors du passage de la tempête FIONA en septembre 2022 (© VALOREM).....	175

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau de présentation des zones de défrichement du projet (NB : Les surfaces à défricher sont données à titre indicatif et sont en cours d'évaluation par l'ONF).....	10
Tableau 2: Extrait de l'annexe à l'article R. 122-2 du Code de l'Environnement et situation du projet.....	12
Tableau 3 : Extrait de l'annexe à l'article R214-1 du Code de l'Environnement et situation du projet.....	12
Tableau 4 : Liste des habitats identifiés sur l'aire d'étude. Le Code Corine Biotope permet de trouver ces habitats dans l'arrêté qui définit les habitats patrimoniaux* (Légifrance, 2019B).....	23
Tableau 5 : Espèces observées dans la zone 1.....	26
Tableau 6 : Espèces observées dans la zone 2.....	30
Tableau 7 : Espèces observées dans la zone 3.....	35
Tableau 8 : Espèces observées dans la zone 4.....	39
Tableau 9 : Espèces observées dans le périmètre de la proposition alternative 1 entre les zones 3 et 4.....	44
Tableau 10 : Espèces observées dans le périmètre de la proposition alternative 2, passage par la lisière de la forêt, des cultures et de la Ravine Guy Balaou.....	50
Tableau 11 : Espèces observées dans la zone 5.....	55
Tableau 12 : Espèces observées dans la zone 6.....	57
Tableau 13 : Espèces observées dans la zone 7.....	60
Tableau 14 : Espèces observées dans la zone 8.....	63
Tableau 15 : Espèces observées dans la zone 9.....	67

<i>Tableau 16 : Liste des habitats identifiés sur l'aire d'étude. Le Code Corine Biotope permet de trouver ces habitats dans l'arrêté qui définit les habitats patrimoniaux.</i>	70
<i>Tableau 17 : Méthodologie d'inventaires pour les reptiles et amphibiens</i>	79
<i>Tableau 18 : Calendrier des prospections</i>	79
<i>Tableau 19 : Richesse spécifique des groupes taxonomiques inventoriés (dont les espèces potentielles en rouge)</i>	81
<i>Tableau 20 : Liste des espèces avérées et potentielles sur les zones d'étude.</i>	82
<i>Tableau 21 : Enjeux patrimoniaux de la faune</i>	84
<i>Tableau 22 : Répartition des taxons contactés selon les zones du projet</i>	93
<i>Tableau 23 : Facteurs susceptibles d'être affectés de manière notable par la projet et renvois vers les paragraphes traitant de ces aspects.</i>	100
<i>Tableau 24: Classement des effets</i>	105
<i>Tableau 25 : Évaluation de l'impact du défrichement sur la faune</i>	115
<i>Tableau 26 : Projets localisés sur la commune de Capesterre Belle-Eau et ayant obtenu un avis de l'Autorité Environnementale</i>	130
<i>Tableau 27 : Analyse des avantages et inconvénients des différents variantes et la justification des choix effectués pour répondre aux enjeux</i>	139
<i>Tableau 28 : Critères pris en compte dans le processus de projet.</i>	141
<i>Tableau 29 : Surfaces destinées à des actions de compensation</i>	172
<i>Tableau 30 : Liste d'espèces de flore vasculaire présentes sur l'aire d'étude. Catégorie de menace selon UICN (2019). Statut géographique selon TAXREF14. Présent (indigène ou indéterminé) de la Guadeloupe. LC – Préoccupation mineure ; VU – vulnérable ; NT- quasi menacé</i>	191

1 Présentation du projet

1.1 Contexte de l'étude

L'intervention de CARAÏBES ENVIRONNEMENT DEVELOPPEMENT sur ce projet consiste en la mise à jour réglementaire de l'Étude d'Impact réalisée par Force Hydraulique Antillaise en 2007 par rapport à l'évolution de la réglementation.

Ainsi, à la lecture de l'Étude d'Impact réalisée en 2007 et conformément aux exigences réglementaires qui découlent du décret n°2019-474 du 21 mai 2019 - art. 1-6, codifiée à l'article R.122-5 du Code de l'Environnement modifiant le contenu de l'étude d'impact, des points manquants ont été identifiés, ils sont développés dans le présent rapport.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude comportait initialement 9 zones correspondant aux zones à défricher pour le passage de la conduite forcée. Bien que celles-ci aient été modifiées suite à l'application de la séquence ERC au cours de l'étude, leurs appellations ont été conservées.

Tableau 1 : Tableau de présentation des zones de défrichement du projet (NB : Les surfaces à défricher sont données à titre indicatif et sont en cours d'évaluation par l'ONF)

Numéro de zone	Surface à défricher (m ²)	Description
1	725	Localisation de la prise d'eau et du dessableur + local technique
2	0	Conduite forcée
3	328	Conduite forcée

Numéro de zone	Surface à défricher (m²)	Description
4	902	Conduite forcée
4 bis (Déviation par le gué)	363	Chemin d'exploitation
5	572	Conduite forcée
6	434	Conduite forcée
7	177	Conduite forcée
8	176	Conduite forcée
9	417	Localisation du bâtiment de la centrale

À la suite d'une première version de la mise à jour de l'étude d'impact en phase exploitation réalisée en janvier 2022, VALOREM a souhaité réaliser de nouveaux inventaires floristiques et faunistiques sur des tracés alternatifs. De plus, à la lecture du premier document, la DEAL a révélé la nécessité de réaliser des inventaires avifaunistiques et chiroptérologiques en période de reproduction.

Suite à la remise du dossier complété en septembre 2022, la DEAL a souhaité une analyse des incidences en phase travaux.

Le présent document présente les incidences du projet en phase travaux et exploitation.

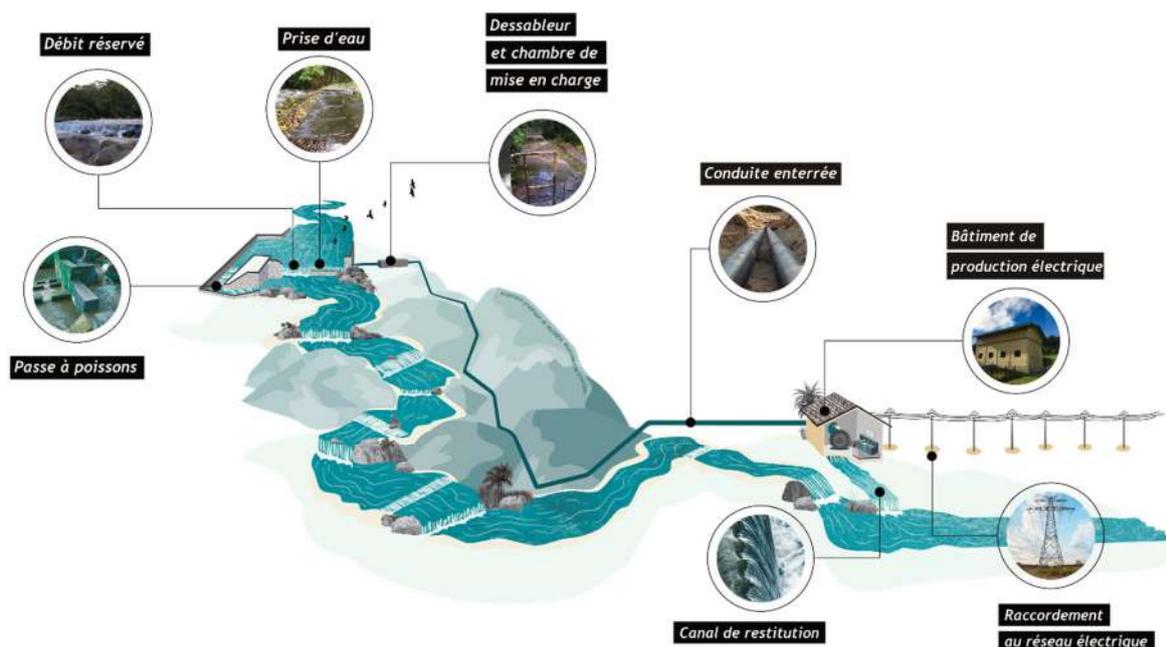


Figure 2: Schéma de principe d'une centrale hydroélectrique du type de celle de Grande Rivière de Capesterre (Source : VALOREM)

1.2 Cadre juridique et réglementaire : Etude d'Impact sur l'Environnement

Conformément aux articles L122-1, R122-2 du Code de l'Environnement, le projet étant d'une puissance inférieure à 4,5 MW, celui-ci a d'abord été soumis à un examen au cas-par-cas pour la rubrique 29 (Installations destinées à la production d'énergie hydroélectrique).

Tableau 2: Extrait de l'annexe à l'article R. 122-2 du Code de l'Environnement et situation du projet

CATÉGORIES de projets	PROJETS soumis à évaluation environnementale	PROJETS soumis à examen au cas par cas	Situation du projet
29. Installations destinées à la production d'énergie hydroélectrique	Installations d'une puissance maximale brute totale supérieure à 4,5 MW.	Nouvelles installations d'une puissance maximale brute totale inférieure ou égale à 4,5 MW. Augmentation de puissance de plus de 20% des installations existantes.	4 422 kW de production → Projet soumis au Cas par cas

Le projet est soumis aux régimes valant autorisation au titre des articles L. 214-1 et suivants du Code de l'Environnement.

Tableau 3 : Extrait de l'annexe à l'article R214-1 du Code de l'Environnement et situation du projet

Rubrique	CATÉGORIES de projets	Régime
1.2.1.0	À l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe : 1. D'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1 000 m ³ /heure ou à 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (A)	Autorisation
3.1.1.0	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant : 1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ; 2° Un obstacle à la continuité écologique : a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (A)	Autorisation
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	Autorisation
3.1.4.0	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m (A) Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :	Déclaration

Rubrique	CATÉGORIES de projets	Régime
	1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m (A) ; 2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m (D).	
3.1.5.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet ; 1° Destruction de plus de 200 m ² de frayères (A) ; 2° Dans les autres cas (D).	Déclaration
5.2.2.0	Concessions hydrauliques régies par le livre V du code de l'énergie (A).	Autorisation

À la suite de la réalisation d'un examen au cas-par-cas, l'avis de l'Autorité environnementale s'est révélé être en faveur de la réalisation d'une étude d'impact.

Une étude d'impact a été réalisée en 2007, celle-ci a abouti à la rédaction de l'arrêté préfectoral n°2009-1820AD/1/4 du 18 novembre 2009 autorisant la société FORCE HYDRAULIQUE ANTILLAISE à construire une mini centrale hydroélectrique sur la Grande rivière de Capesterre, commune de Capesterre Belle-Eau pour une durée de 30 ans.

Depuis, le projet ne s'est pas développé. En avril 2019, la société FORCE HYDRAULIQUE ANTILLAISE a rejoint le groupe VALOREM.

C'est donc la société VALOREM qui a relancé ce dossier en (re)présentant à la DEAL le dossier. Après plusieurs échanges avec le service instructeur (dont plusieurs réunions de cadrage avec CARAÏBES ENVIRONNEMENT DÉVELOPPEMENT le 1^{er} juillet 2021 et le 22 septembre 2022 avec la DEAL), il a été convenu qu'il était nécessaire de mettre à jour l'étude d'impact de 2007 au sein d'un dossier annexe en intégrant notamment :

- ✓ Évolution en cas de mise en œuvre du projet et en cas de non-mise en œuvre du projet (scénario de référence) conformément au décret n°2016-1110
- ✓ Description des facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet
- ✓ Description des effets cumulés avec d'autres projets connus
- ✓ Description des incidences notables du projet sur l'environnement en phase travaux
- ✓ Description des incidences notables du projet sur l'environnement en phase exploitation
- ✓ Description des incidences négatives notables du projet sur l'environnement, sur le climat et de la vulnérabilité face au changement climatique
- ✓ Description des mesures d'évitement, de réduction et de compensation selon le "Guide d'aide à la définition des mesures ERC¹" du CGDD datant de Janvier 2018
- ✓ Description des modalités de suivi des mesures ERC

¹ Eviter, Réduire, Compenser

- ✓ Réalisation d'inventaires faune flore terrestres et aquatiques²
- ✓ Réévaluation du débit réservé³

- **Contenu de l'étude d'impact sur l'environnement**

Le contenu de l'étude d'impact sera conforme à l'article R122-5 modifié par Décret n°2019-474 du 21 mai 2019 - art. 1 -6 du Code de l'Environnement ainsi qu'à l'article R341-1 du Code Forestier.

L'étude d'impact présente successivement :

1. L'étude d'impact est précédée d'un **résumé non technique**. Ce résumé permet de faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude d'impact
2. Une **description du projet** comportant des informations relatives à la description de la localisation du projet ; des caractéristiques physiques de l'ensemble du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition nécessaires, et des exigences en matière d'utilisation des terres lors des phases de construction et de fonctionnement ; une description des principales caractéristiques de la phase opérationnelle du projet, relatives au procédé de fabrication, à la demande et l'utilisation d'énergie, la nature et les quantités des matériaux et des ressources naturelles utilisés ; une estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, tels que la pollution de l'eau, de l'air, du sol et du sous-sol, le bruit, la vibration, la lumière, la chaleur, la radiation, et des types et des quantités de déchets produits durant les phases de construction et de fonctionnement.
3. Une description des aspects pertinents de **l'état actuel de l'environnement** dénommée "scénario de référence", et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport au scénario de référence peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles
4. Une description des facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage
5. Une description des **incidences notables** que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres :
 - a. De la construction et de l'existence du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition ;
 - b. De l'utilisation des ressources naturelles, en particulier les terres, le sol, l'eau et la biodiversité, en tenant compte, dans la mesure du possible, de la disponibilité durable de ces ressources ;
 - c. De l'émission de polluants, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisances et de l'élimination et la valorisation des déchets ;
 - d. Des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement ;

² Les inventaires en milieu terrestre seront réalisés par CARAÏBES ENVIRONNEMENT DÉVELOPPEMENT et seront intégrés au rapport. Les inventaires en milieu aquatique sont réalisés par Mme Dominique MONTI du bureau d'étude BIOS.

³ Prestation non réalisée dans le cadre de ce rapport, prise en charge par BIOS (Dominique MONTI).

- e. Du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées. Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :
- ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;
 - ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage ;

- f. Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique
- g. Des technologies et des substances utilisées.

La description des éventuelles incidences notables sur les facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 porte sur les effets directs et, le cas échéant, sur les effets indirects secondaires, cumulatifs, transfrontaliers, à court, moyen et long termes, permanents et temporaires, positifs et négatifs du projet ;

6. Une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence ;
7. Une **description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage**, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine
8. Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités ; compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité.

La description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des impacts du projet sur les éléments mentionnés au 5° ;

9. Le cas échéant, les **modalités de suivi des mesures** d'évitement, de réduction et de compensation proposées ;
10. Une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement ;
11. Les noms, qualités et qualifications du ou des experts qui ont préparé l'étude d'impact et les études ayant contribué à sa réalisation ;
12. Lorsque certains des éléments requis ci-dessus figurent dans l'étude de maîtrise des risques pour les installations nucléaires de base ou dans l'étude des dangers pour les installations classées pour la protection de l'environnement, il en est fait état dans l'étude d'impact.

2 Description des aspects pertinents de l'environnement et leur évolution

Ce chapitre présente, conformément à l'article R122-5 du Code de l'Environnement modifié par le décret n°2016-1110 du 11 août 2016, les perspectives d'évolution du site de projet.

Ainsi, pour chaque dimension de l'environnement, l'évolution probable du site est décrite d'abord dans le cas de la **mise en œuvre du projet**, puis dans le cas de **l'absence de mise en œuvre du projet**.

Pour chaque scénario, une description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement et leur évolution doivent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles.

2.1 Évolution de l'état actuel de l'environnement en cas de mise en œuvre du projet

Cette partie présente une description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement et de leur évolution **en cas de mise en œuvre du projet**.

L'état actuel de l'environnement est décrit dans le chapitre 4 « État initial de l'environnement » de l'étude d'impact réalisée par Force Hydraulique Antillaise en 2007⁴.

2.2 Évolution de l'état actuel de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet

2.2.1 Perspectives d'évolution du contexte socio-économique

En 2016, le volet énergie du Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) et le Plan Régional de l'Énergie (PRERURE) de Guadeloupe ont été remplacés par un seul outil de planification, la PPE (Programmation Pluriannuelle de l'Énergie), prévue par la loi.

L'objectif de politique énergétique spécifique aux Outre-Mer est l'atteinte de l'autonomie énergétique en 2030 (50% au minimum d'énergies renouvelables dès 2023).

La PPE de Guadeloupe vise à renforcer l'action du territoire en matière :

- De maîtrise de la demande d'énergie ;
- D'efficacité énergétique ;
- De développement des énergies renouvelables.

L'absence de mise en œuvre du projet ne contribue pas à l'atteinte de ces objectifs.

⁴ « Force Hydraulique Antillaise – Aménagement hydroélectrique de la Grande Rivière de Capesterre – Dossier de Police des Eaux » - Chapitre 4, page 15

2.2.2 Perspectives d'évolution du contexte physique

• Consommation de ressources naturelles

L'absence de mise en œuvre du projet empêche la production de ressource énergétique propre prévue par la microcentrale hydroélectrique.

La construction d'une nouvelle prise d'eau en aval direct de la prise d'eau existante de l'usine d'eau potable de La Digue aurait permis de consolider l'ouvrage face aux crues cycloniques dévastatrices.

En effet, l'ouvrage de La Digue se dégrade rapidement et pourrait se retrouver détruit à court terme. Les photos ci-dessous prises en janvier 2021 puis en août 2021 montrent l'état du radier.



Janvier 2021

Août 2021

Août 2021

Figure 3: Photos de l'ouvrage de La Digue illustrant la dégradation du radier (Source : © VALOREM)

• Évolution du milieu physique

L'absence de mise en place du projet n'aura pas d'effet notable sur l'évolution de la qualité de l'air, ni sur la pollution des masses d'eau.

L'absence de mise en place du projet retardera l'installation de barrières physiques au niveau de la prise d'eau, prévues dans le projet de VALOREM et requises par le périmètre de protection rapproché de la prise d'eau potable de la Digue (arrêté de 2013).

L'absence de mise en place du projet ne créerait pas spécifiquement de nuisances ou de risques sanitaires et n'influe pas sur les risques naturels présents sur tout le territoire (cyclone, séisme).

2.2.3 Perspectives d'évolution du contexte naturel

En l'absence de projet, le site conserverait ses espaces actuels intacts, notamment la forêt mésophile et la Grande Rivière de Capesterre. En effet, ceci éviterait l'implantation de certains éléments de la microcentrale (dessableur, portions de la conduite forcée) dans un milieu naturel de forêt et de rivière en aire d'adhésion du Parc National de Guadeloupe. De plus, la faune de rivière ne serait pas impactée par le tronçon court-circuité.

Aucun grand projet d'aménagement n'est connu sur la zone d'étude.

En absence de mise en œuvre du projet, la modification du paysage est considérée comme négligeable. Il est toutefois à noter que lors d'une visite de site début août 2021, un gros affouillement de la piste béton menant à la prise d'eau existante de La Digue a été constaté. En l'absence du projet, des travaux de confortement sont à prévoir en berge sur ce secteur de piste très proche de la rivière.

L'évolution du projet est décrite dans le chapitre 6 « Analyse des effets du projet sur l'environnement » de l'étude d'impact de 2007 pour la phase travaux et dans le chapitre 4.

3 Résultats des inventaires faunistiques et floristiques

3.1 La Flore et ses habitats

3.1.1 Méthodologie

La méthodologie du diagnostic écologique se décompose en trois phases : i) Étude bibliographique et cartographique, ii) Inventaires flore et description des habitats et iii) Mise en évidence des enjeux de conservation vis-à-vis du statut des espèces observées.

- **Cartographie**

L'analyse cartographique est composée de deux étapes : une étape préalable qui prédéfini l'occupation du sol et oriente les prospections de terrain, puis une étape finale qui compile les données recueillies sur le terrain et les recoupe avec une série d'images satellites, des orthophotos, des photos aériennes anciennes ainsi que des couches des zonages écologiques disponibles sur les plateformes Geoportail (© IGN 2019) et Karugeo (©KaruGéo). Grâce à l'outil « remonter le temps » (BDOrtho ©IGN depuis 1950 jusqu'à 2017), il est possible d'évaluer les occupations passées de la zone d'étude ainsi que la dynamique de la végétation au fil du temps, afin de définir les enjeux de conservation et de continuité écologique.

Les cartes préalables ont été élaborées à partir du logiciel MapMarker© qui permet de réaliser une cartographie en ligne et d'y ajouter des points et notes d'observations depuis le terrain. Ces informations sont exportables pour la création des cartes définitives sur le logiciel QGIS.

Des points de relevé ont été prédéfinis et référencés sur application MapMarker© de façon à couvrir tous les différents faciès de couvertures végétales identifiés sur les orthophotos (2017 ©Geoportail). Les habitats sont nommés selon Corine Biotope (Référentiel habitats - HABREF - https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/22).

Les fonds de cartes les plus récents disponibles datent de 2017, la délimitation des habitats est donc établie par étalonnage de cette image de 2017 avec celle de 2004 qui permet de mieux voir l'évolution des milieux. Cet étalonnage complète les images prises sur le terrain et permet la description plus précise de l'état des habitats en 2021 et 2022. Les cartes finales sont réalisées sur les fonds qui permettent de visualiser les traces d'anthropisation.

- **Inventaire floristique**

Les inventaires ont été réalisés par l'écologue-botaniste Lilian Procópio en deux passages sur le site en septembre de 2021 et janvier de 2022 (ce deuxième passage a été retardé dû au contexte sanitaire et social de la Guadeloupe à la fin de l'année 2021). Un troisième passage a été réalisé en mai 2022 pour la vérification de la faisabilité des tracés alternatifs. Les différents types d'habitats ont été parcourus afin d'identifier les cortèges floristiques caractéristiques ainsi que la présence d'espèces d'intérêt patrimonial (rares, protégées, menacées) et d'espèces exotiques envahissantes. Ces espèces sont géoréférencées et leur population décrite pour l'analyse des enjeux de conservation.

NB : Le secteur forestier situé entre les zones 3 et 4 est caractérisé par un relief très escarpé. Une partie de ce secteur est recouverte par une végétation secondaire dense, rendant la zone difficile à franchir. Pour des raisons de sécurité, ce secteur n'a été parcouru qu'en lisière et l'inventaire est basé sur les arbres visibles depuis celle-ci. Il existe donc une éventuelle lacune concernant ces résultats car le milieu est susceptible de présenter des espèces à enjeux forts. Cependant, ce secteur forestier n'est pas impacté par le tracé final de la conduite.



Figure 4 : Cartographie des zones du projet présentant les surfaces à défricher (© VALOREM)

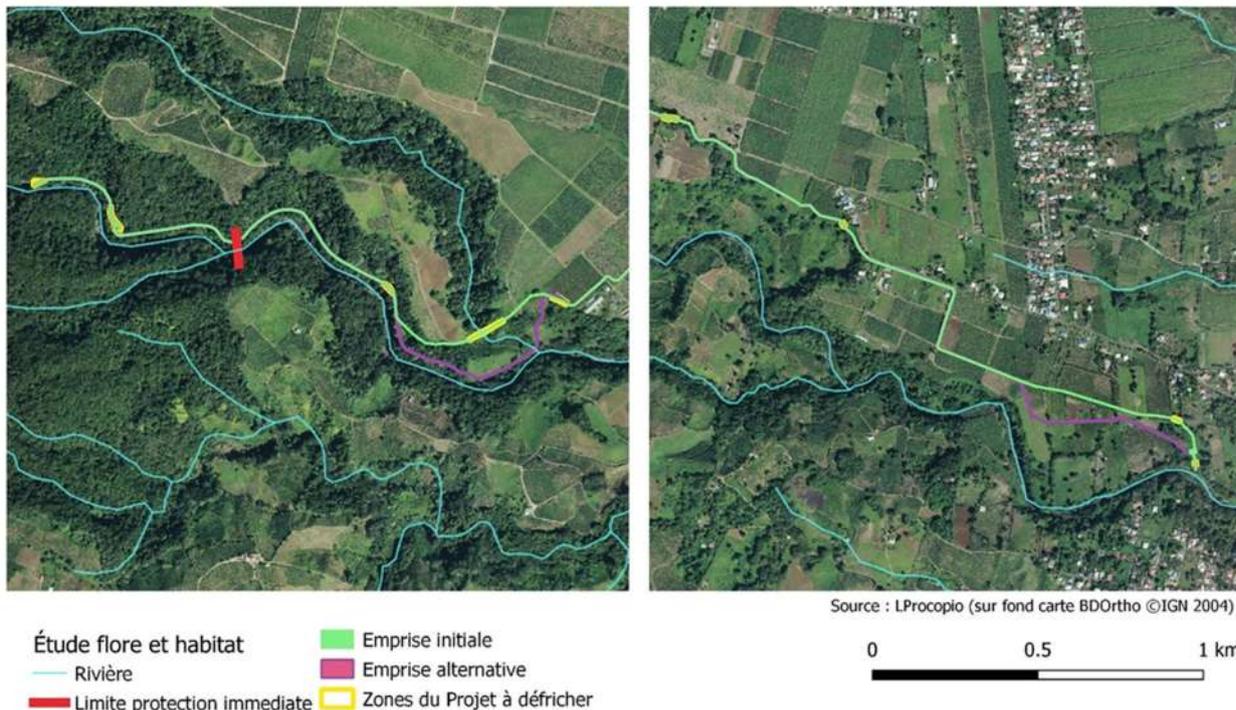


Figure 5 : Cartographies des emprises initiales et alternatives sur fond de carte de 2004

Sont considérées comme espèces patrimoniales, les espèces inscrites dans :

- 1- L'Arrêté du 26 décembre 1988 Espèces Flore Protégées Guadeloupe ;
- 2- La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre la flore vasculaire de Guadeloupe, Paris, France (IUCN comité français, MNHN & GBIG, 2019)

La liste des espèces avec leurs statuts de menace est présentée ainsi que la liste des habitats à enjeux de conservation. La nomenclature des espèces suit le référentiel taxonomique Taxref v14 (INPN, 2020).

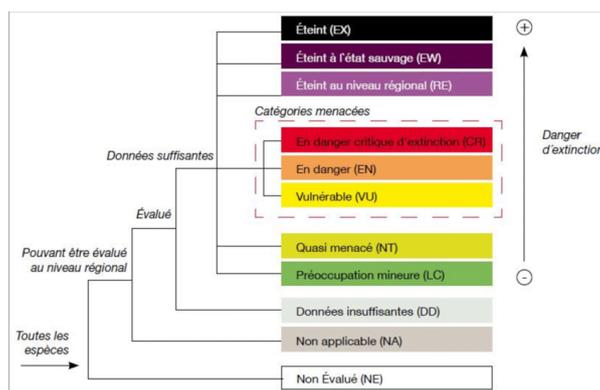


Figure 6 : Catégories UICN pour l'établissement de la Liste Rouge des espèces menacées d'un territoire (Source : UICN, 2012)

• Caractérisation des habitats

La caractérisation des habitats a été faite à partir du cortège floristique et du recouvrement des populations dominantes. Toutes les espèces végétales présentes sont inventoriées par strate (strates arborées, arbustives, herbacées), puis un indice d'abondance leur est attribué selon la méthode Braun-Blanquet (Meddour, 2011) pour estimer la couverture végétale dans un champ de vision proche d'environ 3 m.

Chaque unité de végétation a été rattachée à la typologie CORINE BIOTOPE (Hoff, 1997) adaptée aux Antilles (HABREF- CD_HAB version 5.0 disponible sur le site de l'INPN, Inventaire National du Patrimoine Naturel).

Le relevé de terrain met en relief l'importance du cortège qui forme chaque habitat. Il a été ainsi défini de manière qualitative selon leur état de conservation. La patrimonialité des habitats suit l'arrêté du 5 août 2019 fixant la liste des habitats naturels pouvant faire l'objet d'un arrêté préfectoral de protection des habitats naturels en Guadeloupe, Martinique et à Saint- Martin (*Légifrance, 2019B*).

- **Catégorisation des enjeux**

La catégorisation d'un enjeu est liée au statut de menace (ou vulnérabilité) des espèces patrimoniales observées selon le classement sur la Liste Rouge de la Guadeloupe (UICN, 2019) et aux habitats patrimoniaux.

L'enjeu « **très fort** » indique la présence d'espèces protégées.

L'enjeu « **fort** » indique la présence des espèces considérées comme menacées dans les Antilles, ou la présence d'espèces exotiques envahissantes ou encore la patrimonialité de l'habitats.

L'enjeu « **moyen** » est lié à la présence des espèces patrimoniales non protégées (endémiques et subendémiques) ou aussi à la patrimonialité de l'habitat.

Certaines espèces patrimoniales peuvent disparaître suite à la présence de plantes Exotiques Envahissantes (EEE) dans leur habitat.

Selon la Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes (2017), une espèce exotique envahissante (ou espèce invasive) est « *une espèce exotique dont l'introduction ou la propagation s'est révélée constituer une menace pour la biodiversité et les services écosystémiques associés ou avoir des effets néfastes sur la biodiversité et lesdits services* ». Une des principales conséquences de la présence des EEE est la modification des habitats par la dominance de leur population qui empêche la dynamique de colonisation locale par les espèces indigènes.

Les Espèces considérées comme Exotiques Envahissantes (EEE) sont celles de la liste de l'Arrêté du 9 août 2019 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des Espèces végétales Exotiques Envahissantes sur le territoire de la Guadeloupe.

La présence de ces espèces est notée pour l'analyse des contraintes de conservation des espèces indigènes présentes sur le site.

- **Les trames écologiques**

« La trame verte et bleue désigne un ensemble de milieux naturels, terrestres ou aquatiques (cours d'eau, canaux, plans d'eau...) qui sont reliés entre eux et qui constituent des habitats vitaux pour les différentes espèces qui leurs sont inféodés. On parle également de « continuités écologiques » ou de « réseau écologique ». La trame verte et bleue est composée de deux catégories d'éléments : des réservoirs de biodiversité d'une part et des corridors qui les relient entre eux d'autre part (EcoScop, 2014).

Les corridors écologiques assurent des connexions entre des réservoirs de biodiversité, offrant aux espèces des conditions favorables à leur déplacement et à l'accomplissement de leur cycle de vie (CERESA, 2015). » (*Extrait : Rapport SRPNB – ONF 2021*)

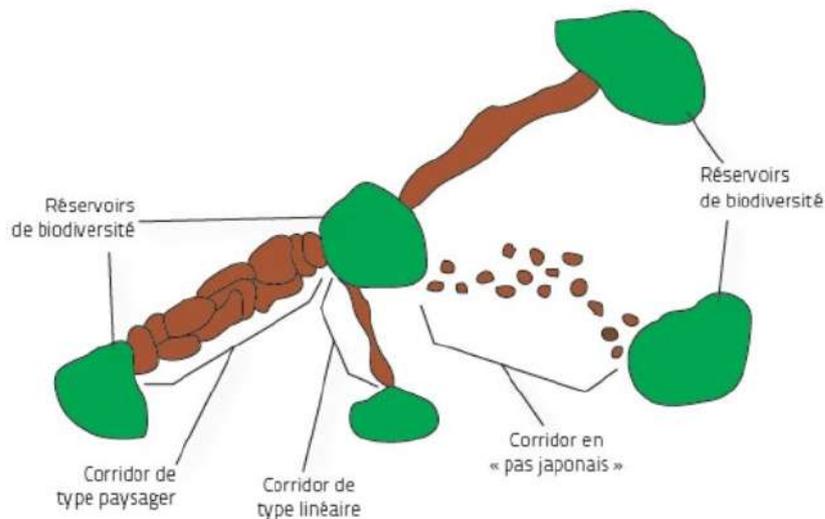


Figure 7 : Éléments constitutifs de la trame verte et bleue (Bennett G., 1991) (Extrait SRPNB – ONF 2021)

3.1.2 Les habitats observés et les enjeux de conservation

Selon l'Arrêté du 5 août 2019 (Légifrance, 2019), trois habitats d'intérêt patrimonial sont identifiés au sein de l'aire d'étude : la *forêt hygrophile pionnière*, la *forêt ripisylve tropicale* et le *lit majeur et la zone sous influence de la nappe d'accompagnement*. Ce dernier a été mis en évidence en délimitant une « zone tampon » de 20 m des deux côtés de la rive de la Grande Rivière de Capesterre. Cette délimitation permet de prévoir dans quelle mesure les installations prévues et leurs travaux peuvent affecter cet habitat.

Des installations de captage d'eau sont présentes dans la rivière. Une piste bétonnée traverse les quatre premières zones. Les autres zones d'étude sont très dégradées et/ou modifiées par l'activité agricole. Il n'y a plus (ou presque pas) de couverture végétale naturelle. En résumé, toutes les zones étudiées sont globalement anthropisées.

Les habitats identifiés dans les zones sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Liste des habitats identifiés sur l'aire d'étude. Le Code Corine Biotope permet de trouver ces habitats dans l'arrêté qui définit les **habitats patrimoniaux*** (Légifrance, 2019B)

Habitat	Code Corine	Code HABREF (CD_HAB)	Enjeu
Forêt ripisylve tropicale*	A4A.1	2280	Fort
Lits majeurs et zone sous influence de la nappe d'accompagnement*	A24.2	29753	Fort
Forêts hygrophiles pionnières*	A46.3	2275	Fort
Forêts hygrophiles et méso-hygrophiles secondaires ou dégradées des Antilles	A46.21	6725	Moyen
Terrains agricoles et paysages artificiels	A8	179	Faible
Vergers, bosquets et plantations d'arbres	A83	717	Moyen
Friches et brousses	A87.1	2343	Faible
Bananaeries	A82.13	6852	Faible

Le territoire de Capesterre présente un sol ferrallitique naturellement meuble, sujet à l'érosion⁵. Les zones 5 et 7 sont localisées très proches, voire sur des pentes colonisées principalement par des espèces herbacées et arborés pionnières. Sur ces pentes, la végétation protège les sols de l'érosion et joue un rôle de brise-vent, en tête de versant, pour la culture de bananes de la zone 5.

Les zones des vergers et plantations d'arbres situées dans le périmètre de l'étude n'ont pas de valeur patrimoniale. Cependant, de par sa fonction écologique dans le cadre de la continuité écologique de la Trame Verte, cet habitat présente aussi un intérêt moyen de conservation.

- **L'occupation du sol du site étudié**

Les images aériennes de 2004 (source : IGN©remonterdansletemps) et de 2003 (Google©Earth) montrent que les zones 1, 2 et 3 sont entourées de forêts mais défrichées depuis au moins 2003, dû à l'entretien du captage d'eau.

Sur les images aériennes plus récentes (2017), les zones 1 et 2 semblent arborées tandis que la zone 3 n'est jamais revenue à l'état arboré et ne présente pas de traces de régénération arborée.

⁵ Rousteau, A., Portecop, J., Rollet, B. (1996). Carte écologique de la Guadeloupe. 38p.



Figure 8 : Évolution de l'occupation du sol dans les zones d'étude 1 et 2 des installations du captage (images de 2004 et 2017)

La végétation arborée de bord des cours d'eau (ripisylves) des zones 4, 6 et 9 est composée en majorité par des espèces pionnières, appartenant aux strates arbustives et arborées, ce qui reflète une dynamique de régénération très forte.

La zone 6 est traversée par un cours d'eau intermittent complètement dégradé et modifié par une piste d'accès aux cultures. La ripisylve est dominée par des espèces exotiques et l'érosion du terrain sur les berges du cours d'eau est bien visible. **L'enjeu lié à l'habitat forêt ripisylve tropicale, actuellement dégradé, est de restaurer cet habitat en éliminant les espèces exotiques et en favorisant le retour des espèces forestières indigènes.**

Dans certains secteurs, les activités agricoles ont conduit à une dégradation de la biodiversité, laquelle est dominée par des espèces herbacées rudérales exotiques (voir envahissantes).

Le contrôle des EEE à proximité des milieux naturels est un enjeu à prendre en compte dans le projet.



Figure 9 : Évolution de l'occupation du sol dans la zone d'étude 3, 4 et 5. Tout ce secteur est accessible par une piste bétonnée. Un point en béton est bien entretenu dans la zone 4. Cet accès bien large et entretenu dans tout le périmètre jusqu'à la zone 1 permet et facilite l'entretien des installations du captage d'eau potable de Capesterre localisé à côté de la zone 5.



Figure 10 : Évolution de l'occupation du sol dans les zones d'étude 6, 7, 8 et 9. L'habitat dominant est agricole.

3.1.3 Description des zones

3.1.3.1 Zone 1 – Point de captage d'eau potable

Cette zone de 725 m² à défricher est caractérisée par une couverture végétale arbustive et herbacée peu diverse. Les espèces cultivées comme les cocotiers (*Cocos nucifera*) et les roses de porcelaines (*Etilingera elatior*) y sont les plus abondantes. L'entretien de la piste d'accès au niveau de la prise d'eau AEP est visible et a nettement favorisé la colonisation du site par des espèces pionnières comme *Cordia sulcata*, *Cecropia schreberiana*, *Miconia mirabilis*, *Inga ingoides*, *Piper dilatatum*, *Solanum bahamense*, *Miconia sciaphila* et les *Heliconias*. Près des installations, les herbacées et lianes dominent.

Parmi les espèces exotiques observées dans le périmètre de la zone, **il n'y a pas d'espèces classées actuellement comme EEE. Aucune espèce indigène ne présente un statut de conservation préoccupant** (selon la liste rouge UICN, 2019). Cependant, quatre espèces abondantes sont remarquables par leur endémisme restreint aux Antilles (subendémique) : *Asplundia insignis*, *A. rigida*, *Sloanea dentata* et *Sterculia caribaea*. Seulement de jeunes arbres de l'espèce *Sterculia caribaea* sont présents dans la zone à défricher.

L'enjeu associé à la zone 1 est **moyen à fort** avec la présence de 3 habitats patrimoniaux à enjeu fort (forêt ripisylve tropicale, lits majeurs et zone sous influence de la nappe d'accompagnement, forêts hygrophiles pionnières). Cependant, aucune espèce ne présente de statut UICN.

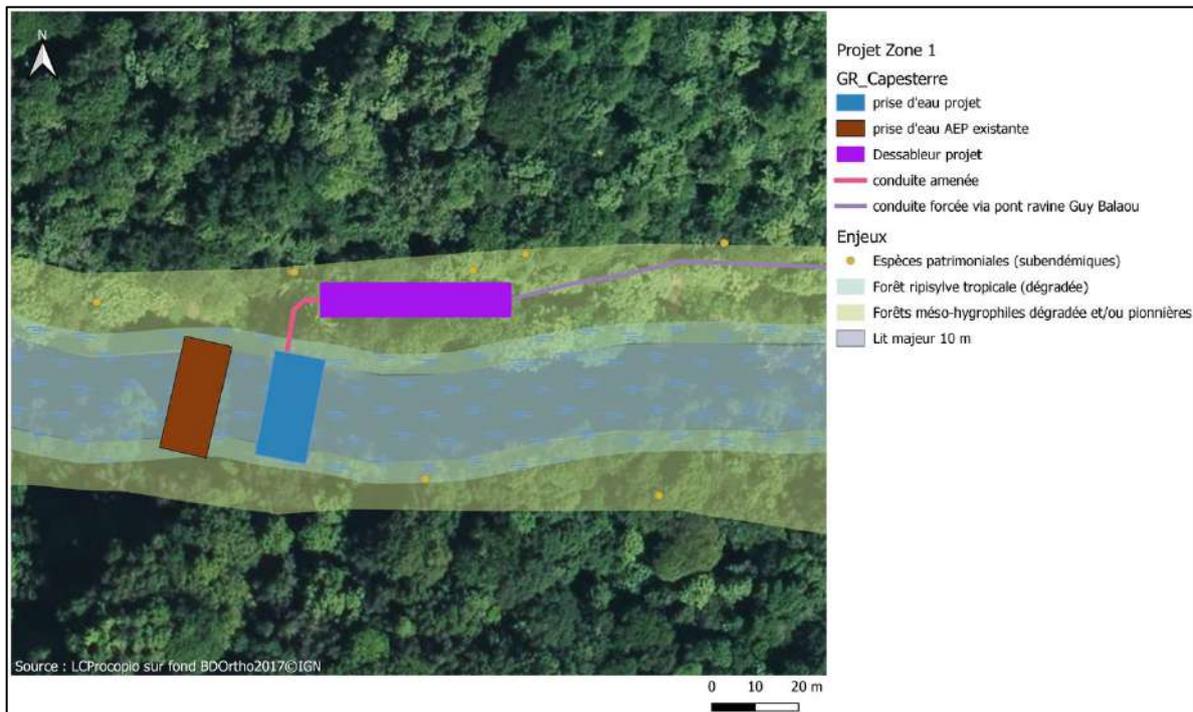


Figure 11 : Emprise du projet en zone 1 et enjeux associés

Tableau 5 : Espèces observées dans la zone 1

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Stat.
629124	Cyclanthaceae	<i>Asplundia rigida</i> (Aubl.) Harling, 1954	Zèl (a) mouch	Subendémique	LC
629123	Cyclanthaceae	<i>Asplundia insignis</i> (Duchass. Ex Griseb.) Harling, 1954	Kachibou	Subendémique	LC
630681	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea dentata</i> L., 1753	Chatennyé gran fèy	Subendémique	LC
630742	Malvaceae	<i>Sterculia caribaea</i> R.Br., 1852	Mapou baril	Subendémique	LC
447749	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L., 1753	Cocotier	Introduit/cultivé	
448304	Zingiberaceae	<i>Etilingera elatior</i> (Jack) R.M.Sm., 1986	Rose de porcelaine	Introduit/cultivé	
731331	Cyatheaceae	<i>Alsophila imrayana</i> (Hook.) D.S.Conant, 1983	Fougère arborescente	Indigène	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Stat.
629291	Urticaceae	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629423	Boraginaceae	<i>Cordia sulcata</i> DC., 1845	Maho gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447568	Burseraceae	<i>Dacryodes excelsa</i> Vahl, 1810	Gonmyé blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629734	Moraceae	<i>Ficus citrifolia</i> Mill., 1768	Figyé modi	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629735	Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd., 1806	Figyé modi	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629780	Rubiaceae	<i>Gonzalagunia hirsuta</i> (Jacq.) K.Schum., 1889	Bois colibri	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629827	Heliconiaceae	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L., 1771	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447816	Heliconiaceae	<i>Heliconia caribaea</i> Lam., 1783	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629908	Fabaceae	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd., 1806	Pwa dou (mawon)	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630139	Cucurbitacea	<i>Melothria pendula</i>	Melothria pendula L., 1753	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630155	Melastomataceae	<i>Miconia mirabilis</i> (Aubl.) L.O.Williams, 1963	Kòtlèt blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
912585	Melastomataceae	<i>Miconia sciaphila</i> Judd & Ionta, 2018	Cré-cré gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
532934	Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i> Kunth, 1818	Liane americaine	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Stat.
447356	Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L., 1753	Mari hont	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
731366	Dryopteridaceae	<i>Olfersia cervina</i>	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630377	Araceae	<i>Philodendron giganteum</i> Schott, 1856	Gwo signin	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630427	Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i> Rich., 1792	Malenbé	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630442	Bromeliaceae	<i>Pitcairnia angustifolia</i> Sol., 1789	Zannana falèz	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
884612	Solanaceae	<i>Solanum bahamense</i> L., 1753	Picranier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447560	Rubiaceae	<i>Spermacoce remota</i> Lam., 1792	Zèb a chyen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
833870	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris reticulata</i> (L.) Proctor, 1953	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC





Figure 12 : Aspect général de la zone 1 en haut et espèces remarquables en bas (Ligne du bas de gauche à droite : *Alsophila imrayana*, *Heliconia bihai*, *Heliconia caribaea*, *Philodendron giganteum* et *Pitcairnia angustifolia*)

3.1.3.2 Zone 2 – Passage de la conduite forcée

Cette zone présente une couverture similaire à la zone 1. Elle devait initialement accueillir le dessableur, mais celui-ci a été délocalisé en zone 1 pour des raisons techniques, plus proche de la prise d'eau. Cette zone n'est donc soumise à aucun défrichement.

Les espèces de son **cortège ne présentent pas de statut de conservation UICN préoccupant**. Des espèces exotiques cultivées y sont aussi présentes dans les strates arborées et arbustives. Cependant, **aucune espèce exotique ne figure sur la liste 2 des EEE** (Légifrance, 2019A).

La zone est traversée par un important écoulement d'eau avec un courant marqué qui traverse la piste. Le milieu est très ouvert et humide et la présence des Broméliacées épiphytes (*Guzmania lingulata*) sur le Pois doux pays (*Inga ingoides*) est remarquable. Le milieu ouvert derrière l'installation bétonnée (dessableur) est couvert par des jeunes plants d'arbres structurants de ce type de forêt, comme le Mapou baril et le Résolu. La pente rocheuse localisée à côté de l'installation est couverte principalement par l'espèce exotique Rose de porcelaine (*Etilingera elatior*), mais aussi par des espèces herbacées dont les subendémiques *Asplundia insignis* et *Asplundia rigida*.

Trois arbres, *Sterculia caribaea* (Mapou baril), *Inga laurina* (Pois doux rivière) et un *Chimarrhis cymosa* (Résolu) sont proches et/ou dans le périmètre des installations et seront probablement coupées. Ces espèces communes ne sont concernées ni par des statuts de protection ni par des statuts de conservation UICN préoccupants.

L'enjeu associé à la zone 2 est **moyen à fort** avec la présence de 2 habitats patrimoniaux à enjeu fort (forêt ripisylve tropicale et forêts hygrophiles pionnières). Cependant, seule une action d'élagage est prévue dans cette zone, suite à la délocalisation du dessableur.

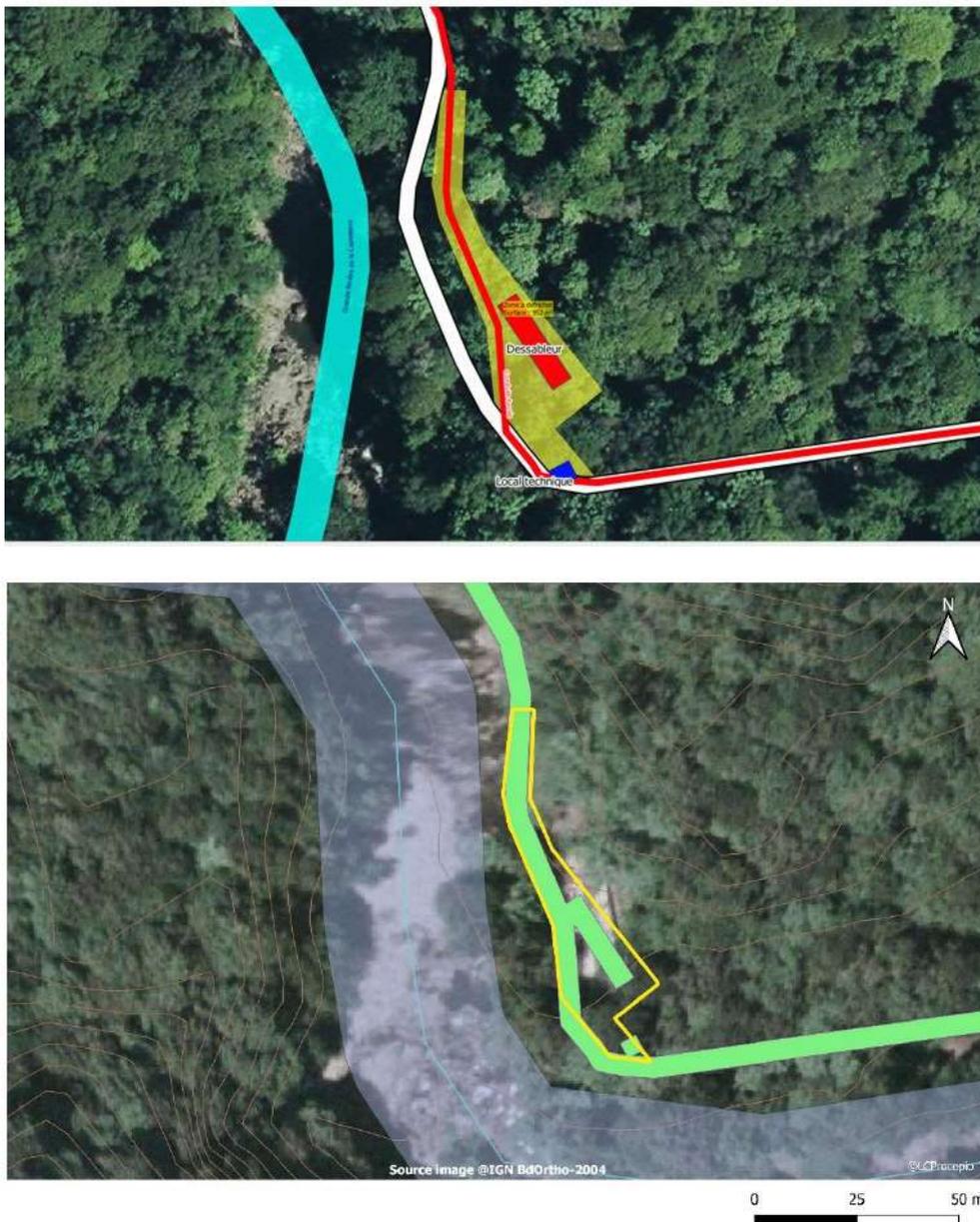


Figure 13 : Zone à défricher en jaune, emprise du projet en rouge sur fond de carte de 2017 et en vert sur fond de carte de 2004

Tableau 6 : Espèces observées dans la zone 2

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
629123	Cyclanthaceae	<i>Asplundia insignis</i> (Duchass. ex Griseb.) Harling, 1954	Kachibou	Subendémique	LC
629124	Cyclanthaceae	<i>Asplundia rigida</i> (Aubl.) Harling, 1954	Zèl (a) mouch,	Subendémique	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
630681	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea dentata</i> L., 1753	Chatennyé gran fèy	Subendémique	LC
630742	Malvaceae	<i>Sterculia caribaea</i> R.Br., 1852	Mapou baril	Subendémique	LC
447749	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L., 1753	Cocotier	Introduit/cultivé	-
448304	Zingiberaceae	<i>Etilingera elatior</i> (Jack) R.M.Sm., 1986	Rose de porcelaine	Introduit/cultivé	-
629798	Bromeliaceae	<i>Guzmania lingulata</i> (L.) Mez, 1896	Zannana bwa	Présent (Indigène ou indéterminé)	DD
731331	Cyatheaceae	<i>Alsophila imrayana</i> (Hook.) D.S.Conant, 1983	Fougère arborecente	Indigène	LC
629291	Urticaceae	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629316	Rubiaceae	<i>Chimarrhis cymosa</i> Jacq., 1763	Résolu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
839340	Gesneriaceae	<i>Chrysothemis melittifolia</i> (L.) M.M.Mora & J.L.Clark, 2016	Zèb a miyèl	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
639451	Asteraceae	<i>Clibadium erosum</i> (Sw.) DC., 1836	Bwa annivré	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447568	Burseraceae	<i>Dacryodes excelsa</i> Vahl, 1810	Gonmyé blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447726	Araceae	<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott, 1829	Kann dlo	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629780	Rubiaceae	<i>Gonzalagunia hirsuta</i> (Jacq.) K.Schum., 1889	Bois colibri	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629827	Heliconiaceae	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L., 1771	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
447816	Heliconiaceae	<i>Heliconia caribaea</i> Lam., 1783	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629907	Fabaceae	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd., 1806	Pwa dou pwèli	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629908	Fabaceae	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd., 1806	Pwa dou (mawon)	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630155	Melastomataceae	<i>Miconia mirabilis</i> (Aubl.) L.O. Williams, 1963	Kòtlèt blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
912585	Melastomataceae	<i>Miconia sciaphila</i> Judd & Ionta, 2018	Cré-cré gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
731366	Dryopteridaceae	<i>Olfersia cervina</i>	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630276	Fabaceae	<i>Ormosia krugii</i> Urb., 1899	Kakonyé	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630377	Araceae	<i>Philodendron giganteum</i> Schott, 1856	Gwo signin	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630427	Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i> Rich., 1792	Malenbé	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
884612	Solanaceae	<i>Solanum bahamense</i> L., 1753	Picranier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447560	Rubiaceae	<i>Spermacoce remota</i> Lam., 1792	Zèb a chyen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
833870	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris reticulata</i> (L.) Proctor, 1953	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC



Figure 14 : Aspect général de la zone 2

3.1.3.3 Zone 3 – Passage de la conduite forcée par l'habitat semi-naturel

La couverture végétale arborée de cette zone de 328 m² à défricher est faible. En lisière, les arbres sont de petit diamètre. La couverture végétale est composée notamment par des herbacées adaptées aux sols très humides comme *Commelina diffusa* et *Mikania micrantha*. Les arbres et arbustes de la lisière sont des espèces pionnières comme *Cecropia schreberiana*, *Inga ingoides*, *Cordia sulcata* et *Simarouba amara*. Cependant, aucune coupe d'arbre n'est prévue sur cette zone, le défrichage ne s'appliquant qu'au dense tapis herbacé. Celui-ci freine le reboisement du site, on ne note pas ici de jeunes plants des espèces de la forêt adjacente. **Aucune espèce exotique présente dans cette zone ne figure sur la liste des EEE de 2019.** Les 19 espèces indigènes présentes dans cette zone n'ont ni de statut de protection ni de statut de conservation UICN préoccupant. Les listes complètes des espèces et habitats observés sont disponibles en annexe.

L'enjeu associé à la zone 3 est **moyen** avec la présence d'habitats patrimoniaux tel que les forêts hygrophiles et méso-hygrophiles secondaires ou dégradées. Cependant, aucune espèce ne présente de statut UICN et la surface à défricher est faible.



0 25 50 m

Figure 15 : Zone à défricher en jaune, emprise du projet en rouge sur fond de carte de 2017 et en vert sur fond de carte de 2004

Tableau 7 : Espèces observées dans la zone 3

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
446169	Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f., 1768	Kiraj	Introduit	LC
629798	Bromeliaceae	<i>Guzmania lingulata</i> (L.) Mez, 1896	Zannana bwa	Présent (Indigène ou indéterminé)	DD
447718	Araceae	<i>Anthurium hookeri</i> Kunth, 1841	Sigin blanc	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
85972	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L., 1753	Bident poilu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629291	Urticaceae	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629423	Boraginaceae	<i>Cordia sulcata</i> DC., 1845	Maho gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629516	Cyperaceae	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz., 1786	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
446179	Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i> L., 1753	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447726	Araceae	<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott, 1829	Kann dlo	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629735	Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd., 1806	Figyé modi	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629780	Rubiaceae	<i>Gonzalagunia hirsuta</i> (Jacq.) K.Schum., 1889	Bois colibri	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629827	Heliconiaceae	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L., 1771	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
629907	Fabaceae	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd., 1806	Pwa dou pwèli	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629908	Fabaceae	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd., 1806	Pwa dou (mawon)	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
445584	Convolvulaceae	<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy, 1845	Manjé lapen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630139	Cucurbitacea	<i>Melothria pendula</i>	Melothria pendula L., 1753	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630155	Melastomataceae	<i>Miconia mirabilis</i> (Aubl.) L.O.Williams, 1963	Kòtlèt blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
532934	Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i> Kunth, 1818	Liane américaine	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630377	Araceae	<i>Philodendron giganteum</i> Schott, 1856	Gwo sigin	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630675	Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl., 1775	Akajou blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447560	Rubiaceae	<i>Spermocoe remota</i> Lam., 1792	Zèb a chyen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
732397	Poaceae	<i>Steinchisma laxum</i> (Sw.) Zuloaga, 2003	Zèb rid	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
833870	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris reticulata</i> (L.) Proctor, 1953	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC



Figure 16 : Aspect général de la zone 3 en haut, espèces remarquables en bas (Sur la ligne du bas : *Dieffenbachia seguine*, *Heliconia bihai*, *Cecropia schreberiana*, *Philodendron giganteum*)

3.1.3.4 Zone 4 – Passage de la conduite forcée par le pont de la ravine Guy Balaou (emprise initiale)

La rive gauche est dominée par le bambou (*Bambusa vulgaris*), espèce classée EEE et très agressive. La gestion du bambou est spécialement compliquée car l'espèce fragilise les berges mais son retrait peut aggraver la situation et provoquer une érosion de la berge. La rive droite, où devrait passer la conduite, est colonisée par plusieurs espèces pionnières d'arbres et d'arbustes comme *Cecropia schreberiana*, *Acnistus arborescens*, *Inga ingoides*, *Cordia sulcata*. Des espèces climax comme le *Sloanea dentata*, *Lonchocarpus heptaphyllus* et *Ormosia krugii* sont aussi présentes et le sous-bois couvert par une dense population de *Heliconia caribaea*, *Dieffenbachia seguine* et *Philodendron giganteum*. Ici, seul *Asplundia insignis* présente un intérêt patrimonial (espèce subendémique) ; les autres espèces présentent un rôle structurant de la ripisylve et un rôle fonctionnel

de protection des berges. Le passage de la conduite par le pont impacterait uniquement des individus de *Heliconia caribaea*.

Cette zone compte trois types d'habitats patrimoniaux : la *forêt ripisylve tropicale* (ici dégradée), les *lits majeurs et zone sous influence de la nappe d'accompagnement* et la *forêt hygrophile pionnière*. **La mise en place du projet dans ce secteur doit être réalisée de façon à éviter et réduire au maximum les impacts sur les berges du lit majeur, déjà fragilisées par la présence des bambous.** En conséquence, des emprises alternatives des installations sont proposées afin de réduire l'impact du projet sur ces habitats patrimoniaux.

L'enjeu associé à la zone 4 est **fort** avec la présence de 3 habitats patrimoniaux à enjeu fort (forêt ripisylve tropicale, forêt hygrophile et mésophile secondaire des Antilles et forêts hygrophiles pionnières), et la présence d'une EEE très agressive engendrant une fragilisation des berges. Cependant, le choix de ce tracé n'impacterait que l'espèce *Heliconia caribaea*.



Figure 17 : Zone à défricher en jaune, emprise initiale du projet en rouge sur fond de carte de 2017 et en vert sur fond de carte de 2004

Tableau 8 : Espèces observées dans la zone 4

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
629123	Cyclanthaceae	<i>Asplundia insignis</i> (Duchass. ex Griseb.) Harling, 1954	Kachibou	Subendémique	LC
447363	Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg, 1941	Arbre à pain	Introduit	Cultivé
447749	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L., 1753	Cocotier	Introduit	Cultivé
447898	Poaceae	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C.Wendl., 1810	Bambou commun	EEE	-
446169	Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f., 1768	Kiraj	Introduit	LC
85972	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L., 1753	Bident poilu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629291	Urticaceae	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629316	Rubiaceae	<i>Chimarrhis cymosa</i> Jacq., 1763	Résolu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629423	Boraginaceae	<i>Cordia sulcata</i> DC., 1845	Maho gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447726	Araceae	<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott, 1829	Kann dlo	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629735	Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd., 1806	Figyé modi	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629780	Rubiaceae	<i>Gonzalagunia hirsuta</i> (Jacq.) K.Schum., 1889	Bois colibri	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629827	Heliconiaceae	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L., 1771	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
629907	Fabaceae	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd., 1806	Pwa dou pwèli	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
445584	Convolvulaceae	<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy, 1845	Manjé lapen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
532934	Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i> Kunth, 1818	Liane américaine	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630276	Fabaceae	<i>Ormosia krugii</i> Urb., 1899	Kakonyé	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630377	Araceae	<i>Philodendron giganteum</i> Schott, 1856	Gwo signin	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630427	Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i> Rich., 1792	Malenbé	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
884612	Solanaceae	<i>Solanum bahamense</i> L., 1753	Picranier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
732397	Poaceae	<i>Steinchisma laxum</i> (Sw.) Zuloaga, 2003	Zèb rid	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

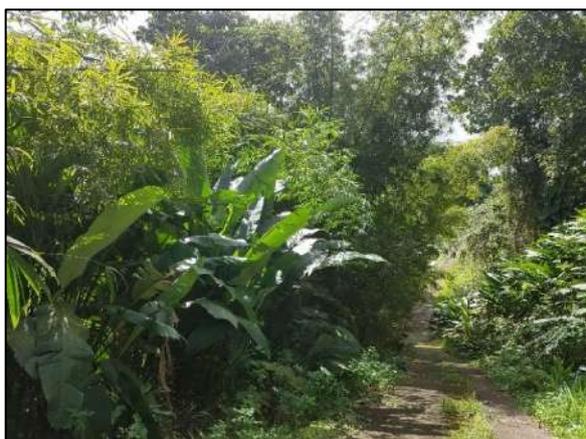




Figure 18 : Aspect général de la zone 4

3.1.3.5 Zone 4 – Déviation du passage de la conduite forcée du pont de la ravine Guy Balaou (emprises alternatives)

Les emprises alternatives visent à éviter le pont que traverse la Ravine Guy Balaou, afin d'éviter de passer par les habitats patrimoniaux.

L'emprise alternative 1 (EA1) part de la zone 3 vers le lit majeur de la Grande Rivière (tracé rose sur la Figure ci-dessous), franchit la forêt hygrophile sur la pente, traverse la vallée anthropisée du petit mont, une piste entretenue, l'aval de la Ravine Guy Balaou, une parcelle de bananeraie et rejoint l'emprise initiale au niveau de la zone 5.

L'emprise alternative 2 (EA2) part également de la zone 3 mais vers le nord, en passant par l'emprise initiale (piste bétonnée) jusqu'à la piste d'accès à la rivière. Ce tracé (en orange sur la Figure ci-dessous) rejoint l'emprise alternative 1 au niveau de l'aval de la Ravine Guy Balaou. Ensuite, elle remonte vers la zone 5 toujours en passant soit par la piste bétonnée, soit par la plantation d'arbre à pain et de bananes.

- ✓ Les habitats observés sur la trace de l'EA1

Ce secteur traverse une pente escarpée à l'ouest, caractérisée par une végétation pionnière (Forêts hygrophiles pionnières) dominée par la forte présence de *Cecropia schreberiana*, *Simarouba amara*, *Cordia sulcata*, *Ipomoea tiliacea* en bas de pente. Près du lit majeur, en forêt de ripisylve, il y a des traces des cultures des bananes abandonnées, mélangées à d'autres arbres fruitiers comme l'arbre à pain, le goyavier, des cocotiers et l'avocatier.

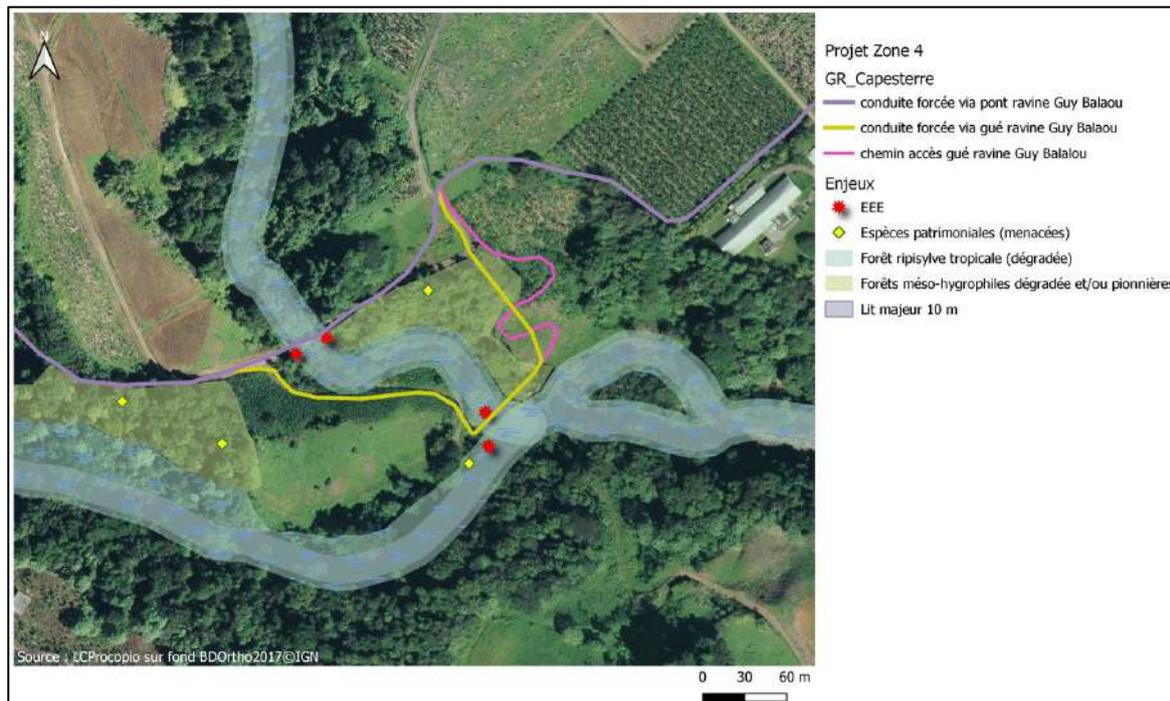


Figure 19 : Proposition d'une emprise alternative qui traverse la Ravine Guy Balaou

En haut de la pente, le fragment de la forêt méso-hygrophile représente un habitat patrimonial à préserver. C'est un réservoir de biodiversité. Ici, les arbres sont pionniers et climaciques et présentent de grands diamètres, comme *Pouteria multiflora* (NT), *Dussia martinicensis* (VU), *Dacryodes excelsa*, *Sterculia caribaea*, *Protium attenuatum*, *Abarema jupunba* entre autres. Les arbustes et herbacées sont typiques du sous-bois méso-hygrophile comme *Psychotria berteriana*, *Thelypteris reticulata*, *Stylogyne lateriflora* et *Selaginella flabellata*.

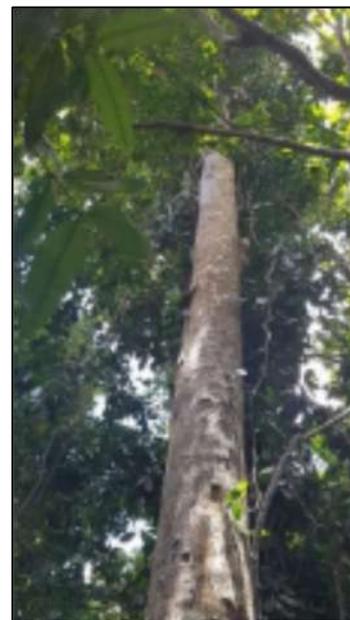




Figure 20 : Illustration de quelques espèces du cortège la forêt méso-hygrophile présente en haut de la pente entre la zone 3 et 4 (périmètre de l'emprise 1). De gauche à droite : *Stylogyne lateriflora*, *Abarema jupunba*, *Dacryodes excelsa*, *Myrcia deflexa*, *Sterculia caribaea*, *Dussia martinicensis* (VU)

La zone ouverte sous la bananeraie est une petite montagne pâturée, marquée par un tapis herbacé où dominant *Wedelia calycina* (Zèb solèy), *Commelina diffusa*, *Bidens pilosa*, et des poacées et cypéracées. La berge de la rivière présente des espèces reliques de la forêt de ripisylves (Forêt ripisylve tropicale, ici dégradée) comme *Dussia martinicensis* (classée VU), *Zanthoxylum caribaeum*, *Ficus insipida*, *Damburneya coriacea*, *Inga ingoides*, *Ocotea cernua*, *Sterculia caribaea* et *Chimarrhis cymosa*. La dégradation de cet habitat est marquée par la présence des espèces exotiques classées EEE, par le pomme-rose et le bambou et par la grande population d'arbres à pain qui domine sur l'aval de la Ravine Guy Balaou. Le secteur ouvert semble être une zone de détente et de loisir car légèrement aménagé pour la baignade.

L'enjeu associé à la déviation EA1 en zone 4 est **fort** avec la présence des 3 habitats patrimoniaux à enjeu fort (forêt ripisylve tropicale, forêt hygrophile et mésophile secondaire des Antilles et forêts hygrophiles pionnières), et la présence d'une espèce classée vulnérable par l'UICN. Cependant, **le tracé choisi évite en majorité les habitats patrimoniaux et l'espèce classé vulnérable.**





Figure 21 : Aspect général de la zone ouverte sur la montagne et en vallée entre les zones 3 et 4 (périmètre de l'emprise alternative 1)

Tableau 9 : Espèces observées dans le périmètre de la proposition alternative 1 entre les zones 3 et 4

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
630943	Fabaceae	<i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip, 1936	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447363	Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg, 1941	Arbre à pain	Introduit	Cultivé
629123	Cyclanthaceae	<i>Asplundia insignis</i> (Duchass. ex Griseb.) Harling, 1954	Kachibou	Subendémique	LC
629124	Cyclanthaceae	<i>Asplundia rigida</i> (Aubl.) Harling, 1954	Zèl (a) mouch	Subendémique	LC
85972	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L., 1753	Bident poilu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
629291	Urticaceae	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
780427	Poaceae	<i>Cenchrus polystachios</i> (L.) Morrone, 2010	Crimson	Présent (Indigène ou indéterminé)	DD
629316	Rubiaceae	<i>Chimarrhis cymosa</i> Jacq., 1763	Résolu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
446169	Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f., 1768	Kiraj	Introduit	LC
629516	Cyperaceae	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz., 1786	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
446179	Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i> L., 1753	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447568	Burseraceae	<i>Dacryodes excelsa</i> Vahl, 1810	Gonmyé blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
898059	Lauraceae	<i>Damburneya coriacea</i> (Sw.) Trofimov & Rohwer, 2016	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447726	Araceae	<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott, 1829	Kann dlo	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629592	Fabaceae	<i>Dussia martinicensis</i> Krug & Urb. ex Taub., 1892	Gran savonnèt.	Présent (Indigène ou indéterminé)	VU
629735	Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd., 1806	Figyé modi	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629827	Heliconiaceae	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L., 1771	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447816	Heliconiaceae	<i>Heliconia caribaea</i> Lam., 1783	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
447823	Heliconiaceae	<i>Heliconia rostrata</i> Ruiz & Pav., 1802	Pendula	Introduit	Cultivé
629907	Fabaceae	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd., 1806	Pwa dou pwèli	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630151	Melastomataceae	<i>Miconia impetolaris</i> (Sw.) D.Don ex DC., 1828	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630155	Melastomataceae	<i>Miconia mirabilis</i> (Aubl.) L.O.Williams, 1963	Kòtlèt blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630200	Myrtaceae	<i>Myrcia deflexa</i> (Poir.) DC., 1828	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630237	Lauraceae	<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez, 1888	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630361	Piperaceae	<i>Peperomia rotundifolia</i> (L.) Kunth, 1816	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	-
630377	Araceae	<i>Philodendron giganteum</i> Schott, 1856	Gwo sigin	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630427	Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i> Rich., 1792	Malenbé	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630480	Sapotaceae	<i>Pouteria multiflora</i> (A.DC.) Eyma, 1936	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	NT
630492	Burseraceae	<i>Protium attenuatum</i> (Rose) Urb., 1912	Bwa lansen	Subendémique	LC
447405	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L., 1753	Goyavier	Introduit	Cultivée
729279	Rubiaceae	<i>Psychotria berteroana</i> DC., 1830	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
845181	Fabaceae	<i>Schnella guianensis</i> (Aubl.) Wunderlin, 2010	Lyann gran bwa	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630675	Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl., 1775	Akajou blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630681	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea dentata</i> L., 1753	Chatennyé gran fèy	Subendémique	LC
630742	Malvaceae	<i>Sterculia caribaea</i> R.Br., 1852	Mapou baril	Subendémique	LC
630752	Primulaceae	<i>Stylogyne lateriflora</i> (Sw.) Mez, 1901	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447411	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston, 1931	Pomme rose	Introduit	EEE
833870	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris reticulata</i> (L.) Proctor, 1953	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630898	Asteraceae	<i>Wedelia calycina</i> Rich., 1807	Zèb solèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630913	Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam., 1786	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

✓ Les habitats observés sur le tracé de l'emprise alternative 2 (EA2)

Cette emprise part de la zone 3 en passant sur la piste bétonnée (l'emprise initiale) jusqu'à la ravine Guy Balaou, où il y a la piste d'accès à la Grande rivière (tracé orange sur la Figure ci-dessous). Dans cette zone, l'emprise passe sur la lisière de la forêt méso-hygrophile où dominant des espèces pionnières comme *Simarouba amara*, mais aussi quelques espèces climaciques comme *Sterculia caribaea* et *Dussia martinicensis* (classée VU).

Le trajet qui mène à la rivière passe par des plantations de bananes, par la ripisylve dégradée de la Ravine Guy Balaou et par une grande population d'arbres à pain où l'emprise alternative 2 rejoint l'emprise alternative 1 au niveau du croisement des cours d'eau (sol bétonné). Au niveau de ce croisement sont présentes les espèces *Ficus insipida*, *Sterculia caribaea*, *Chimarrhis cymosa* et les lianes *Philodendron giganteum* et *Schnella guianensis* (Lyann gran bwa). Cette dernière est également présente sur la berge de la structure bétonnée existant dans la jonction des deux cours d'eau. Aucun défrichement n'est à prévoir sur cette zone, la conduite suit le chemin d'exploitation et passe dans les pâtures.

Ensuite, l'emprise alternative 2 remonte vers la zone 5 toujours en passant par la plantation d'arbres à pain et de bananes de la zone 4. La création d'un chemin d'accès (Cf. Carte ci-dessous) est prévue en cet endroit afin de faciliter l'accès à la parcelle cultivée pour l'exploitant d'une part, et faciliter l'accès des engins pour la pose de la conduite et pour son entretien d'autre part.

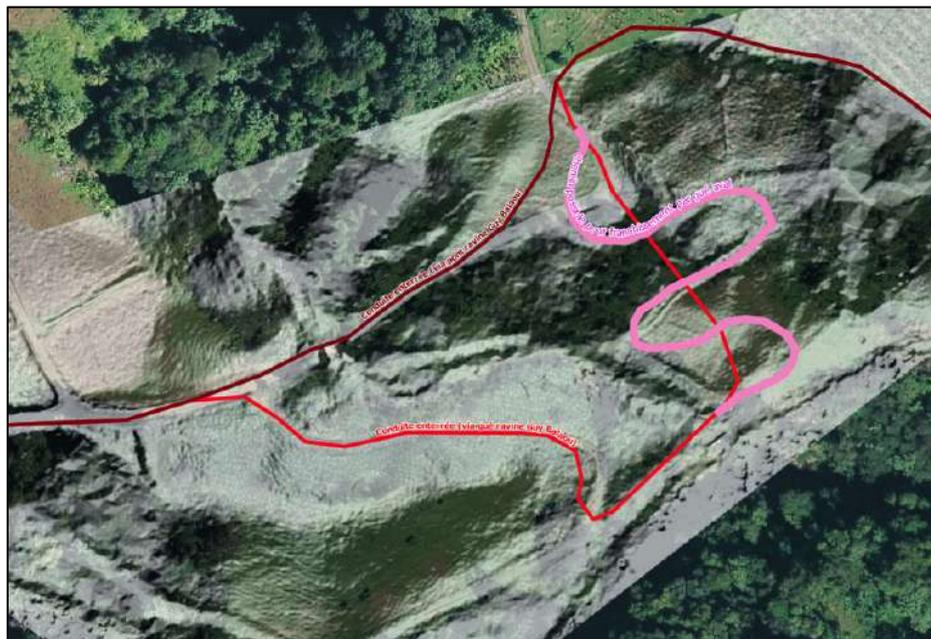


Figure 22 : Cartographie des tracés envisagés en zone 4 (emprise initiale en bordeaux et emprise alternative 2 en rouge) ainsi que le chemin d'accès dans la bananeraie (en rose). (© VALOREM, Orthophotos et Lidar)

L'enjeu associé à la déviation EA2 en zone 4 est **faible**. En effet, la majorité des habitats patrimoniaux sont évités. De plus, la création du chemin d'exploitation présente également un enjeu relativement faible car il passe prioritairement par la lisière du boisement et en majorité sur la bananeraie. Il s'agit du **scénario final retenu dans le cadre du projet représentant l'alternative de moindre impact dans de secteur.**



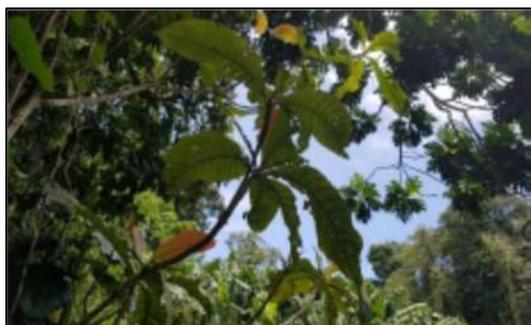




Figure 23 : Aperçu des habitats observés sur le tracé de l'emprise alternative 2

Tableau 10 : Espèces observées dans le périmètre de la proposition alternative 2, passage par la lisière de la forêt, des cultures et de la Ravine Guy Balaou

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
447363	Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg, 1941	Arbre à pain	Introduit	Cultivé
629153	Begoniaceae	<i>Begonia hirtella</i> Link, 1822	-	Introduit	-
85972	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L., 1753	Bident poilu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629291	Urticaceae	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
780427	Poaceae	<i>Cenchrus polystachios</i> (L.) Morrone, 2010	Crimson	Présent (Indigène ou indéterminé)	DD
447167	Fabaceae	<i>Centrosema molle</i> Mart. ex Benth., 1837	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	-
447749	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L., 1753	Cocotier	Introduit	Cultivé
446169	Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f., 1768	Kiraj	Introduit	LC
629516	Cyperaceae	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz., 1786	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
446179	Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i> L., 1753	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
898059	Lauraceae	<i>Damburneya coriacea</i> (Sw.) Trofimov & Rohwer, 2016	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447726	Araceae	<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott, 1829	Kann dlo	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629592	Fabaceae	<i>Dussia martinicensis</i> Krug & Urb. ex Taub., 1892	Gran savonnèt.	Présent (Indigène ou indéterminé)	VU
629735	Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd., 1806	Figyé modi	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447816	Heliconiaceae	<i>Heliconia caribaea</i> Lam., 1783	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447823	Heliconiaceae	<i>Heliconia rostrata</i> Ruiz & Pav., 1802	Pendula	Introduit	Cultivé
629907	Fabaceae	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd., 1806	Pwa dou pwèli	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
445584	Convolvulaceae	<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy, 1845	Manjé lapen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630151	Melastomataceae	<i>Miconia impetiolearis</i> (Sw.) D. Don ex DC., 1828	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630155	Melastomataceae	<i>Miconia mirabilis</i> (Aubl.) L.O. Williams, 1963	Kòtlèt blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630237	Lauraceae	<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez, 1888	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630361	Piperaceae	<i>Peperomia rotundifolia</i> (L.) Kunth, 1816	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	-
447273	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill., 1768	Avocatier, Avocat (fruit)	Introduit/cultivé	-

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
630377	Araceae	<i>Philodendron giganteum</i> Schott, 1856	Gwo signin	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630427	Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i> Rich., 1792	Malenbé	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447405	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L., 1753	Goyavier	Introduit	Cultivée
729279	Rubiaceae	<i>Psychotria berteriana</i> DC., 1830	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
845181	Fabaceae	<i>Schnella guianensis</i> (Aubl.) Wunderlin, 2010	Lyann gran bwa	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630675	Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl., 1775	Akajou blan	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630681	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea dentata</i> L., 1753	Chatennyé gran fèy	Subendémique	LC
447411	Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston, 1931	Pomme rose	Introduit	EEE
833870	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris reticulata</i> (L.) Proctor, 1953	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630898	Asteraceae	<i>Wedelia calycina</i> Rich., 1807	Zèb solèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630913	Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam., 1786	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

Pour la suite de l'étude, l'emprise alternative 1 n'est pas prise en compte dans l'analyse des incidences. En effet, elle n'a pas été retenue par le Maître d'Ouvrage en raison de l'impact sur les habitats patrimoniaux et de difficultés techniques (Cf. Partie 7- Solutions de substitution et justification du parti retenu). Seuls les tracés de l'**emprise initiale** et de l'**emprise alternative 2** restent toujours à l'étude, avec un passage soit par le pont de la ravine Guy Balaou (emprise initiale) soit à gué plus en aval dans la ravine (emprise alternative 2).

3.1.3.6 Zone 5 – Passage de la conduite par la lisière de la bananeraie

Cette zone de 572 m² à défricher est située, comme la zone 8, sur un plateau proche d'une pente escarpée. Ce plateau est couvert par la culture de la banane. Le bocage qui protège la culture des vents

et de l'érosion en limite de la pente est formé par des espèces fruitières : Arbre à pain (*Artocarpus altilis*) et cocotiers (*Cocos nucifera*), et par quelques herbacées et arbustes sans valeur patrimoniale : *Dracaena fragrans*, *Piper dilatatum*, *Trema micrantha*. **Aucune espèce exotique présente dans cette zone ne figure sur la liste des EEE de 2019.**

L'enjeu associé à la zone 5 est **nul**. Celle-ci est dédiée à la culture de bananes et la végétation présente n'a pas de valeur patrimoniale particulière.



Source : LProcopio sur @IGN BdOrtho-2004

■ Zones du Projet à défricher
■ Emprise initiale
■ Emprise alternative 1
■ Emprise alternative 2
 BdaIt:
— Rivière
■ Lit majeur
— contour_5m

0 25 50 m

Figure 24 : L'emprise initiale du projet en rouge sur fond carte de 2017 et en vert sur fond carte de 2004. Dans cette zone les deux emprises alternatives (en rose) suivent le même tracé sur la plantation de bananes en pente



Figure 25 : Aspect général de la zone 5

Tableau 11 : Espèces observées dans la zone 5

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
629014	Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltl., 1832	Siyo	Indigène	LC
447363	Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg, 1941	Arbre à pain	Introduit/cultivé	-
629291	Urticaceae	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629423	Boraginaceae	<i>Cordia sulcata</i> DC., 1845	Maho gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447726	Araceae	<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott, 1829	Kann dlo	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447694	Asparagaceae	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl., 1808	Dragonnier	Introduit/cultivé	-
629734	Moraceae	<i>Ficus citrifolia</i> Mill., 1768	Figyé modi	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
445584	Convolvulaceae	<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy, 1845	Manjé lapen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
532934	Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i> Kunth, 1818	Liane américaine	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447855	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L., 1753	Bananier	Introduit/cultivé	-
630427	Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i> Rich., 1792	Malenbé	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447560	Rubiaceae	<i>Spermacoce remota</i> Lam., 1792	Zèb a chyen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630831	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume, 1856	Bwa lòm	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

3.1.3.7 Zone 6 – Passage de la conduite par la lisière du cours d'eau intermittent

Cette zone de 434 m² à défricher est presque en totalité occupée par une grande population d'arbres à pain (*Artocarpus altilis*), accompagnée aussi de cocotiers (*Cocos nucifera*) et de quelques arbres pionniers tels que *Cecropia schreberiana*, *Acnistus arborescens* et *Cordia sulcata*. Le projet de conduite évite complètement la ripisylve, passe dans le cours d'eau intermittent, mais le secteur à défricher est dominé par l'arbre à pain et les cocotiers. Cette ouverture du sous-bois favorise l'installation des espèces exotiques envahissantes.

Il n'y a pas d'habitats patrimoniaux dans cette zone. L'enjeu de conservation lié à cette zone est dû à la fragilité de cet habitat déjà très modifié par la dominance quasi monospécifique de l'arbre à pain. La couverture végétale arbustive et herbacée joue un rôle d'entretien du cours d'eau intermittent.

L'enjeu associé à la zone 6 est **faible** car il n'y a pas d'habitats patrimoniaux. En revanche, le défrichement pourrait favoriser l'installation des espèces exotiques envahissantes.



Figure 26 : L'emprise initiale du projet en rouge sur fond carte de 2017 et en vert sur fond carte de 2004. Dans cette zone il n'y a pas eu de proposition d'emprises alternatives car la zone est déjà complètement modifiée par la dense population d'arbre à pain

Tableau 12 : Espèces observées dans la zone 6

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
447363	Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg, 1941	Arbre à pain	Introduit/cultivé	-
447749	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L., 1753	Cocotier	Introduit/cultivé	-
113075	Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i> L., 1753	Haricot, Haricot commun	Introduit/cultivé	-
629014	Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schtdl., 1832	Siyo	Indigène	LC
85972	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L., 1753	Bident poilu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629291	Urticaceae	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629334	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq., 1760	Kayimit bwa	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629423	Boraginaceae	<i>Cordia sulcata</i> DC., 1845	Maho gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629827	Heliconiaceae	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L., 1771	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
445584	Convolvulaceae	<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy, 1845	Manjé lapen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630180	Araceae	<i>Monstera adansonii</i> Schott, 1830	Siguine couleuvre	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447167	Fabaceae	<i>Centrosema molle</i> Mart. ex Benth., 1837	-	Présent (Indigène ou indéterminé)	

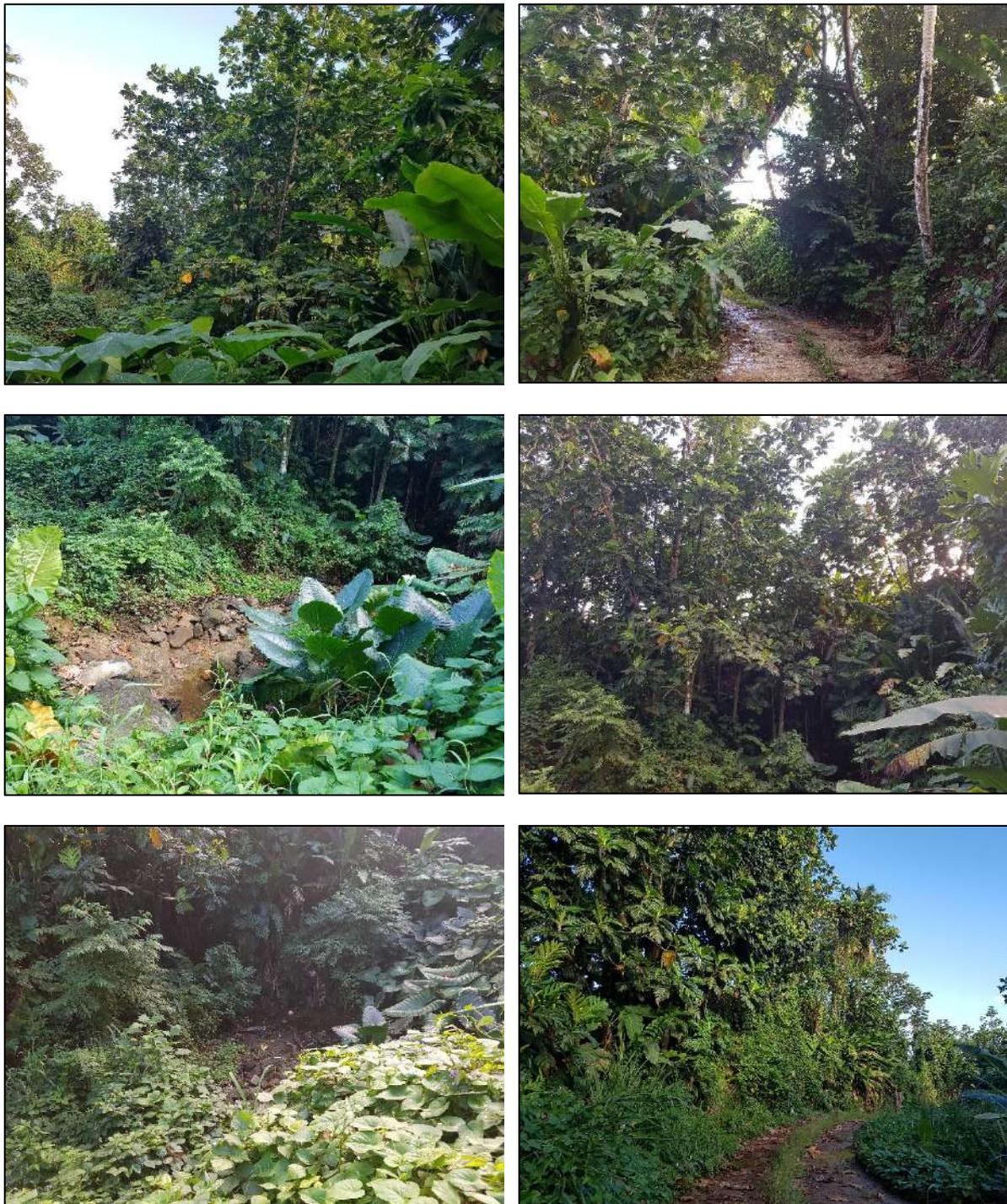
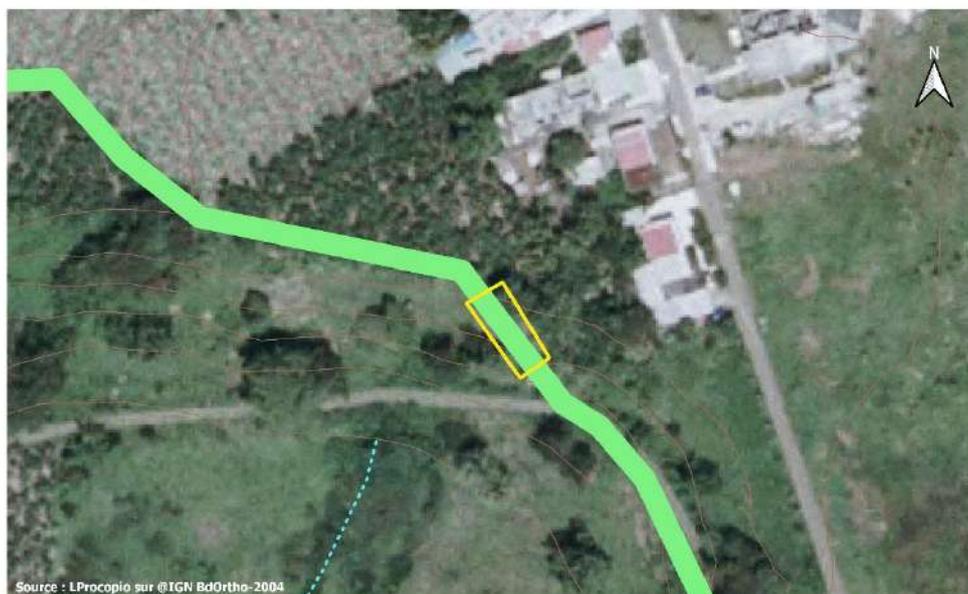
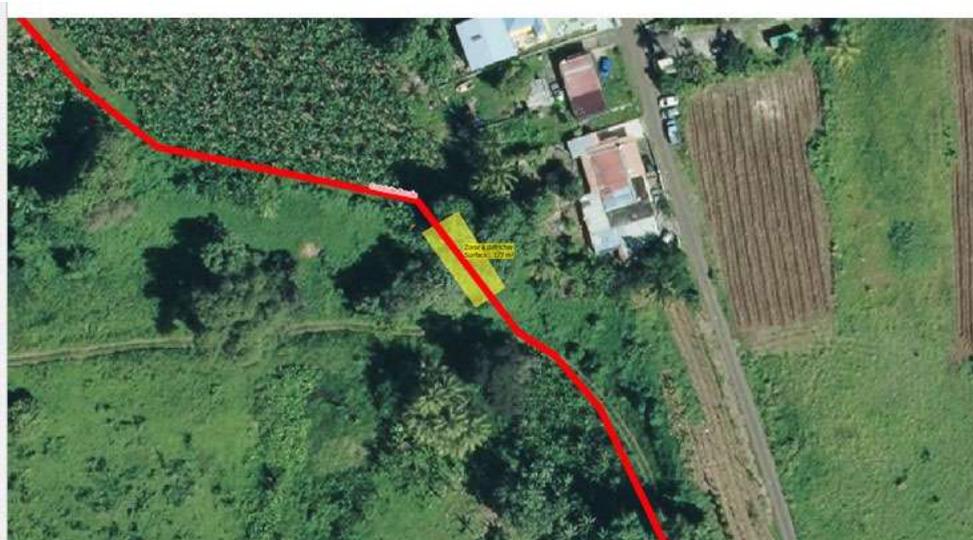


Figure 27 : Aspect général de la zone 6

3.1.3.8 Zone 7 – Passage de la conduite par la pente anthropisée

Cette petite zone de 177 m² à défricher pour le passage de la conduite forcée est située en partie sur une pente dégradée couverte par *Ipomoea tiliaceae* et autres herbacées lianescentes. Les espèces arborées et arbustives observées sont pionnières indigènes (*Acnistus arborescens*, *Cecropia schreberiana*, *Cordia sulcata*, *Heliconia bihai*, *Inga ingoides*, *Solanum bahamense*) et peuvent être réutilisées dans le projet en cas de reboisement après la mise en place de la conduite. Ce reboisement peut assurer la continuité écologique et freiner l'érosion des pentes.

L'enjeu associé à la zone 7 est **faible**. Il n'y a pas d'habitats patrimoniaux dans cette zone. **Aucun enjeu de conservation n'est lié à cette zone étant donné la petite superficie à défricher dans un habitat déjà anthropisé et l'absence d'espèces patrimoniales. Cependant, cette végétation secondaire assure la rétention de la pente.** L'installation de la conduite doit prendre en compte cette fonctionnalité.



Zones du Projet à défricher
 Emprise initiale
 Bdalt
 contour_5m
 Cours d'eau intermittent

0 25 50 m

Figure 28 : L'emprise initiale du projet en rouge sur fond carte de 2017 et en vert sur fond carte de 2004. Dans cette zone il n'y pas eu de proposition d'emprises alternatives car zone à défricher est complètement anthropisée (formation pionnière)

Tableau 13 : Espèces observées dans la zone 7

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
447363	Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg, 1941	Arbre à pain	Introduit/cultivé	-
447749	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L., 1753	Cocotier	Introduit/cultivé	-
731658	Arecaceae	<i>Elaeis oleifera</i> (Kunth) Cortés, 1897	Palmier à huile	Introduit/cultivé	-
446896	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L., 1753	Mobin	Introduit/cultivé	-
447855	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L., 1753	Bananier	Introduit/cultivé	-
117806	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L., 1753	Ricin	Introduit	-
629014	Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl., 1832	Siyo	Indigène	LC
629291	Urticaceae	<i>Cecropia schreberiana</i> Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629423	Boraginaceae	<i>Cordia sulcata</i> DC., 1845	Maho gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629827	Heliconiaceae	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L., 1771	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629907	Fabaceae	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd., 1806	Pwa dou pwèli	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
445584	Convolvulaceae	<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy, 1845	Manjé lapen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
532934	Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i> Kunth, 1818	Liane américaine	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
630427	Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i> Rich., 1792	Malenbé	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
884612	Solanaceae	<i>Solanum bahamense</i> L., 1753	Picranier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
732397	Poaceae	<i>Steinchisma laxum</i> (Sw.) Zuloaga, 2003	Zèb rid	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC



Figure 29 : Aspect général de la zone 7

3.1.3.9 Zone 8 – Passage de la conduite par la pente anthropisée

Cette zone de 176 m² à défricher pour le passage de la conduite forcée est située sur un plateau proche d'une pente escarpée. Dans le code Corine, cet habitat correspond à *Vergers, bosquets et plantations d'arbres*. Sur ce plateau, toutes les espèces sont des fruitiers exotiques : Arbre à pain (*Artocarpus altilis*), cannellier (*Cinnamomum verum*), cocotier (*Cocos nucifera*), manguier (*Mangifera indica*) et avocatier (*Persea americana*) qui partagent le milieu avec des bananiers. Sur la pente, l'arbre à pain domine le cortège avec d'autres espèces pionnières comme *Cordia sulcata* et *Ipomoea tiliacaea* qui est l'herbacée dominante dans le sous-bois.

Il n'y a pas d'habitats patrimoniaux dans cette zone. **Aucun enjeu de conservation n'est lié à cette zone étant donné sa petite superficie à défricher et l'absence d'espèces patrimoniales sur cet habitat anthropisé.** Cependant, pour éviter le passage de la conduite par la pente escarpée entre la zone 8 et 9, une emprise alternative est proposée (Cf. Figure ci-dessous).

L'enjeu associé à la zone 8 est **nul**. En effet, aucun enjeu de conservation n'est lié à cette zone anthropisée et aucune espèce patrimoniale n'y est présente.



Source : LProcopio sur @IGN BdOrtho-2004

Zones du Projet à défricher
 — Emprise initiale
— Emprise alternative 1
— Bdalt
— contour_5m

0 25 50 m

Figure 30 : L'emprise initiale du projet en rouge sur fond carte de 2017, en vert sur fond carte de 2004 et tracé alternatif en rose

Tableau 14 : Espèces observées dans la zone 8

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
447363	Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg, 1941	Arbre à pain	Introduit/cultivé	-
447749	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L., 1753	Cocotier	Introduit/cultivé	-
447722	Araceae	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott, 1832	Dachin, madè, taro	Introduit/cultivé	-
446894	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L., 1753	Manguier, Mangue (fruit)	Introduit/cultivé	-
447694	Asparagaceae	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl., 1808	Dragonnier	Introduit/cultivé	-
447855	Musaceae	<i>Musa x paradisiaca</i> L., 1753	Bananier	Introduit/cultivé	-
447273	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill., 1768	Avocatier, Avocat (fruit)	Introduit/cultivé	-
446169	Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f., 1768	Kiraj	Introduit	-
447272	Lauraceae	<i>Cinnamomum verum</i> J.Presl, 1825	Cannellier	Introduit	-
85972	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L., 1753	Bident poilu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629423	Boraginaceae	<i>Cordia sulcata</i> DC., 1845	Maho gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
445584	Convolvulaceae	<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy, 1845	Manjé lapen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
532934	Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i> Kunth, 1818	Liane américaine	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC



Figure 31 : Aspect général de la zone 8

3.1.3.10 Zone 8 – Emprise alternative déviation de la pente escarpée entre les zones 8 et 9

Dans ce périmètre, l'emprise alternative n'apporte pas de contraintes de conservation car elle traverse uniquement des cultures de bananes. Ici, la conduite suit une pente plus douce pour arriver au plateau de la zone 9. Il n'existe pas d'espèces patrimoniales dans ce secteur.

L'enjeu associé à l'emprise alternative de la zone 8 est **nul**. En effet, aucun enjeu de conservation n'est lié à cette zone de cultures et aucune espèce patrimoniale n'y est présente.

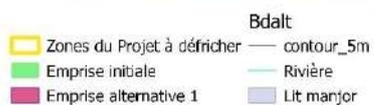
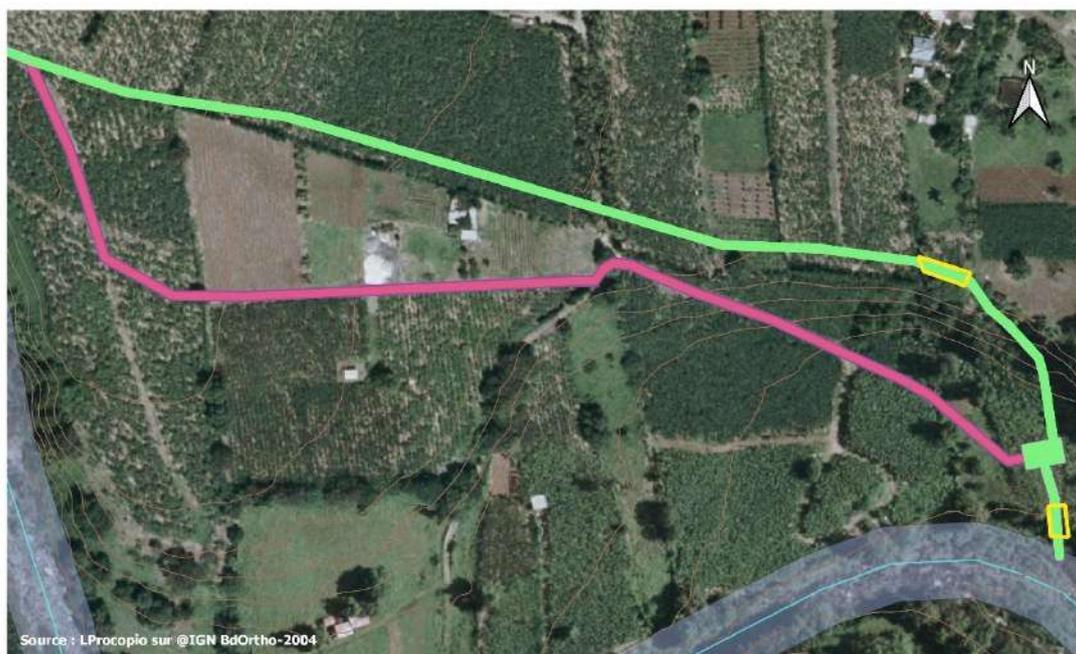


Figure 32 : L'emprise initiale du projet en vert et tracé alternatif en rose sur fond carte de 2017 et 2004

3.1.3.11 Zone 9 – Périmètre de l'installation de la centrale

Cette zone de 146 m² à défricher est la plus petite du projet. L'habitat est un secteur agricole en bordure du lit majeur de la Grande Rivière de Capesterre. La végétation du lit majeur est dégradée, dominée par l'espèce arbustive *Mimosa pigra* (classée EEE) et par les graminées *Steinchisma laxum* et *Cenchrus polystachios*. La structure arborée de la ripisylve reste présente par quelques espèces typiques de ce milieu comme *Lonchocarpus heptaphyllus*, *Inga laurina* et *Tabernaemontana citrifolia*.

L'enjeu de conservation de cette petite zone reste lié à la gestion de l'EEE *Mimosa pigra* car étant très opportuniste cette espèce peut modifier toute la composition floristique de la ripisylve.

L'enjeu associé à la zone 9 est **fort** avec la présence des habitats patrimoniaux forêt ripisylve tropicale et lits majeurs sous influence de la nappe d'accompagnement. De plus, une EEE très opportuniste est présente et peut modifier la composition floristique de la berge.



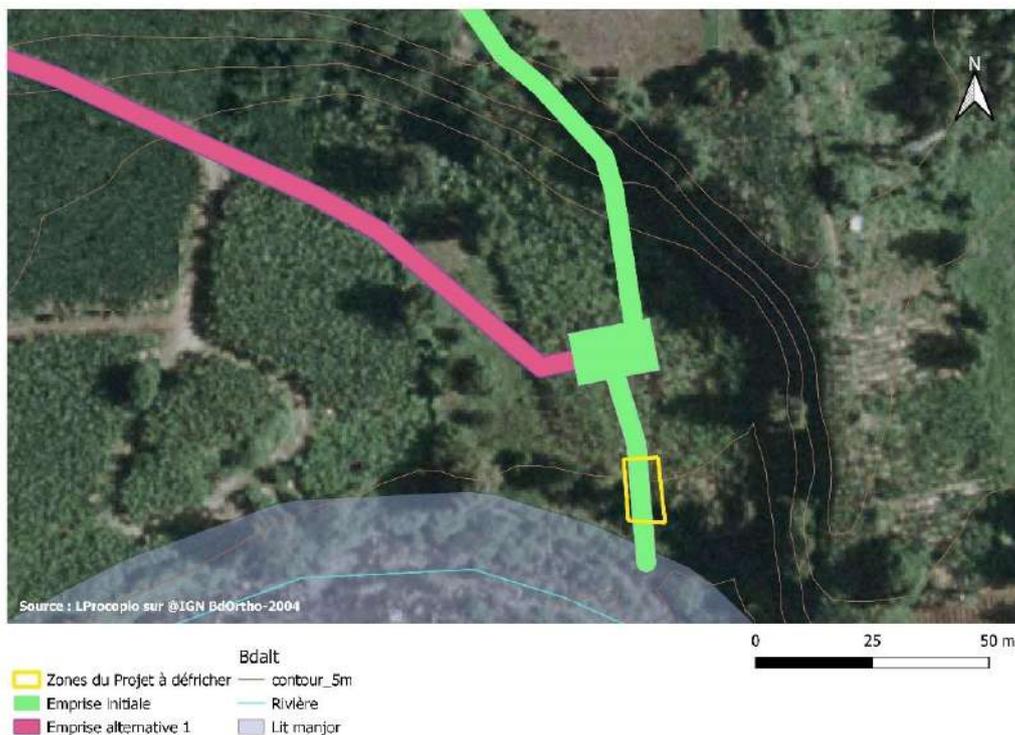


Figure 33 : L'emprise initiale du projet en vert et tracé alternatif en rose sur fond carte de 2004

Tableau 15 : Espèces observées dans la zone 9

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
446893	Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L., 1753	Noix de Cajou	Introduit/cultivé	-
447749	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L., 1753	Cocotier	Introduit/cultivé	-
447722	Araceae	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott, 1832	Dachin, madè, taro	Introduit/cultivé	-
447195	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp., 1842	Gliricidia	Introduit/cultivé	-
446334	Poaceae	<i>Saccharum officinarum</i> L., 1753	Canne-sucre	Introduit	Cultivé
446899	Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L., 1753	Corossol	Introduit/cultivé	-
447694	Asparagaceae	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl., 1808	Dragonnier	Introduit/cultivé	-

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
113075	Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i> L., 1753	Haricot, Haricot commun	Introduit	Cultivé
117806	Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L., 1753	Ricin	Introduit	-
532910	Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i> L., 1755	Zanmouwèt rivyè	Présent (Indigène ou indéterminé)	EEE
446169	Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f., 1768	Kiraj	Introduit	LC
447153	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz, 1766	Manioc	Introduit	Cultivé
780427	Poaceae	<i>Cenchrus polystachios</i> (L.) Morrone, 2010	Crimson	Présent (Indigène ou indéterminé)	DD
85972	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L., 1753	Bident poilu	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629423	Boraginaceae	<i>Cordia sulcata</i> DC., 1845	Maho gran fèy	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447726	Araceae	<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott, 1829	Kann dlo	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629827	Heliconiaceae	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L., 1771	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447816	Heliconiaceae	<i>Heliconia caribaea</i> Lam., 1783	Balisier	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629907	Fabaceae	<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd., 1806	Pwa dou pwèli	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
629908	Fabaceae	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd., 1806	Pwa dou (mawon)	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
445584	Convolvulaceae	<i>Ipomoea tiliacea</i> (Willd.) Choisy, 1845	Manjé lapen	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC

CD_REF	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.
630057	Fabaceae	<i>Lonchocarpus heptaphyllus</i> (Poir.) DC., 1825	Savonnèt rivyè	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
532934	Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i> Kunth, 1818	Liane américaine	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
732397	Poaceae	<i>Steinchisma laxum</i> (Sw.) Zuloaga, 2003	Zèb rid	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
630772	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana citrifolia</i> L., 1753	Bwa lèt (mal)	Présent (Indigène ou indéterminé)	LC
447167	Fabaceae	<i>Centrosema molle</i> Mart. ex Benth., 1837		Présent (Indigène ou indéterminé)	-



Figure 34 : Aspect général de la zone 9

3.1.4 Les habitats dans les zones

Tableau 16 : Liste des habitats identifiés sur l'aire d'étude. Le Code Corine Biotope permet de trouver ces habitats dans l'arrêté qui définit les habitats patrimoniaux.

Habitat	Code Corine	Code HABREF (CD_HAB)	Enjeu	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9
Forêt ripisylve tropicale (dégradée)*	A4A.1	2280	Fort	1	1		1		1			1
Lits majeurs et zone sous influence de la nappe d'accompagnement *	A24.2	29753	Fort	1			1					1
Forêts hygrophiles et méso-hygrophiles secondaires ou dégradées des Antilles	A46.21	6725	Moyen	1	1	1	1	1	1			
Forêts hygrophiles pionnières*	A46.3	2275	Fort	1	1		1					
Terrains agricoles et paysages artificiels	A8	179	Nulle				1	1	1	1	1	1
Vergers, bosquets et plantations d'arbres	A83	717	Nulle				1	1			1	1
Friches et brousses	A87.1	2343	Nulle				1	1	1	1		1
Bananeraies	A82.13	6852	Nulle				1				1	1

Légende : Les zones où l'enjeu figure en vert sont les zones humides où passent les cours d'eau. **NB** : Dans le cadre du projet, seule la zone 4 présente des enjeux importants en raison de la présence d'une espèce vulnérable. Ceux-ci sont cartographiés et visibles en Figure 19.

3.2 La Faune

Les Antilles sont un des hotspots de la biodiversité mondiale disposant d'une richesse biologique importante mais menacée. La raison de cette particularité repose sur une spéciation dynamique et donc un endémisme chronique qui se retrouve dans tous les taxons de la faune et de la flore et surtout des menaces récurrentes sur cette biodiversité patrimoniale. L'appellation « Hotspot », souvent labélisée par les instances internationales, nationales et régionales amène une grande responsabilité vis-à-vis des espèces présentes sur les îles et impose la nécessité d'intégrer cette composante dans tous les projets d'aménagement.

3.2.1 Cadrage et phasage de l'étude

Le cadrage et le phasage de l'étude ont concerné un période d'investigation : octobre à décembre 2021 pour la saison humide. Toutefois, au regard des enjeux liés à la présence de taxons patrimoniaux forts, une dernière session d'enregistrements sur le terrain s'est déroulée en période de reproduction, de mai à juillet 2022.

Les niveaux d'investigations ont été choisis en fonction :

- Des enjeux patrimoniaux identifiés,
- De l'importance des impacts supposés,
- Du cahier des charges et des contraintes de délai de réalisation.

La première phase de l'étude a concerné neuf petites zones, associées à des boisements (ripisylves) ou de la forêt. La seconde phase a concerné 4 zones supplémentaires correspondant à un circuit alternatif. Les inventaires ont été réalisés au niveau des zones indiquées sur la carte, zones sur lesquelles sont prévues des actions de défrichement. Il n'y a pas eu d'inventaires dans les zones cultivées, considérant que les enjeux sont moindres.

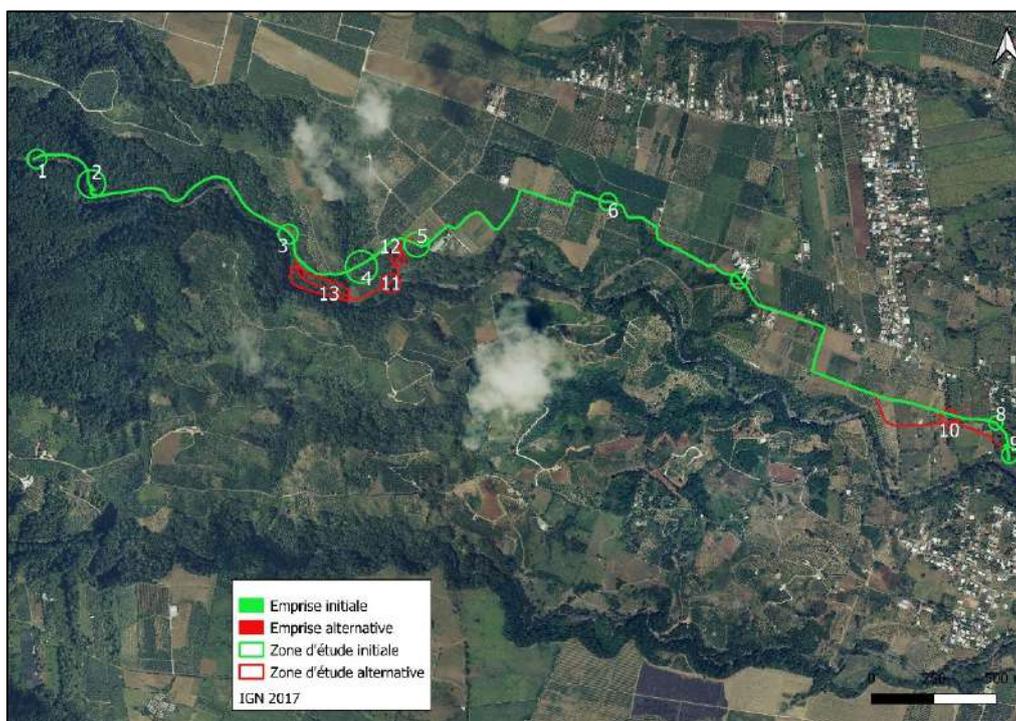


Figure 35 : Zones inventoriées au sein de l'aire d'étude

3.2.2 Critère d'évaluation

Un certain nombre d'outils réglementaires ou scientifiques permet de hiérarchiser l'intérêt patrimonial des milieux et des espèces observés sur un secteur donné. Il devient alors possible, en utilisant des critères exclusivement biologiques, d'évaluer l'enjeu de conservation des espèces et des habitats, à une échelle donnée. Les critères qui sont évoqués dans les paragraphes suivants ne seront pas tous forcément utilisés dans ce rapport.

- **Le statut biologique = statut de reproduction**

Le statut biologique concerne principalement l'avifaune. Les statuts de reproduction sont précisés par espèce.

- Légende :
- S** : Sédentaire (présence annuelle de l'espèce sans pour cela qu'elle se reproduise à proximité).
 - NS** : Sédentaire nicheur dans la zone
 - M** : Migrateur de passage en Guadeloupe. Peut être observé à la descente et à la remontée de migration.
 - MS** : Migrateur nicheur en Guadeloupe. Vient se reproduire en Guadeloupe et migre après la période de reproduction.
 - MH** : Migrateur hivernant en Guadeloupe. Oiseau qui hiverne en Guadeloupe pendant 6 à 9 mois de l'année.

- **L'Indice de Répartition Géographique (IRG)**

C'est une donnée qui permet de mieux situer la répartition et l'endémisme d'une espèce dans le contexte local à international. Les indices 1 à 6 permettent d'évaluer la répartition des espèces.

La superficie représentée par les Petites Antilles est inférieure à 8 000 km², soit une surface un peu moins grande que celle de Porto Rico et l'équivalent d'une région de France métropolitaine. Les espèces récemment introduites sont signalées (I), car leurs répartitions géographiques sont hétéroclites.

Légende :

1 = Guadeloupe
2 = Guadeloupe et quelques îles
3 = Petites Antilles
4 = Caraïbes (Grandes et Petites Antilles)
5 = Continent Américain
6 = Cosmopolite
INT = Introduit

- **Arrêtés de protection dans le département de la Guadeloupe**

Ils définissent les niveaux de protection des espèces. Plusieurs listes ont été récemment mises à jour : insectes, herpétofaune, mammifères. Ces nouveaux arrêtés ministériels prennent en compte aussi la protection des habitats.

Les espèces protégées ainsi que leurs habitats seront notées « **P1** », les espèces protégées en tant qu'individus seront indiquées « **P** » et celles non protégées « **NP** ».

Les différents arrêtés pris en compte sont :

- ✓ Arrêté du 24 janvier 2020 fixant la liste des insectes protégés en Guadeloupe ;
- ✓ Arrêté du 14 octobre 2020 fixant la liste des reptiles et des amphibiens protégés en Guadeloupe ;
- ✓ Arrêté du 17 janvier 2018 fixant la liste des mammifères terrestres protégés en Guadeloupe ;
- ✓ Arrêté du 27 février 2006 portant modification de l'arrêté du 26 décembre 1988 fixant la liste des espèces végétales protégées en Guadeloupe ;
- ✓ Arrêté du 17 février 1989 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble de la Guadeloupe. **À noter que cette liste est en cours de révision.**

• Statut UICN/Liste et livres rouges

La liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), constitue l'inventaire mondial le plus complet de l'état de conservation global des espèces végétales et animales.

Pour chaque espèce évaluée, une estimation du danger d'extinction qui la menace est formulée par des groupes d'experts, basée sur des critères bien définis, comme la taille de la population, la disparition de son habitat naturel et le nombre d'individus qui ont atteint la maturité.

La classification dans les catégories d'espèces menacées d'extinction s'effectue par le biais d'une série de cinq critères quantitatifs, basés sur des facteurs biologiques associés au risque d'extinction, à savoir : taux de déclin, population totale, zone d'occurrence et d'occupation, degré de peuplement, et fragmentation de la répartition.

Afin de rendre l'information finale obtenue la plus intelligible possible, une catégorie de risque d'extinction est alors attribuée à l'espèce.

Légende :

CR : En danger critique
EN : En danger
VU : Vulnérable
NT : Quasi menacée
LC : Préoccupation mineure
DD : Données insuffisantes.
NA : Évaluation non applicable (Cas des espèces introduites ou occasionnelles par exemple)

Une grande partie de la faune de Guadeloupe a fait l'objet d'une évaluation par les experts locaux et l'IUCN en 2020 ce qui a permis l'établissement d'une liste rouge locale qui sera utilisée dans les évaluations.

• Espèces d'intérêt éco-régional

Pour pallier l'absence de zones Natura 2000 dans les départements d'outre-mer, une réflexion a été menée pour préserver les habitats et les espèces : le Réseau Écologique des Outre-Mer, encore appelé REDOM. Il s'appuie sur des biotopes et des espèces botaniques et faunistiques indicatrices, appelées éco-régionales.

- **Espèces déterminantes ZNIEFF**

Ce sont les taxons qui permettent de valider la sélection de Zones Naturelles d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) qui sont des habitats remarquables d'une région.

- **Abondance : Légende et précision sur la terminologie employée**

Un travail pluriannuel d'inventaire de l'avifaune est réalisé depuis de nombreuses années par les membres de l'association Amazona qui édite régulièrement un document de synthèse qui précise entre-autre les statuts d'abondance de chacune des espèces répertoriées ajustés grâce aux nombreuses investigations effectuées par le bureau d'étude BIOS.

- Et. : éteint
- Disp. : disparu
- A : accidentel - moins de 5 données à ce jour pour les espèces eurasiatiques
- O : occasionnel - moins de 5 données à ce jour pour les espèces américaines
- R : rare - moins de 3 données par an pas, forcément vu tous les ans
- PC : peu commun - 3 à 15 données par an, vu au moins 3 années sur 4
- C : commun - 16 à 100 données, vu tous les ans
- TC : très commun - plus de 100 données, vu tous les ans

Pour les autres groupes que les oiseaux, le critère d'abondance est basé sur l'évaluation des différents experts et travaux référencés, par exemple ceux de Michel Barataud pour les chiroptères ou de Michel Breuil pour les reptiles et amphibiens et le dire d'expert de Gilles Leblond.

- **Espèces d'intérêt patrimonial et enjeu local de conservation**

L'intérêt patrimonial est une définition partagée par tous mais son appréciation demeure subjective. Elle peut s'exprimer comme « la perception que l'on a de l'espèce, et l'intérêt qu'elle constitue à nos yeux » (intérêt scientifique, historique, culturel, etc.). Il y a ainsi autant de critères d'évaluation qu'il y a d'évaluateurs. C'est un concept que l'on définit indépendamment de l'échelle de réflexion sur la base de critères scientifiques mais aussi parfois partiellement scientifiques tels que les statuts réglementaires.

Parmi ces critères, citons :

- ✓ Le statut réglementaire ;
- ✓ La rareté numérique (abondance), la rareté géographique (endémisme), l'originalité phylogénétique,
- ✓ L'importance écologique (espèce clé, spécialisée, ubiquiste, etc.) ;
- ✓ Le statut biologique (migrateur, nicheur, espèce invasive) ;
- ✓ La vulnérabilité biologique (dynamique de la population) ;
- ✓ La vulnérabilité écologique (dépend étroitement de l'habitat)
- ✓ Les différents statuts : listes rouges IUCN, espèces déterminantes, etc.
- ✓ Les dires d'experts.

L'intérêt patrimonial est une notion floue tant par sa définition que dans ses limites. Au sein de cette même notion, on rencontre des espèces dont l'enjeu de conservation est différent. La différence qui existe entre l'enjeu de conservation d'une espèce et sa protection, ou encore l'absence de listes rouges adaptées, sont autant d'exemples de la difficulté à laquelle est confronté l'expert lorsqu'il doit hiérarchiser les enjeux. De fait, la méthode de hiérarchisation présentée dans cette étude se base sur une notion moins floue, sans doute plus objective, que celle relative à l'intérêt patrimonial : **l'Enjeu Local de Conservation.**

- **Évaluation de l'enjeu local de conservation (ELC)**

L'enjeu local de conservation (ELC) est la responsabilité assumée localement pour la conservation d'une espèce ou d'un habitat par rapport à une échelle biogéographique cohérente. Cette échelle est

relativement réduite aux Antilles où l'on doit tenir compte d'espaces vitaux restreints et des variabilités géomorphologiques et bioclimatiques importantes (cas de la Basse-Terre et de la Grande-Terre) associés à un fort endémisme de la faune et de la flore, ainsi que des pressions anthropiques. Aussi, l'enjeu local de conservation sera appliqué non seulement à la Guadeloupe, mais aussi à l'échelle du secteur biogéographique étudié selon la définition de Blondel (1995) : « *ensemble des habitats situés sur un territoire caractérisé par les mêmes constantes géomorphologiques et bioclimatiques* » pour éviter l'érosion de la biodiversité qui conduit généralement à la disparition des espèces.

Cet enjeu local de conservation sera défini uniquement sur la base de critères scientifiques tels que :

- ✓ Les paramètres d'aire de répartition, d'affinité de la répartition, et de distribution
- ✓ La vulnérabilité biologique
- ✓ Le statut biologique
- ✓ Les menaces

Cinq classes d'enjeu local de conservation sont ainsi définies :

Enjeu local de conservation très fort

Au regard du statut des espèces considérées et de l'évolution de leurs populations, la responsabilité des propriétaires et des gestionnaires sur les sites de reproduction, d'alimentation et les dortoirs est très importante pour assurer leurs pérennités à l'échelle de la Guadeloupe, voire de l'État. En effet, tout doit être fait pour préserver ces taxons protégés, sur notre territoire et les mesures et les plans d'aménagement des sites doivent en tenir compte.

Enjeu local de conservation fort

Pour les espèces concernées, la responsabilité des propriétaires et des gestionnaires est importante pour maintenir les populations voire leur permettre de se développer.

Enjeu local de conservation modéré

La faune concernée relève d'un aspect patrimonial qui reste important pour la zone biogéographique concernée et les espèces doivent être prises en compte dans la gestion et l'aménagement des sites.

Enjeu local de conservation faible

Cette catégorie concerne des espèces pour lesquels les enjeux sur la zone biogéographique concernée ne sont pas très importants : oiseaux communs ou très communs, généralement répandus, ubiquistes, anthropophiles ou de passage sur le site comme la frégate qui survole la zone.

Enjeu local de conservation très faible

Pour la plupart ce sont des espèces dont la dynamique de population est forte et favorisée par l'anthropisation des milieux.

Enjeu local de conservation nul

La classe « enjeu local de conservation nul » est utilisée pour des espèces exogènes plantées ou échappées dont la conservation n'est aucunement justifiée

Ainsi, les espèces seront présentées en fonction de leur enjeu de conservation local, dont les principaux éléments d'évaluation seront rappelés dans les monographies. De fait, il est évident que cette analyse conduira à mettre en évidence des espèces qui ne sont pas protégées par la loi. À noter que l'enjeu local de conservation d'une espèce ne doit pas être confondu avec la sensibilité de cette espèce au regard de l'aménagement prévu. Ainsi, une espèce à très fort enjeu local de conservation peut ne présenter qu'une faible sensibilité au regard du projet d'aménagement.

N.B. : Sont également intégrées à la présente étude, les espèces fortement potentielles sur la zone d'étude. La forte potentialité de présence d'une espèce est principalement justifiée par :

- ✓ La présence de l'habitat d'espèce ;
- ✓ L'observation de l'espèce à proximité de la zone d'étude (petite zone géographique) ;
- ✓ La zone d'étude figurant au sein ou en limite de l'aire de répartition de l'espèce ;
- ✓ Les données bibliographiques récentes mentionnant l'espèce localement.

Une fois ces critères remplis, la potentialité de présence de l'espèce peut être confortée ou non par la période de prospection et la pression de prospection effectuée. L'évaluation de l'impact intégrera ces espèces, bien qu'elles n'aient pas été observées sur la zone d'étude.

Pour les espèces dont l'Enjeu Local de Conservation est Très fort, Fort ou Modéré, des dispositions devront être prises pour préserver les habitats et les espèces, à des degrés divers, ainsi que les continuités écologiques favorables aux maintiens des populations.

3.2.3 Méthodologie

- **Prospections**

Les sessions d'inventaires se sont déroulées d'octobre à novembre 2021 pour les 9 stations de la zone initiale et de mai à juillet 2022 pour les 9 stations initiales et les 4 stations alternatives. Enfin, deux journées de terrain ont eu lieu les 17 et 18 novembre 2022 en présence du Maître d'Ouvrage, de CARAÏBES ENVIRONNEMENT DEVELOPPEMENT et de l'expert faunistique, dans le but de longer l'itinéraire final de la conduite et d'en identifier l'impact écologique.

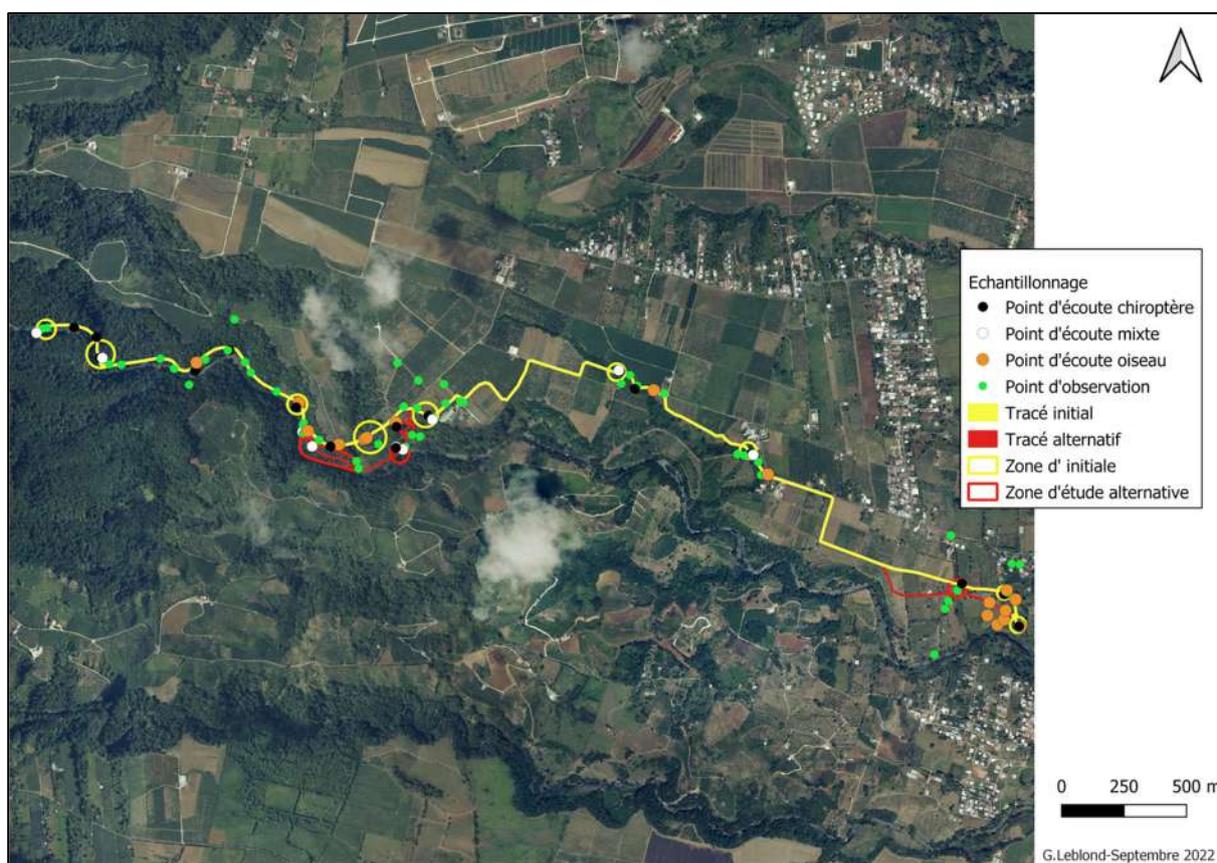
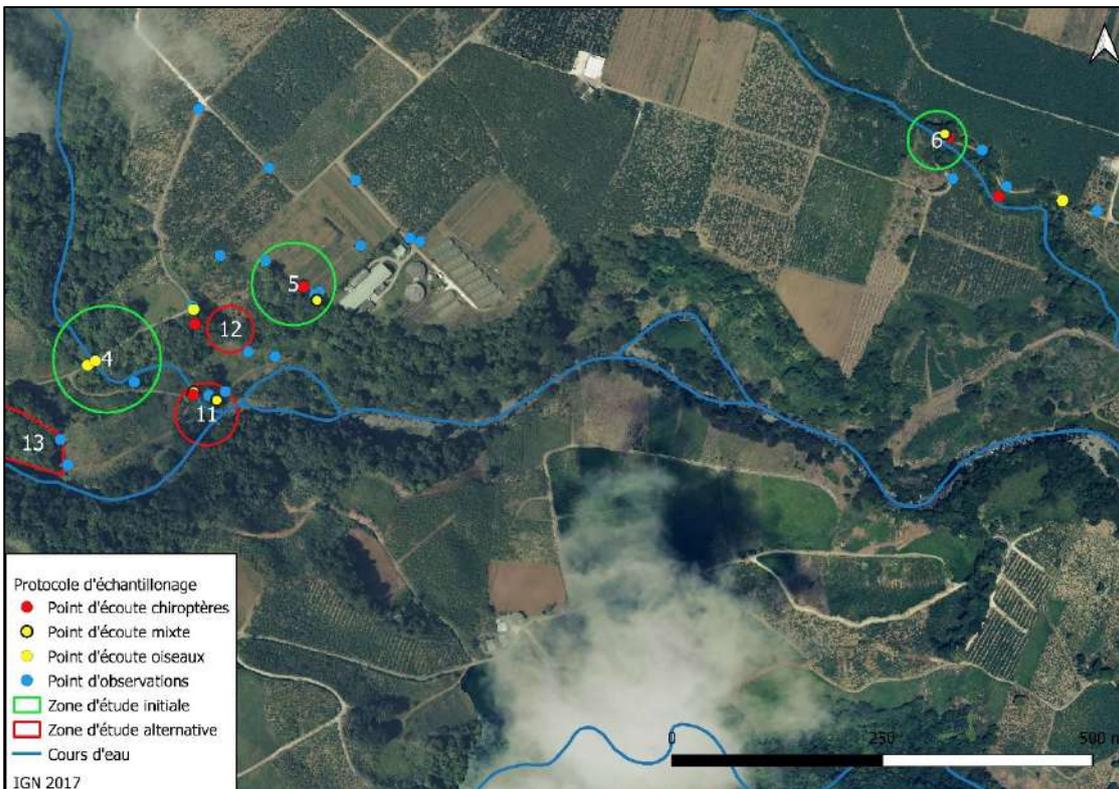
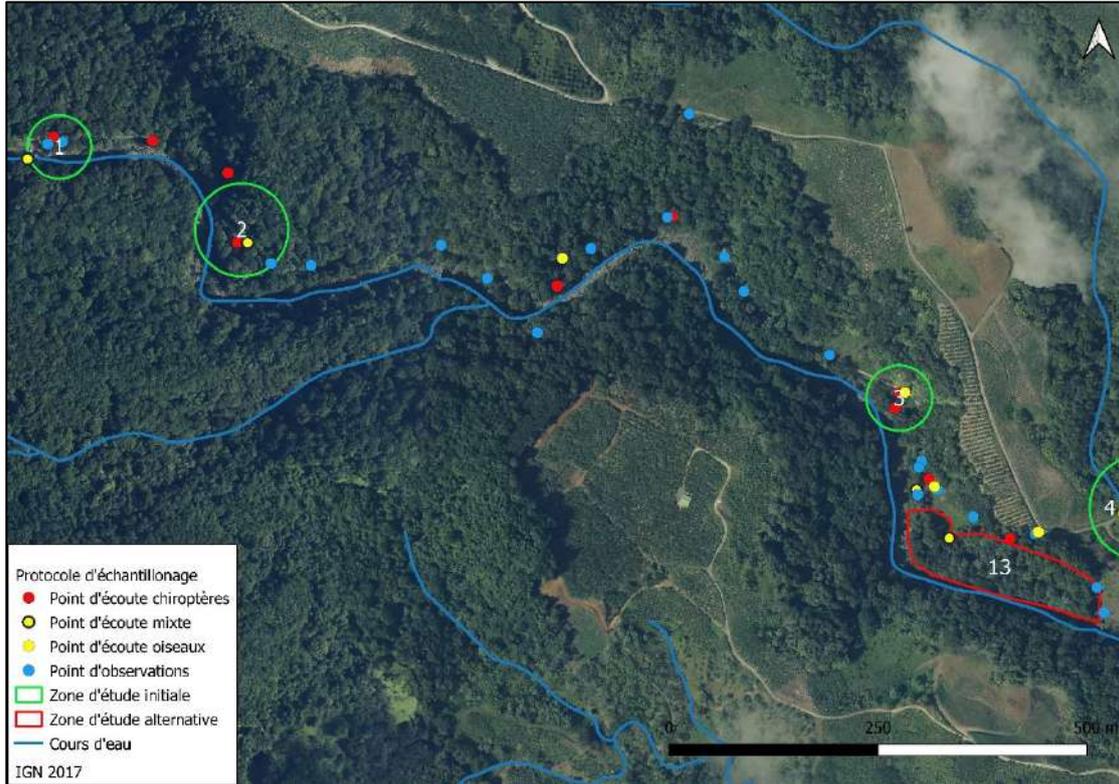


Figure 36 : Protocole d'inventaire faunistique

Des observations visuelles et auditives ont été effectuées pour l'observation de l'avifaune et les données ont été relevées et associées à des points GPS. Le matériel optique employé se compose de jumelles Leica 10x50.

Pour les chiroptères, des détecteurs enregistreurs ultra-son, SM4BAT ont été placés sur 5 points fixes. L'analyse des enregistrements a été effectuée à l'aide de logiciels Sonochiro et Batsound.

Les points d'écoute ont été positionnés au niveau des zones à inventorier et selon l'accessibilité parmi la végétation pour la pose des enregistreurs. La pertinence de contact a également été prise en considération pour le choix des points. En effet, les enregistreurs ont été placés aux endroits où les rencontres avec les espèces étaient les plus probables. Les cartographies ci-dessous présentent la localisation des points d'écoute sur la zone d'étude.



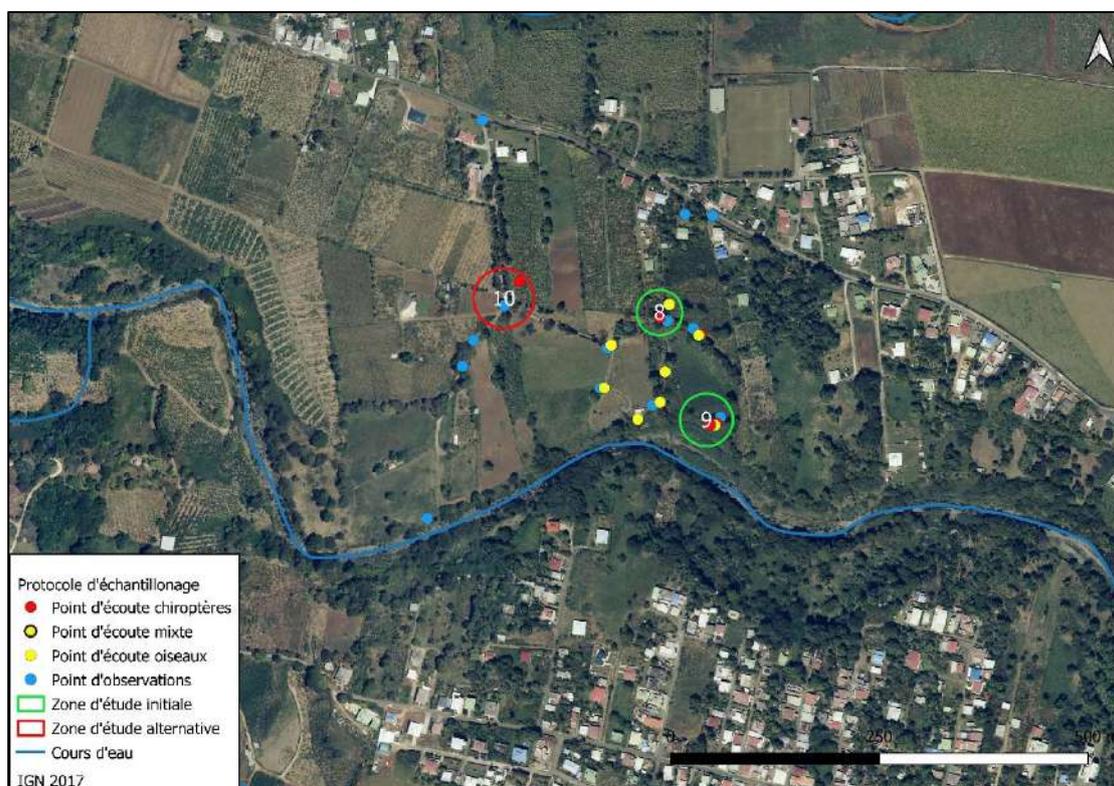
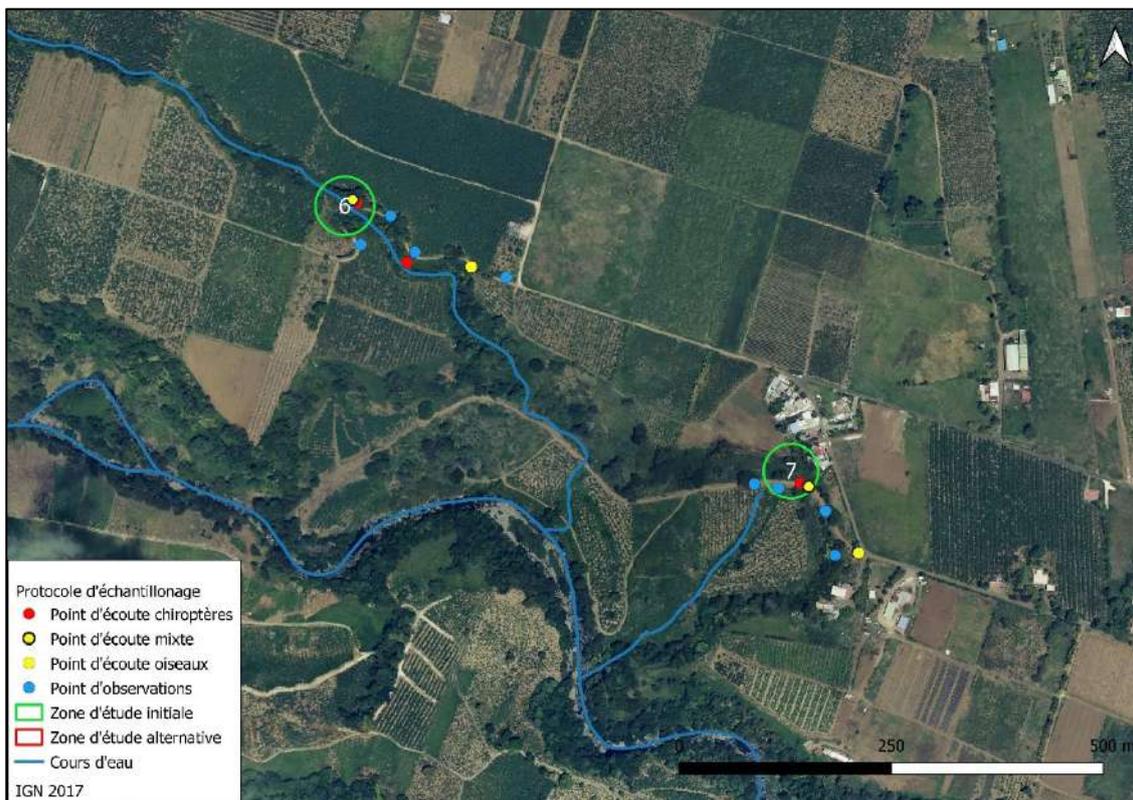


Figure 37 : Cartographie de la disposition des points d'écoute sur la zone d'étude

Les inventaires des reptiles et amphibiens ont eu lieu pendant les deux saisons d'inventaires en prospectant les différents sites identifiés le jour pour les reptiles diurnes (anolis, sphérodactyles) et en

soirée pour les amphibiens et les reptiles nocturnes. Le tableau ci-dessous présente la méthode employée pour les prospections sur site.

Tableau 17 : Méthodologie d'inventaires pour les reptiles et amphibiens

Groupe	Espèces	Période	Action
Amphibiens	Hylode de la Martinique	Nocturne	Écoute et recherche au sol et dans la végétation
	Hylode de Johnstone	Nocturne	Écoute et recherche au sol et dans la végétation
	Hylode de Barlagne	Nocturne	Écoute et recherche dans les suintements, sur berge au sol et dans la litière
	Crapaud bœuf	Nocturne	Écoute et observation
Reptiles	Anolis de la Guadeloupe	Diurne et nocturne	Observation : recherche au sol, dans la végétation et dans les arbres
	Sphérodactyle bizarre	Diurne	Observation : recherche dans la litière
	Thécadactyle à queue turbinée	Nocturne	Recherche dans les arbres
	Typhlops de Guadeloupe	Nocturne	Recherche au sol
	Gymnophthalme d'Underwood	Diurne	Recherche au sol dans milieux ouverts
	Hémidactyle mabouia	Nocturne	Recherche dans les arbres

Le tableau ci-dessous présente les dates d'inventaires et quelles classes ils ont concerné.

Tableau 18 : Calendrier des prospections

Dates des prospections	Type de prospection
14 octobre 2021	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
15 octobre 2021	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
16 octobre 2021	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
08 novembre 2021	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
10 novembre 2021	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
12 novembre 2021	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
13 novembre 2021	Avifaune/herpétofaune/chiroptères

Dates des prospections	Type de prospection
6 mai 2022	Chiroptères
7 mai 2022	Chiroptères
8 mai 2022	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
9 mai 2022	Chiroptères
10 mai 2022	Chiroptères
11 mai 2022	Chiroptères/avifaune
4 juin 2022	Chiroptères/avifaune
5 juin 2022	Chiroptères
6 juin 2022	Chiroptères
7 juin 2022	Chiroptères
20 juin 2022	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
21 juin 2022	Chiroptères
22 juin 2022	Chiroptères
23 juin 2022	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
24 juin 2022	Chiroptères
25 juin 2022	Chiroptères
26 juin 2022	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
27 juin 2022	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
28 juin 2022	Chiroptères
29 juin 2022	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
30 juin 2022	Chiroptères
1 ^{er} juillet 2022	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
4 juillet 2022	Chiroptères
5 juillet 2022	Chiroptères
6 juillet 2022	Chiroptères
7 juillet 2022	Chiroptères
9 juillet 2022	Avifaune/herpétofaune/chiroptères

Dates des prospections	Type de prospection
10 juillet 2022	Chiroptères
11 juillet 2022	Avifaune/herpétofaune/chiroptères
17 novembre 2022	Identification des zones à défricher et des espèces faunistiques à enjeux présentes
18 novembre 2022	

- **Limites et contraintes rencontrées**

La saison humide a été plutôt sèche avec environ 30% de déficit pluviométrique. Les barrages liés aux mouvements sociaux en fin d'année 2021 ont perturbé l'accessibilité aux sites. La sécheresse s'est accentuée en 2022 et a perduré jusqu'en juillet 2022 ce qui a eu pour effet de perturber les cycles biologiques et, pour être pertinent dans les inventaires, d'étendre les prospections jusqu'en juillet 2022. Cependant, les résultats obtenus sont suffisants au regard des enjeux du projet et suffisent à caractériser la zone de façon fidèle.

3.2.4 Résultats

Ces investigations, la bibliographie et nos connaissances de la région permettent d'établir une liste d'espèce non exhaustive, mais relativement complète au regard des conditions météorologiques rencontrées.

Le secteur d'étude est riche malgré la fragmentation des milieux et les bosquets boisés isolés dans les champs ou les friches jouent tout de même leur rôle de « pas japonais » dans la trame verte, grâce à une trame noire encore indemne.

Tableau 19 : Richesse spécifique des groupes taxonomiques inventoriés (dont les espèces potentielles en rouge)

Ordre	Richesse Spécifique
Amphibiens	4
Reptiles	4 (2)
Oiseaux	42 (3)
Mammifères	15 (1)
Insectes	1
TOTAL	65 (7)

En rouge : Espèces potentiellement présentes

Au final, ce sont **65 espèces répertoriées**, 72 si on prend en compte les taxons potentiellement présents, indiqués en rouge dans le tableau ci-dessus. Ceux-ci sont présentés dans les résultats à titre indicatif mais ne seront pas pris en compte dans l'analyse des incidences.

À cet inventaire s'ajoute un insecte protégé, le coléoptère Dynaste hercule (*Dynastes hercules*), autrefois présent près des bananeraies (témoignage d'exploitants) et sûrement encore présent au sein de la forêt, près du captage. Toutefois il n'a pas été contacté lors des inventaires, il ne sera donc pas pris en compte dans le cadre de cette étude d'impact.

L'interaction entre milieux forestiers et bananeraies est prégnante et se traduit par la présence de taxons forestiers (Moucherolle gobemouche, Pic de Guadeloupe, Grive à pieds jaunes, Murin de la Dominique,

Sturnire de Guadeloupe, etc.), de milieux anthropisés agricoles (Ani à bec lisse, Sporophile rouge-gorge, Brachyphylle des Antilles, Fer de lance commun, etc.) et par quelques espèces liées aux milieux aquatiques et rivulaires : Hylode de Barlagne, Chevalier grivelé, Raton laveur.

Tableau 20 : Liste des espèces avérées et potentielles sur les zones d'étude

Classe	Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire
Oiseaux	Ardéidés	<i>Butorides virescens</i>	Héron vert
		<i>Bubulcus ibis</i>	Héron garde-boeufs
		<i>Nycticorax violacea</i>	Bihoreau violacé
	Falconidés	<i>Falco sparverius</i>	Crécerelle d'Amérique
		<i>Falco columbarius</i>	Faucon émerillon
		<i>Falco peregrinus</i>	Faucon pèlerin
	Scolopacidés	<i>Actitis macularia</i>	Chevalier grivelé
	Colombidés	<i>Zenaida aurita</i>	Tourterelle à queue carré
		<i>Columbina passerina</i>	Colombe à queue noire
		<i>Streptopelia decaocto</i>	Tourterelle turque
		<i>Geotrygon mystacea</i>	Colombe à croissants
		<i>Geotrygon montana</i>	Colombe rouviolette
		<i>Patagioenas squamosa</i>	Pigeon à cou rouge
	Trochilidés	<i>Orthorhyncus cristatus</i>	Colibri huppé
		<i>Eulampis holosericeus</i>	Colibri Falle vert
		<i>Eulampis jugularis</i>	Colibri madère
	Apodidés	<i>Cypseloides niger</i>	Martinet sombre
		<i>Chaetura martinica</i>	Martinet chiquesol
	Caprimulgidés	<i>Chordeiles gundlachii</i>	Engoulevent pyramidig
	Picidés	<i>Melanerpes herminieri</i>	Pic de la Guadeloupe
Cuculidés	<i>Coccyzus minor</i>	Coulicou manioc	
	<i>Crotophaga ani</i>	Ani à bec lisse	
Hirundinidés	<i>Progne dominicensis</i>	Hirondelle à ventre blanc	
Turdidés	<i>Turdus Iherminieri</i>	Grive à pieds jaunes	

Classe	Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire
		<i>Turdus nudigenis</i>	Merle à lunettes
	Mimidés	<i>Allenia fusca</i>	Moqueur grivotte
		<i>Margarops fuscatus</i>	Moqueur corossol
		<i>Cinclocerthia ruficauda</i>	Trembleur brun
		Tyrannidés	<i>Tyrannus dominicensis</i>
	<i>Elaenia martinica</i>		Elénie siffleuse
	<i>Contopus latirostris</i>		Moucherolle gobemouche
	Vireonidés	<i>Vireo altiloquus</i>	Viréo à moustaches
	Parulidés	<i>Setophaga plumbea</i>	Paruline caféïette
		<i>Setophaga petechia</i>	Paruline jaune
		<i>Setophaga ruticilla</i>	Paruline flamboyante
		<i>Setophaga striata</i>	Paruline rayée
		<i>Setophaga americana</i>	Paruline à collier
	Thraupidés	<i>Loxigilla noctis</i>	Sporophile rouge-gorge
		<i>Saltator albicollis</i>	Saltator gros bec
		<i>Coereba flaveola</i>	Sucrier à ventre jaune
		<i>Tiaris bicolor</i>	Sporophile ceci
	Estrildidés	<i>Estrilda troglodytes</i>	Astrild cendré
		<i>Estrilda melpoda</i>	Astrild à joues oranges
		<i>Lonchura punctulata</i>	Capucin damier
Ictéridés	<i>Quiscalus lugubris</i>	Quiscale merle	
Amphibiens	Eleutherodactylidés	<i>Eleutherodactylus martinicensis</i>	Hylode de la Martinique
		<i>Eleutherodactylus johnstonei</i>	Hylode de Johnstone
		<i>Eleutherodactylus barlagnei</i>	Hylode de Barlagne
	Bufonidés	<i>Rhinella marina</i>	Crapaud bœuf
Reptiles	Dactyloïdés	<i>Anolis marmoratus</i>	Anolis de la Guadeloupe
	Sphaerodactylidés	<i>Sphaerodactylus fantasticus</i>	Sphérodactyle bizarre

Classe	Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire
	Phyllodactylidés	<i>Thecadactylus rapicauda</i>	Thécadactyle à queue turbinée
	Gymnophthalmidés	<i>Antillotyphlops guadeloupensis</i>	Typhlops de Guadeloupe
		<i>Gymnophthalmus underwoodi</i>	Gymnophthalme d'Underwood
	Gekkonidés	<i>Hemidactylus mabouia</i>	Hémidactyle mabouia
Mammifères	Molossidés	<i>Molossus molossus</i>	Molosse commun
		<i>Tadarida brasiliensis</i>	Tadaride du Brésil
	Natalidés	<i>Natalus stramineus</i>	Natalide isabelle
	Phyllostomidés	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Fer de lance commun
		<i>Brachyphylla cavernarum</i>	Brachyphylle des Antilles
		<i>Sturnira thomasi</i>	Sturnire de Guadeloupe
		<i>Chiroderma improvisum</i>	Chiroderme de Guadeloupe
		<i>Monophyllus plethodon</i>	Monophylle des Petites Antilles
		<i>Ardops nicholli</i>	Ardops des Petites Antilles
	Vespertilionidés	<i>Myotis dominicensis</i>	Murin de la Dominique
	Noctilionidés	<i>Noctilio leporinus</i>	Noctilion pêcheur
	Mormoopidés	<i>Pteronotus davyi</i>	Ptéronote de Davy
	Muridés	<i>Rattus rattus</i>	Rat noir
		<i>Mus musculus</i>	Souris grise
Procyonidés	<i>Procyon minor</i>	Raton laveur	
Herpestidés	<i>Urva auropunctata</i>	Petite mangouste indienne	
Insectes	Scarabaeidés	<i>Dynastes hercules</i>	Dynaste hercule

Légende : en rouge, les taxons potentiellement présents

L'utilisation de différents critères biologiques et patrimoniaux permet de définir l'Enjeu Local de Conservation (ELC) pour chaque espèce à l'échelle biogéographique concernée. Des Enjeux Locaux de Conservation (ELC) très forts, forts et modérés apparaissent. Ils sont généralement liés aux milieux forestiers.

Tableau 21 : Enjeux patrimoniaux de la faune

Nom vernaculaire	SB	SP	LR	IRG	Redom	Det	ELC
Hylode de Barlagne	NS	P1	EN	1	Oui	Oui	Très fort

Nom vernaculaire	SB	SP	LR	IRG	Redom	Det	ELC
Dynaste hercule	NS	P1	NT	3+		Oui	Très fort
Sturnire de Guadeloupe	NS	P1	EN	2	Oui	Oui	Très fort
Martinet sombre	NM	P		5			Fort
Martinet chiquesol	NM	P		2			Fort
Moucherolle gobemouche	NS	P	NT	3+	Oui		Fort
Chiroderme de Guadeloupe	NS	P1	EN	2	Oui		Fort
Monophylle des Petites Antilles	NS	P1	VU	3	Oui		Fort
Natalide isabelle	NS	P1	VU	3	Oui		Fort
Bihoreau violacé	NS	P		5			Modéré
Faucon émerillon	MH	P		5			Modéré
Faucon pèlerin	MH	P		6			Modéré
Colombe rouviolette	NS	NP	NT	5			Modéré
Pigeon à cou rouge	NS	NP		4			Modéré
Engoulevent pyramidig	NM	NP	EN	5			Modéré
Pic de la Guadeloupe	NS	P	NT	1	Oui		Modéré
Grive à pieds jaunes	NS	NP	VU	2			Modéré
Paruline caféïette	NS	P		2			Modéré
Hylode de la Martinique	NS	P1	NT	2	Oui		Modéré
Sphérodactyle bizarre	NS	P1		2	Oui		Modéré
Typhlops de Guadeloupe	NS	P		1	Oui		Modéré
Murin de la Dominique	NS	P1	NT	2	Oui		Modéré
Noctilion pêcheur	NS	P1		5			Modéré
Crécérille d'Amérique	NS	P		5			Modéré
Ardops des Petites Antilles	NS	P1		3	Oui		Modéré
Héron vert	NS	P		5			Faible
Chevalier grivelé	NS	P		5			Faible
Colombe à queue noire	NS	P		5			Faible

Nom vernaculaire	SB	SP	LR	IRG	Redom	Det	ELC
Colombe à croissants	NS	NP		3+	Oui		Faible
Colibri Falle vert	NS	P		3+			Faible
Colibri madère	NS	P		3	Oui		Faible
Coulicou manioc	NS	P		5			Faible
Ani à bec lisse	NS	P		5			Faible
Hirondelle à ventre blanc	NM	P		4			Faible
Moqueur corossol	NS	NP		4			Faible
Moqueur grivotte	NS	NP		3	Oui		Faible
Trembleur brun	NS	P	NT	3			Faible
Viréo à moustaches	NS	P		5			Faible
Paruline jaune	NS	P		5			Faible
Paruline flamboyante	MH	P		5			Faible
Paruline rayée	M	P		5			Faible
Paruline à collier	MH	P		5			Faible
Saltator gros bec	NS	P		2			Faible
Sporophile ceci	NS	P		5			Faible
Quiscale merle	NS	P		5			Faible
Anolis de la Guadeloupe	NS	P		1			Faible
Thécadactyle à queue turbinée	NS	P		5			Faible
Molosse commun	NS	P1		5			Faible
Tadaride du Brésil	NS	P1		5			Faible
Fer de lance commun	NS	P1		5			Faible
Brachyphylle des Antilles	NS	P1		4			Faible
Ptéronote de Davy	NS	P1	NT	5			Faible
Héron garde-boeufs	S	P		6			Très faible
Tourterelle à queue carré	NS	NP		5			Très faible
Colibri huppé	NS	P		3			Très faible

Nom vernaculaire	SB	SP	LR	IRG	Redom	Det	ELC
Merle à lunettes	NS	NP		5			Très faible
Elénie siffleuse	NS	P		4			Très faible
Tyran gris	NS	P		5			Très faible
Sporophile rouge-gorge	NS	P		3			Très faible
Sucrier à ventre jaune	NS	P		5			Très faible
Tourterelle turque	NS	NP		I			Nul
Astrild cendré	NS	NP		I			Nul
Astrild à joues oranges	NS	NP		I			Nul
Capucin damier	NS	NP		I			Nul
Hylode de Johnstone	NS	NP		I			Nul
Crapaud bœuf	NS	NP		I			Nul
Gymnophthalme d'Underwood	NS	NP		I			Nul
Hémidactyle mabouia	NS	NP		I			Nul
Rat noir	NS	NP		I			Nul
Souris grise	NS	NP		I			Nul
Raton laveur	NS	NP		I			Nul
Petite mangouste indienne	NS	NP		I			Nul

En rouge, les espèces potentiellement présentes

Légende : SB = Statut biologique : NS=Sédentaire nicheur ; MN=Migrateur Nicheur ; MH=Migrateur hivernant ; S=Sédentaire ; M=migrateur de passage. SP = Statut de protection : NP = Non Protégé ; P1= Protection intégrale ; P=protection individus. IRG= Indice de Répartition Géographique. Statut IUCN : EN = En danger ; VU= Vulnérable ; NT= Quasi-menacé. RED=Espèces Redom. DET= Espèces déterminantes Znieffs. ELC = Enjeu local de conservation.

➤ Enjeu très fort

- **Espèce avérée**

- ✓ La Sturnire de Guadeloupe (*Sturnira thomasi*)

Chiroptère frugivore, endémique de la Guadeloupe et de la Dominique, c'est un phyllostomidés de sous-bois considéré comme en danger (EN) sur la liste rouge des espèces menacées. Elle est frugivore et s'alimente notamment de piperacées (Ibéné *et al.*, 2006). Son signal est peu perceptible (5 m) et peut être confondu dans certains cas avec celui du Fer de lance commun ce qui sous-estime probablement sa population lors des inventaires. Il y a eu un contact avéré entre les zones 3 et 13. Cependant, c'est une espèce difficilement détectable, il n'est donc pas possible d'estimer la taille de la population. Elle a été observée en forêt et est probablement présente tout le long de la zone d'étude sur laquelle elle semble pratiquer une activité de chasse.

- ✓ L'Hylode de Barlagne (*Eleutherodactylus barlagnei*)

Cette espèce d'amphibien, considérée comme en danger (EN) sur la liste rouge des espèces menacées de Guadeloupe, a été entendue sur 3 points le long de la rivière au mois de juin 2022 lors d'un transect nocturne, mais n'a pas été observée directement.

- **Espèces potentielles**

- ✓ Le Dynaste hercule (*Dynastes hercules hercules*)

Il s'agit de l'un des plus gros scarabées du monde. La sous-espèce D.h.hercules est endémique de la Guadeloupe et de la Dominique. Il a été mentionné comme présent sur le secteur, il y a quelques années, au niveau d'un hangar à banane. Il n'est donc pas improbable qu'il soit toujours présent dans la forêt des 3 premières zones. La larve se développe dans les matières en décomposition du sol, bois mort, feuilles, etc. Toutefois il n'a pas été contacté lors des inventaires et ne sera donc pas considéré dans cette étude d'impact.

- ✓ Le Martin pêcheur à ventre roux (*Megaceryle torquata stictipennis*),

Signalé comme potentiellement présent lors de la première phase des inventaires (Leblond, 2021), il n'a pas été contacté sur les zones d'études qui longent la rivière et il est difficile de savoir s'il peut être présent. Cette espèce n'a pas été indiquée dans l'inventaire par l'expert faunistique et ne sera donc pas considérée dans le cadre de cette étude d'impact.

➤ **Enjeu fort**

- **Espèces avérées**

Deux espèces aériennes (utilisant uniquement le milieu aérien pour s'alimenter, voire dormir), indigènes, ont été observées survolant le site :

- ✓ Le Martinet chiquesol (*Chaetura martinica*). Ce petit martinet, endémique des Petites Antilles, niche en montagne. Il a été observé en octobre 2021 au-dessus de la forêt de la zone 3.
- ✓ Le Martinet sombre (*Cypseloides niger*) a été observé au mois de juin sur plusieurs points en phase d'alimentation pendant sa période de reproduction (zones 3, 13, 11, 12 et 6). Il niche plus en amont, en montagne à proximité des sauts et chutes d'eau.

Plusieurs taxons forestiers sont concernés :

- ✓ Le Moucherolle gobemouche (*Contopus latirostris*). Petit tyran forestier endémique de quelques îles de Guadeloupe, classé quasi-menacé (NT) sur la liste rouge. Un individu a été contacté dans la ripisylve entre les zones 3 et 13.
- ✓ Le Monophylle des Petites Antilles (*Monophyllus plethodon*). Chiroptère original, nectarivore, devenu peu commun et considéré comme vulnérable (VU) sur la liste rouge. Il a été contacté sur la majorité des sites du projet. Plutôt forestier, sa présence sur des fragments boisés semble indiquer la fonctionnalité d'une trame verte et souligner la qualité de la trame noire.
- ✓ La Natalide isabelle (*Natalus stramineus*) est classée vulnérable (VU) sur la liste rouge. Cette petite chauve-souris insectivore de sous-bois a été contactée dans un corridor vert, arboré mais pas réellement forestier, probablement en déplacement. Elle est très difficilement détectable (2 m) ce qui sous-estime sa présence. Elle a été contactée en zone 7.

- **Espèces potentielles**

- ✓ Le Chiroderme de Guadeloupe (*Chiroderma improvisum*) est une chauve-souris forestière considérée comme en danger (EN) sur la liste rouge. Il y a très peu de connaissances sur cette espèce forestière exploitant probablement la canopée. Elle pourrait être présente, notamment dans la partie la plus forestière de la zone d'étude : site 1 et 2.

➤ **Enjeu modéré**

Douze taxons avérés et deux potentiels sont identifiés dans cette catégorie patrimoniale :

- **Espèces avérées**

- ✓ Le Bihoreau violacé (*Nyctanassa violacea*). Héron nocturne, chasseur d'invertébrés et de vertébrés notamment en bordure de littoral et de rivière. Il est dépendant d'arbres pour établir son aire. Il a été contacté sur la zone 5.
- ✓ Le Faucon émerillon (*Falco columbarius*). Faucon migrateur, hivernant régulier en Guadeloupe, chasseur en vol d'oiseaux et de chiroptères. Comme tout rapace en haut de la chaîne alimentaire, il est sensible à la dégradation de la qualité environnementale. Il a été contacté en zone 3.
- ✓ La Colombe rouviolette (*Geotrygon montana*). Colombe forestière moins commune en Guadeloupe que la Colombe à croissants. Elle est classée quasi menacé (NT) sur la liste rouge régionale de Guadeloupe. Elle est sensible à la fragmentation. Elle a été observée sur les zones 1 et 4.
- ✓ L'engoulevent pyramidig (*Chordeiles gundlachii*). Oiseau insectivore aérien, crépusculaire et nocturne relativement rare en Guadeloupe, il est classé VU sur la liste rouge. Un individu a été contacté au mois de juin 2022, au-dessus de la zone 3.
- ✓ Le Pic de la Guadeloupe (*Melanerpes herminieri*). Oiseau endémique strict de la Guadeloupe, classé NT, relativement commun dans les milieux forestiers même fragmentés. Toutefois, sa présence est inféodée à des boisements. Il a été contacté sur l'ensemble des sites forestiers et à proximité. En revanche, il est absent des zones d'études situées plus à l'est : zones 6, 7, 8, 9 et 10 ce qui explique sa dépendance aux milieux forestiers conséquents.
- ✓ La Grive à pieds jaunes (*Turdus Iherminieri*). Oiseau endémique de quelques îles et classée vulnérable (VU) par l'IUCN, elle est un peu comme le Pic de Guadeloupe, présente uniquement en forêt ou à proximité immédiate. Elle a été contactée en forêt au niveau des zones 1, 2, 13 et 11.
- ✓ La Paruline caféïette (*Setophaga plumbea*). Petit oiseau insectivore forestier et endémique de quelques îles (Guadeloupe, Dominique). Comme les deux espèces précédentes, elle a été contactée uniquement en forêt et dans les grands fragments proximaux. Elle a été contactée en forêt au niveau des zones 1, 2, 3, 13, 11 et 5.
- ✓ L'Hylode de la Martinique, (*Eleutherodactylus martinicensis*). Amphibien indigène, relativement courant dans les boisements, contacté sur la plupart des boisements, forestiers ou isolés. Il est protégé intégralement (individus et habitats).
- ✓ Le Sphérodactyle bizarre, (*Sphaerodactylus fantasticus*). Petit reptile endémique des îles de la Guadeloupe et de la Dominique, il est inféodé aux litières des milieux boisés. Il est également protégé intégralement. Il a été contacté sur les zones forestières 1 à 5.
- ✓ Le Murin de la Dominique. (*Myotis dominicensis*). Il s'agit d'une petite chauve-souris insectivore et forestière, endémique de la Guadeloupe et de la Dominique. Protégée intégralement, elle est classée quasi menacée (NT) sur la liste rouge régionale. Elle a été contactée sur toutes les zones et de manière assez surprenante dans les fragments boisés 7, 8 et 9. Cela pourrait indiquer un rôle important des fragments forestiers des zones 6 à 9 dans les continuités écologiques.
- ✓ Le Noctilion pêcheur (*Noctilio leporinus*). Cette chauve-souris présente aux Antilles et en Amérique du sud est inféodée aux milieux aquatiques. Elle a été contactée le long de la Grande Rivière et à proximité (zones 1, 13, 5, 10 et 9). Elle est sensible aux pollutions aquatiques et à la fragmentation de la ripisylve.
- ✓ L'Ardops des Petites Antilles (*Ardops nichollsi*). Autre petite chauve-souris, mais frugivore, endémique des Petites Antilles et protégée intégralement. Elle est présente dans les milieux forestiers mais aussi dans des milieux arborés anthropisés. Elle a été détectée sur la plupart des zones.
- ✓ Le Crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*). Seul rapace nicheur de Guadeloupe. S'il est favorisé par des milieux fragmentés, il reste dépendant des grands arbres pour sa reproduction et joue un rôle important dans la régulation des nuisibles et dans la chaîne alimentaire.

- **Espèces potentielles**

- ✓ Le Faucon pèlerin (*Falco peregrinus*). Ce beau rapace est un migrateur hivernant régulier comme le Faucon émerillon. Il chasse aussi les oiseaux et les chiroptères.
- ✓ Le Pigeon à cou rouge (*Patagioenas squamosa*). Ce colombidé forestier a été contacté en dehors des zones d'étude, bien qu'il puisse être potentiellement présent en forêt.
- ✓ Le Typhlops de Guadeloupe (*Antillotyphlops guadeloupensis*). Reptile fouisseur fréquentant le sol organique et les souches et troncs d'arbres morts en décomposition. Il est probablement présent au moins sur les zones forestières de 1 à 4. Il est protégé intégralement.

3.2.5 Approche de la répartition de la faune

La répartition des espèces patrimoniales est présentée d'ouest en est, ce qui correspond à une augmentation de la fragmentation et ainsi au délitement de la couverture forestière. Il ne s'agit là que de points de contact, et les espèces, notamment les plus discrètes, peuvent avoir une amplitude de répartition plus large. Toutefois, l'analyse peut être faite sur quelques taxons très détectables ou pour lesquels il y a eu suffisamment de données.

C'est le cas du Monophylle des Petites Antilles, du Murin de la Dominique et de l'Ardops des Petites Antilles. Ces trois espèces ont été détectées sur la plupart des zones dont les plus éloignées (zones 8 et 9). En revanche, pour des oiseaux forestiers comme le Pic de Guadeloupe, la Grive à pieds jaunes et la Paruline caféïette, la répartition se limite approximativement à la zone 5, là où subsiste encore une couverture forestière conséquente (Cf. Figures ci-dessous).

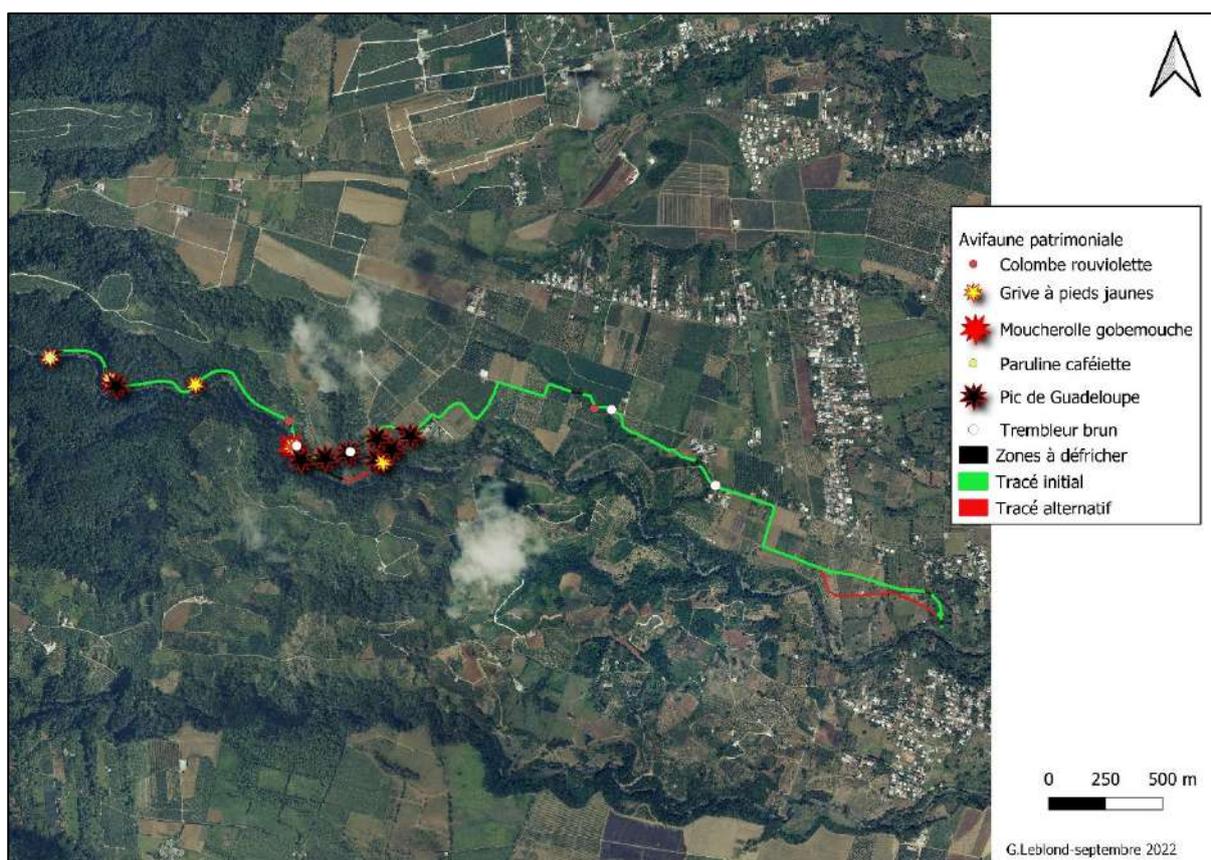


Figure 38 : Carte présentant les points de contact avec l'avifaune patrimoniale

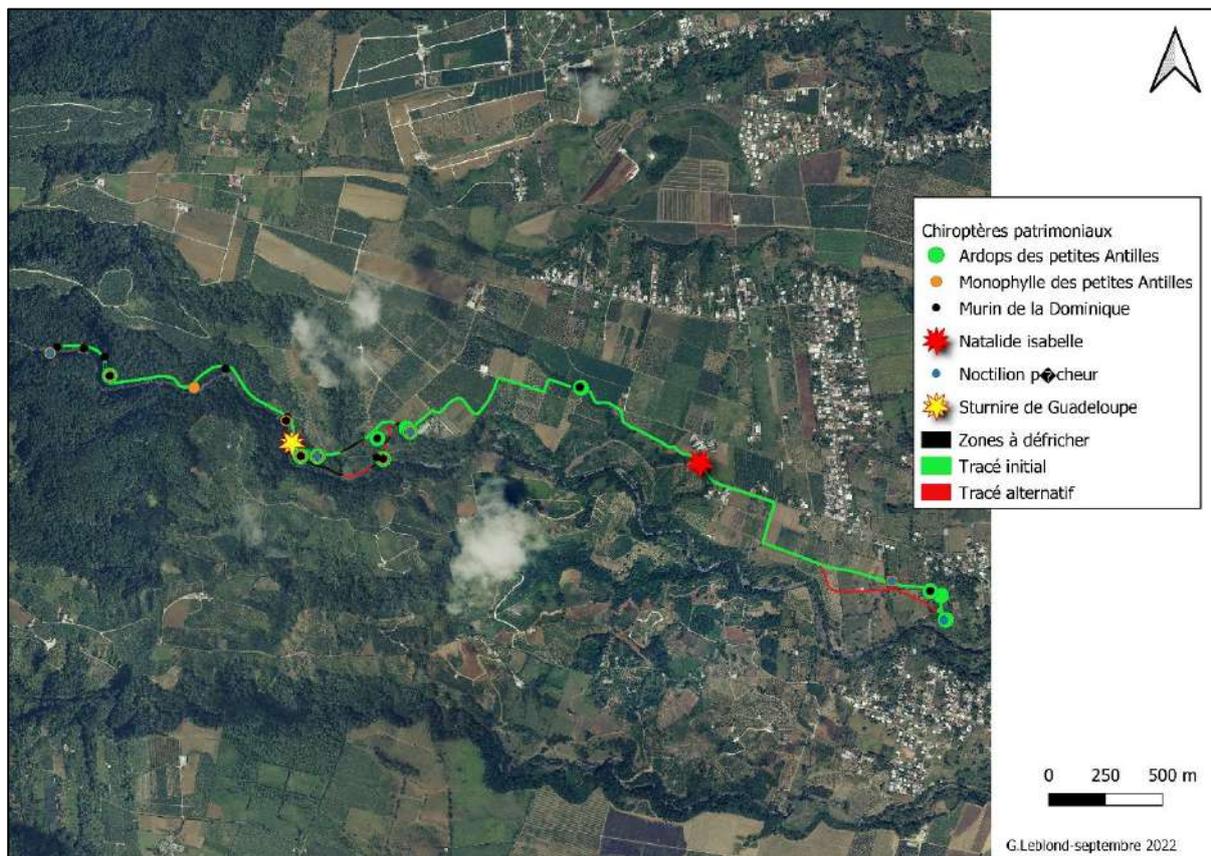


Figure 39 : Carte présentant les points de contact avec les chiroptères patrimoniaux

Parmi l'herpétofaune, les populations d'Hylode de la Martinique et de Sphérodactyle bizarre semblent relativement résilientes. Elles ont été contactées dans des boisements ou bosquets relativement isolés (Cf. Figures ci-dessous).

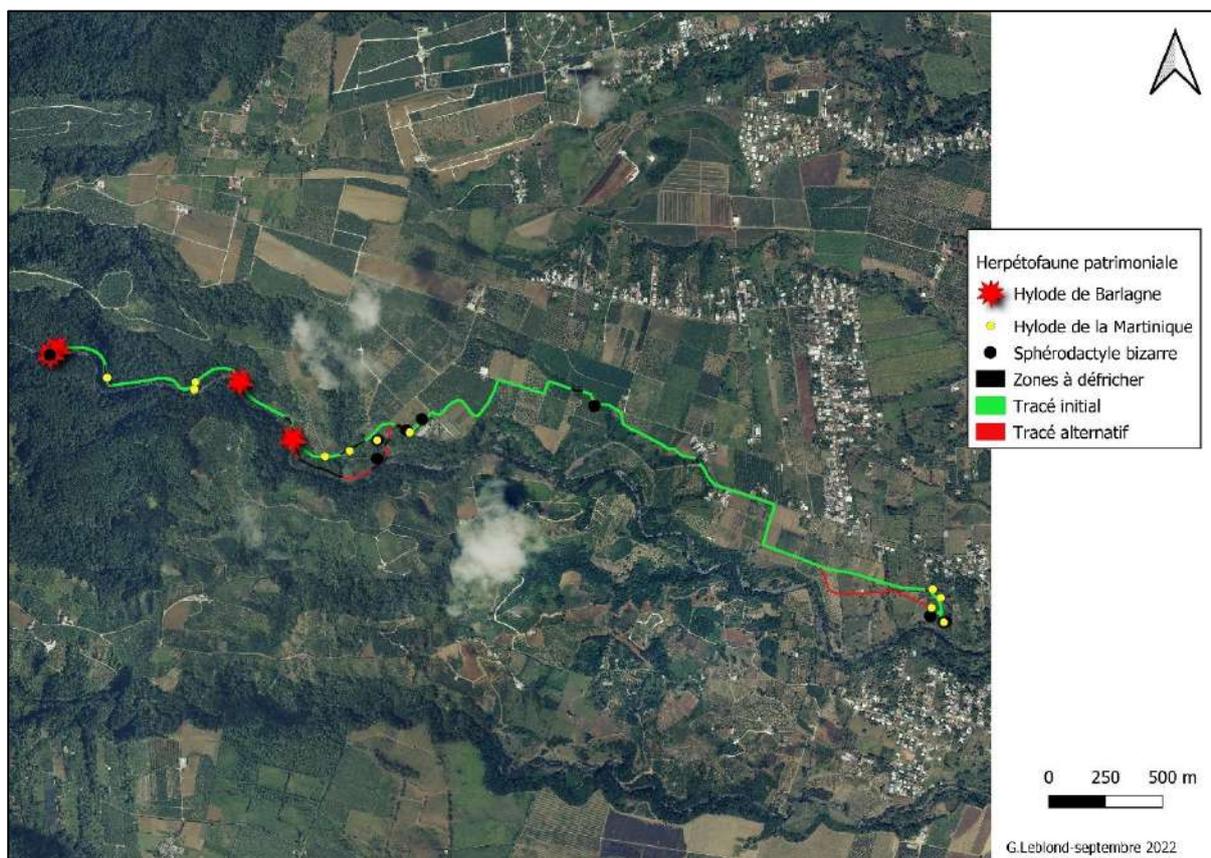


Figure 40 : Carte présentant les points de contact avec l'herpétofaune patrimoniale

Enfin, il est possible que les bananeraies, désormais exploitées avec moins de pesticides et utilisant la reconstitution des sols, servent de matrice pour connecter les différentes reliques forestières, du moins pour quelques espèces.

Au stade mature, les bananeraies offrent l'avantage par rapport à d'autres cultures (cultures d'ananas ou de melon par exemple) de constituer un couvert végétal suffisamment haut pour être favorable au déplacement de quelques espèces faunistique et donc d'avoir un rôle de corridor, d'autant plus sur les exploitations ayant une gestion plus écologique : diminution ou absence de pesticide et d'engrais, enherbement et feuilles pouvant constituer des litières, etc. Toutefois, il faut prendre en considération les différentes phases culturales (labour, plantation, croissance des bananiers) et les rotations de cultures (pâtures, cannes, autres cultures) utilisées justement pour limiter l'utilisation d'intrants mais modulant l'aspect de la matrice devenant moins favorable aux déplacements de la faune forestière.

Les déplacements de la faune peuvent s'effectuer :

- ✓ En lisière : Chiroptères, la plupart des oiseaux, etc.
- ✓ Au-dessus : Colombidés, Crécerelles, Moqueurs, etc.
- ✓ À l'intérieur : Colibris, Sporophiles, et peut être Chiroptères comme le Murin de la Dominique.
- ✓ Au sol : Sphérodactyle, Hylode, etc.

La répartition des taxons à enjeux patrimoniaux contactés selon les zones du projet est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 22 : Répartition des taxons contactés selon les zones du projet

Nom vernaculaire	ELC	Forêt continue		Forêt fragmentée						Corridors continus		Pas japonais		
		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 13	Zone 4	Zone 11	Zone 12	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 10	Zone 8	Zone 9
Hylode de Barlagne	Très fort	A, R		A, R										
Sturnire de Guadeloupe	Très fort				A, D, G ?									
Dynaste hercule	Très fort	A, R	A, R											
Martinet sombre	Fort			A	A		A	A		A				
Martinet chiquesol	Fort			A										
Moucherolle gobemouche	Fort				A, R									
Natalide isabelle	Fort										A, D			
Chiroderme de Guadeloupe	Fort	A, R	A, R											
Monophylle des Petites Antilles	Fort	A, D, G ?	A, D, G ?	A, D, G ?	A, D, G ?		A, D, G ?		A, D, G ?	A, D	A, D	A, D	A, D	A, D
Bihoreau violacé	Modéré								A					
Crécérelle d'Amérique	Modéré			A, R										
Faucon émerillon	Modéré									A				
Faucon pèlerin	Modéré	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Colombe rouviolette	Modéré	A, R	A, R	A, R	A, R		A, R							
Pigeon à cou rouge	Modéré	A	A	A										
Engoulevent pyramidig	Modéré			A										

Nom vernaculaire	ELC	Forêt continue		Forêt fragmentée						Corridors continus		Pas japonais		
		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 13	Zone 4	Zone 11	Zone 12	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 10	Zone 8	Zone 9
Pic de la Guadeloupe	Modéré	A, R	A, R		A, R	A, R	A	A	A, R					
Grive à pieds jaunes	Modéré	A, R	A, R		A, R		A, R							
Paruline caféïette	Modéré	A, R	A, R	A, R	A, R		A, R		A, R					
Hylode de la Martinique	Modéré	A, R	A, R		A, R	A, R		A, R	A, R				A, R	A, R
Sphérodactyle bizarre	Modéré	A, R					A, R	A, R	A, R	A, R				A, R
Typhlops de Guadeloupe	Modéré	A, R	A, R	A, R	A, R	A, R	A, R	A, R	A, R	A, R	A, R	A, R	A, R	A, R
Ardops des Petites Antilles	Modéré		A, D, G ?		A, D, G ?		A, D, G ?	A, D, G ?		A, D, G ?	A, D			
Murin de la Dominique	Modéré	A, D, G ?	A, D, G ?	A, D, G ?	A, D, G ?		A, D, G ?	A, D		A, D	A, D			
Noctilion pêcheur	Modéré	A, D			A, D				A, D			A, D		A, D

Utilisation des zones d'études par la faune :

Alimentation (A) : les espèces s'alimentent sur la zone d'étude.

Déplacement (D) : les espèces contactées se déplacent ou sont susceptibles de le faire.

Gîte potentiel (G ?) : Dans le cadre de cette étude, cela concerne les chiroptères susceptibles de se reposer ou d'avoir un gîte dans les arbres.

Reproduction (R) : les espèces se reproduisent sur la zone d'étude (chant, nid, habitat, etc.).

3.2.6 Continuités écologiques, déplacement de la faune

- **Généralités**

Les continuités écologiques, appelées trames, permettent la circulation et la dispersion de la faune et de la flore : flux des populations et flux génétiques. Chaque espèce étant différente, il existe autant de continuités écologiques que de taxons ou du moins de groupe d'espèces.

Les trames sont généralement constituées de réservoirs ou noyaux de biodiversité, primaires ou secondaires, reliés par des corridors écologiques plus ou moins fragmentés. L'absence de continuités écologiques conduits à des phénomènes d'isolation, fragilisant les populations et entraînant une régression et une banalisation de la biodiversité.

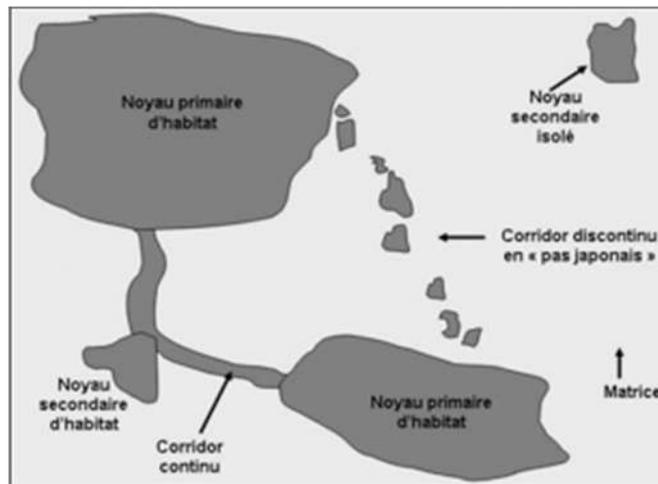


Figure 41 : Schématisation d'une trame

Actuellement, trois catégories de trames sont prises en considération :

- ✓ La trame verte (essentiellement des forêts en Guadeloupe),
- ✓ La trame bleue (réseau des rivières et des zones humides),
- ✓ La trame noire qui se traduit par l'absence de pollution lumineuse qui perturbe les espèces sensibles à la lumière, soit en les repoussant, soit en les attirant et en les piégeant. Elle se superpose aux autres trames et permet d'expliquer certaines ruptures de continuité.



Figure 42 : Schéma des trames verte, bleue et noire

Une dernière trame, la trame blanche, qui traite de la pollution sonore, commence à être prise en compte.

3.2.7 Approche des continuités écologiques des zones d'étude

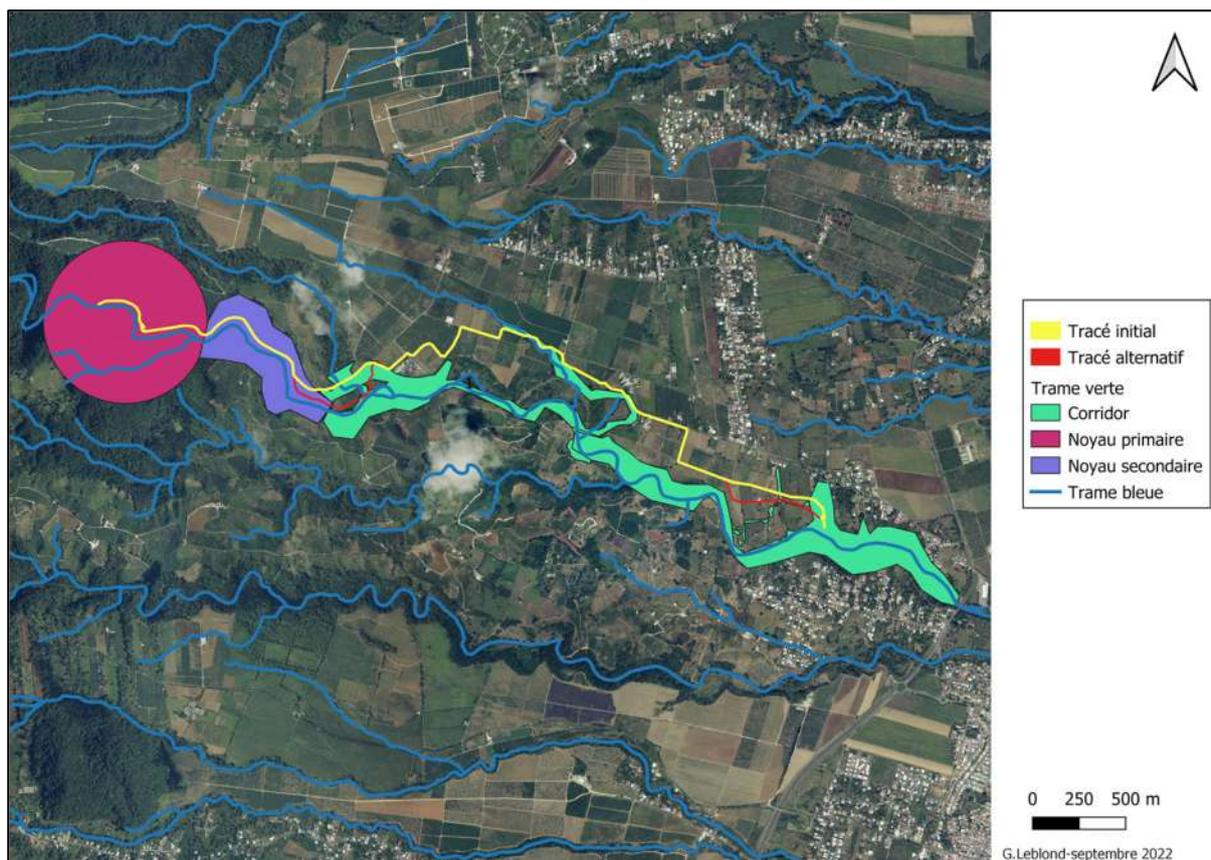


Figure 43 : Schéma des trames verte et bleue des zones d'étude

- **Trame verte**

Les différentes zones d'étude se situent sur différents stades d'une même continuité :

- ✓ Les zones 1 et 2 constituent un noyau primaire de biodiversité,
- ✓ Les zones 3 et 13 constituent un noyau secondaire,
- ✓ Les autres zones sont des corridors et des corridors discontinus pour les zones 7, 8 et 9. Les corridors sont de types rivulaires.

La présence de taxons comme le Murin de la Dominique ou le Monophylle des Petites Antilles semble confirmer ces connexions. En effet, les deux taxons sont retrouvés en forêt à l'ouest de l'aire d'étude, très peu au niveau des parcelles agricoles puis de nouveau dans les parties boisées à l'est de l'aire d'étude. De plus, le Monophylle des Petites Antilles peut être présent dans les bananeraies qui servent donc de matrice. Ces éléments permettent de montrer que la trame verte est fonctionnelle.

- **Trame bleue**

Elle est liée à la rivière « Rivière de la Capesterre ». La continuité écologique vise à être préservée notamment de par l'application des mesures de débits minimums biologiques (DMB) et la mise en place d'un ouvrage de continuité écologique.

- **Trame noire**

Le secteur est essentiellement constitué de champs, de forêts et de chemins d'exploitation. Ainsi, la trame noire est relativement indemne.

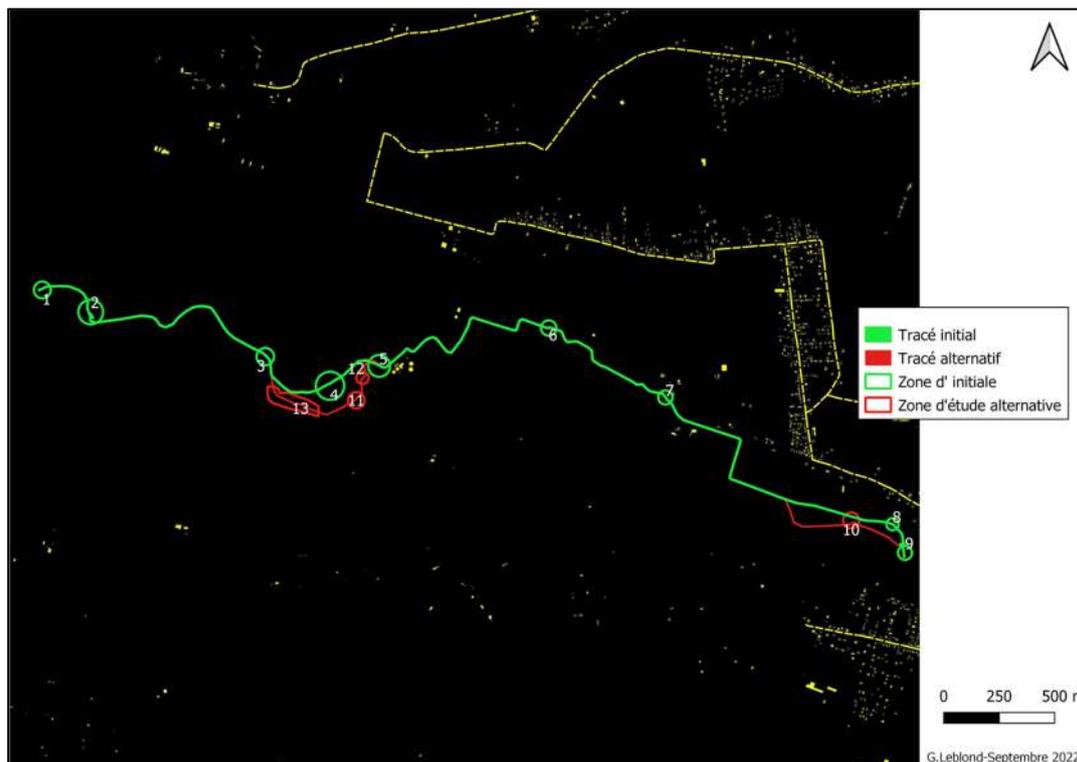


Figure 44 : Schéma cartographique de la trame noire

La pollution lumineuse est plus proche des zones 5, 7 et 8.

La fonctionnalité de la trame noire peut expliquer la présence de chiroptères patrimoniaux au niveau des bosquets relativement dégradés de l'extrémité est des tracés.

3.3 Les peuplements de poissons et crustacés

3.3.1 Méthodologie

La méthode permettant d'évaluer les préférences d'une espèce repose sur la comparaison entre la distribution des valeurs mises à disposition dans le milieu et le choix de l'espèce quant à cette offre. La méthodologie détaillée est présentée dans l'étude du débit minimum biologique, prise d'eau de la Digue, Capesterre (D. Monti ; R. Parmentier ; E. Beauchart, 2021).

De nombreux relevés ont été effectués ces 20 dernières années dans les rivières de Guadeloupe et une étude hydrobiologique a été réalisée récemment dans la Grande Rivière de Capesterre. (Monti *et al.*, 2021).

3.3.2 Résultats

Ces prospections dans la Grande Rivière de Capesterre ont révélé un peuplement caractéristique des zones d'altitude moyenne ou haute (peu de poissons et un peuplement constitué majoritairement de crustacés) et de richesse spécifique moyenne. Parmi les crustacés, 3 des 4 familles de crustacés rencontrées en Guadeloupe y sont observées (Atyidae, Xiphocarididae et Palaemonidae) mais les poissons sont rares et limités à un petit nombre d'individus de la seule famille des Gobiidae.

Les caractéristiques hydrauliques de la Grande rivière de Capesterre la placent dans la catégorie de rivière à forte variation de débit et valident la relation essentielle entre débit et habitat. Tous les habitats choisis par les espèces le sont à partir de profondeurs situées entre 5 cm et 35 cm en eau qui, compte tenu de la granulométrie du substrat de fond, se retrouvent à tous les débits.

Contrairement aux profondeurs, peu contributives dans la sélection de l'habitat de la majorité des espèces des rivières antillaises (et de celles retenues dans cette étude), les travaux menés ces 10 dernières années sur le contenu en isotopes du carbone et de l'azote de ces organismes ont progressivement montré l'influence et l'importance de variables liées aux aspects trophiques dont certaines sont fortement dépendantes de la vitesse de la ressource en eau. Ces études ont par exemple montré que la variation des débits impacte les flux de matière et d'énergie qui sont à la base des transferts au sein des réseaux trophiques des rivières antillaises, avec plus ou moins de modulation liée à la plasticité des stratégies alimentaires développée par les espèces.

Ce tronçon critique, choisi pour ses écoulements ralentis, manifeste naturellement une faible aptitude à la fourniture d'habitats pour des espèces exigeantes, même pour des débits réservés équivalents au tiers du module. Toutefois, une contraction brutale des habitats potentiels orientés vers les espèces les moins exigeantes est visible à partir de 20,8% du module.

L'examen des besoins de chaque espèce pour la maintenance de 10% de leur habitat potentiel montre des besoins plus importants en ce qui concerne *Atya innocous*, *Atya scabra*, *Macrobrachium carcinus*, *Sicydium plumieri* (entre 13 et 18% du module) et entre 4 et 10% pour les autres espèces. Toutefois, les conditions de la production d'un biofilm de haute qualité trophique sur 10% du tronçon exige un débit minimum de 21% du module. Compte tenu de l'importance de ces aspects trophiques pour la fourniture des acides gras essentiels à la croissance et à la reproduction des espèces présentes, le choix contraignant de **21% du module** doit être retenu.

L'intégralité des résultats de cette étude sont présentés en annexe.

4 Description des facteurs mentionnés au iii de l'article L122-1 du code de l'environnement susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet

L'article L122-1 du Code de l'environnement dispose que :

« III.-[...]. L'évaluation environnementale permet de décrire et d'apprécier de manière appropriée, en fonction de chaque cas particulier, les incidences notables directes et indirectes d'un projet sur les facteurs suivants :

1° La population et la santé humaine ;

2° La biodiversité, en accordant une attention particulière aux espèces et aux habitats protégés au titre de la directive 92/43/ CEE du 21 mai 1992 et de la directive 2009/147/ CE du 30 novembre 2009 ;

3° Les terres, le sol, l'eau, l'air et le climat ;

4° Les biens matériels, le patrimoine culturel et le paysage ;

5° L'interaction entre les facteurs mentionnés aux 1° à 4° . »

À ce titre, l'article R122-5 II 4° précise que l'étude d'impact doit comporter « une description des facteurs mentionnés au III de l'article L122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet : la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage ; ».

4.1 Facteurs susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet

Dans cette partie, la phrase « facteurs susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet » renvoie à une qualification du niveau d'incidence potentiel qui sera évalué plus en détail dans le Chapitre 5.

Au regard de l'analyse des caractéristiques de l'environnement qui a été réalisée dans le Chapitre 4 « État initial de l'environnement » dans la précédente étude d'impact pour l'ensemble des composantes et de l'évolution probable de l'environnement, les facteurs susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet sont repris ci-après en tenant compte des effets génériques d'un tel projet.

Tableau 23 : Facteurs susceptibles d'être affectés de manière notable par la projet et renvois vers les paragraphes traitant de ces aspects

Facteur susceptible d'être affecté de manière notable	Justification dans le cadre de l'implantation d'une microcentrale hydroélectrique	Phase travaux	Phase exploitation
		Renvoi au paragraphe du Chapitre 6 de l'étude d'impact de 2007	Renvoi au paragraphe du Chapitre 4 de l'étude d'impact de 2021
Population	Travaux en forêt et proche des habitations pour le bâtiment de la microcentrale. Émissions sonores de la microcentrale.	§ 6.2.1	§ 5.5.3

Facteur susceptible d'être affecté de manière notable	Justification dans le cadre de l'implantation d'une microcentrale hydroélectrique	Phase travaux	Phase exploitation
		Renvoi au paragraphe du Chapitre 6 de l'étude d'impact de 2007	Renvoi au paragraphe du Chapitre 4 de l'étude d'impact de 2021
Santé humaine	Émissions de bruit, en phase de travaux. Présence d'un captage d'eau potable. Pas de modification de la qualité des eaux.		§ 5.2.2 § 5.5.3
Biodiversité	Perte d'habitat liée à l'implantation des infrastructures, notamment la conduite forcée. Effets sur les espèces terrestres et dulçaquicoles liés au dérangement, réduction d'habitat, et modification du cours d'eau.	§ 6.3 § 6.4	§ 5.3.1 § 5.3.2
Sol	Ajout de 5 300 m de canalisations enterrés. Risque de pollution lors des travaux.	§ 6.1.3	§ 5.4.1
Eau	Risque de pollution accidentelle. Pas de modification du débit entrant dans la prise d'eau de La Digue.	<i>Non traité</i>	§ 5.2.2
Air	Engins de travaux : émission de gaz d'échappement et de poussières.	<i>Non traité</i>	§ 0
Climat	Émission de gaz à effet de serre par les engins de travaux. Production d'une électricité durable, participation aux objectifs d'autonomie énergétique de la Guadeloupe contribuant à la réduction des émissions de GES.	<i>Non traité</i>	
Biens matériels	Potentielles incidences liées aux vibrations sur des biens	<i>Non traité</i>	<i>Non concerné</i>

Facteur susceptible d'être affecté de manière notable	Justification dans le cadre de l'implantation d'une microcentrale hydroélectrique	Phase travaux	Phase exploitation
		Renvoi au paragraphe du Chapitre 6 de l'étude d'impact de 2007	Renvoi au paragraphe du Chapitre 4 de l'étude d'impact de 2021
	fragiles à proximité des travaux.		
Patrimoine culturel	Présence de Monuments Historiques sur la commune de Capesterre Belle-Eau.	<i>Non traité</i>	§ 5.4.2
Paysage	Modification de la perception paysagère.	§ 6.1	§ 5.4.1

4.2 Interactions existantes entre ces différents facteurs

L'ensemble des facteurs décrits ci-dessus interagissent les uns avec les autres. En effet, l'environnement ne se résume pas seulement au milieu physique et au milieu vivant. Il intègre également l'environnement humain (patrimoine, santé) et les activités qui le composent.

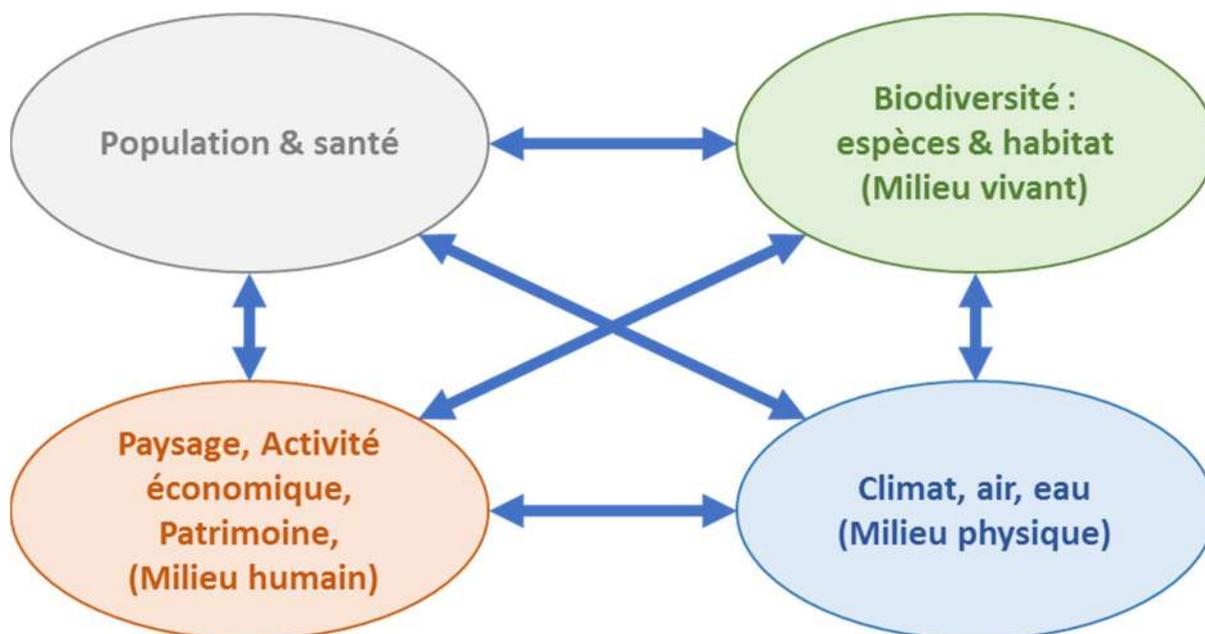


Figure 45 : Schéma d'interactions existantes entre l'ensemble des facteurs (Source : Setec in vivo, 2020)

Interactions milieu physique – milieu vivant

Les milieux de rivières antillaises présentent à la fois une structure héritée (géologie) et un modelage hydrodynamique continu à l'origine de la diversité des habitats et des espèces présents sur la commune de Capesterre Belle-Eau.

Les rivières antillaises sont des milieux hyper-turbulents en amont et présentent une baisse d'hydrodynamisme en aval dont s'ensuit une baisse d'oxygénation. La turbulence dans les rivières entraîne un changement dans l'organisation du vivant, il n'y a que très peu de production de matière autochtone. La macrofaune y vivant s'est adaptée au profil hydrodynamique qu'elle occupe tant pour l'occupation de l'habitat que pour l'accès à la nourriture, les espèces sont opportunistes pour la plupart. Ainsi, de par leur présence ou absence, les espèces reflètent la qualité du milieu physique en termes d'hydrodynamisme, de quantité de la ressource ou encore de perturbations anthropiques.

Les caractéristiques physiques du milieu conditionnent la présence, l'absence et même la morphologie des macro-vertébrés des rivières antillaises.

Interactions milieu humain – milieu vivant

Les besoins en eau douce des habitants de la Guadeloupe sont assurés par le prélèvement d'eau dans les rivières au moyen de prises d'eau. Ces prises d'eau doivent être équipées de dispositifs de franchissement, des passes, afin que les juvéniles puissent franchir l'obstacle et effectuer la montaison. Il existe un conflit d'usage très fort pour la ressource en eau entre enjeux environnementaux et sociétaux. Les rivières sont surexploitées pour la plupart, ainsi la loi impose qu'un débit minimal soit laissé par l'exploitant en aval de la prise d'eau pour permettre aux espèces de réaliser leur cycle de vie entre la mer et la rivière. Seulement, ces obstacles sont généralement très sélectifs, opérant de profonds remaniements, notamment à la dévalaison. En effet, un grand nombre de larves passent dans la grille et n'atteignent jamais le milieu marin, et à la montaison, certains individus restent bloqués devant l'obstacle un certain temps avant d'être assez robustes pour le franchir.

De ce fait, si un captage d'eau est présent dans le cours de la rivière, la ressource est diminuée en aval de la prise d'eau entraînant ainsi une modification des interactions interspécifiques dans le peuplement. Il n'y a plus les mêmes quantités d'espèces entre l'amont et l'aval de la prise d'eau, l'hydrodynamisme de la rivière en cet endroit est homogénéisé et la compétition entre les espèces augmente.

Interactions milieu humain/santé – milieu physique

Si un captage d'eau est présent dans le cours de la rivière, la ressource est diminuée ce qui peut augmenter la pollution présente dans ces milieux par effet de concentration.

L'ensemble des interactions mentionnées ici est étudié dans le chapitre suivant.

5 Incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement

5.1 Méthode de caractérisation des incidences

5.1.1 Définition des incidences

Dans le présent rapport, les notions d'effets et d'incidences seront utilisées de la façon suivante :

- **Un effet ou impact** est la conséquence objective du projet sur l'environnement indépendamment du territoire qui sera affecté : par exemple, une installation engendrera la destruction de 1 ha de forêt.
- **L'incidence** est la transposition de cet effet sur une échelle de valeur (enjeu) : à niveau d'effet égal, l'incidence de l'installation sera moindre si le milieu forestier en cause soulève peu d'enjeux.

L'évaluation d'une incidence sera alors le croisement d'un enjeu (défini dans l'état initial) et d'un effet (lié au projet) :

$$\text{ENJEU} \times \text{EFFET} = \text{INCIDENCE}$$

L'évaluation de l'incidence potentielle est ensuite réalisée en s'appuyant sur la matrice ci-dessous :

Effet / Enjeu	Nul / Négligeable	Faible	Modéré	Fort	Très fort
Nul/Négligeable	Nulle / Négligeable				
Faible	Nulle / Négligeable	Faible	Faible	Modérée	Modérée
Modéré	Nulle / Négligeable	Faible	Modérée	Forte	Forte
Fort	Nulle / Négligeable	Modérée	Forte	Forte	Très forte
Très fort	Nulle / Négligeable	Modérée	Forte	Très forte	Très forte

▪ Incidences brutes et résiduelles

Dans un premier temps, les émissions ou incidences « brutes » seront évaluées. Il s'agit des incidences engendrées par le projet en l'absence des mesures d'évitement et de réduction.

Dans un second temps, après la mise en place de mesures d'évitement, de réduction, de compensation ou d'accompagnement, les incidences résiduelles seront évaluées.

5.1.2 Évaluation des effets

Les effets probables notables sont définis selon plusieurs critères environnementaux et socio-économiques et classés en fonction de leur nature, leur intensité, leur durée et leur mode d'action.

Tableau 24: Classement des effets

Nature	Intensité	Durée	Mode d'action
Positif	Faible	Court terme (CT)	Direct
Nul	Modéré	Moyen terme (MT)	Indirect
Négatif	Fort	Long terme (LT)	

Lorsqu'un effet, ou impact, correspond à plusieurs classes d'une même catégorie (par exemple un impact à la fois direct et indirect), la classe la plus forte est retenue (« direct » dans l'exemple ci-dessus). Lorsque des effets bivalents sont identifiés, la confrontation des aspects positifs et négatifs permet une comparaison en termes d'intensité, de durée et de mode d'action.

Pour chaque thématique (sol, sous-sol, eau, flore, faune, paysage, etc.), nous définirons les impacts lors de la phase travaux, exploitation et démantèlement.

5.1.3 Effets principaux

Les impacts d'un projet de construction d'une microcentrale hydroélectrique sont différents en fonction de la période considérée. L'appréciation des impacts se fait en distinguant les différentes phases du projet que sont :

- Phase travaux
- Phase exploitation
- Phase démantèlement

• Phase Travaux

En phase travaux, des engins classiques de construction seront présents sur le site : tractopelle, miniforeuse, bétonneuse... L'emprise globale impactée par le chantier sera d'environ 62 872 m² en prenant en compte les périmètres de circulation des engins, les accès, etc.

• Phase d'exploitation

Une fois les bâtiments construits, la conduite enterrée et la route reconstruite, l'emprise au sol du projet ne sera plus que de 1 160 m² environ :

- Prise d'eau : environ 400 m²
- Dessableur : environ 356 m²
- Bâtiment de la centrale : 417 m² (hors chemins et aires de stationnement)

La phase d'exploitation consistera principalement à l'entretien et la maintenance de la centrale et du dessableur.

- **Phase de démantèlement**

Les situations susceptibles de conduire à la remise en état des sites à aménager dans le projet sont a priori exceptionnelles. La réglementation sur les IOTA (article R.512-74 – II du Code de l'Environnement) la rend obligatoire dans deux cas :

- ✓ La non-mise en service de l'installation dans certains délais dépendant des circonstances ;
- ✓ L'interruption de l'exploitation pendant plus de 3 années consécutives, sauf cas de force majeure ou de demande justifiée et acceptée de prorogation de délai.

Les garanties de capacités techniques et financières du porteur du projet limitent considérablement ce risque. Le projet de l'exploitant est bien de pérenniser l'activité hydroélectrique existante sur le site de Grande Rivière de Capesterre-Belle-Eau (maîtrise foncière pendant 90 ans et durée de vie du matériel supérieur à 50 ans avant gros entretien - renouvellement).

Néanmoins, dans le cas où cela s'avérait nécessaire, la remise en état des sites aménagés se ferait conformément aux prescriptions générales des APTG, et aux prescriptions spécifiques des services de l'Etat. Les travaux consisteraient à démanteler l'ouvrage de prise d'eau (seuil, ouvrages hydrauliques), au nettoyage du site et à l'évacuation de tous les matériaux exogènes du chantier (déchets de maçonnerie, ferrailles, déchets divers...). Un dossier de déclaration de travaux spécifique déterminera le meilleur protocole à envisager pour réduire les incidences environnementales du chantier. Compte-tenu de l'énergie du cours d'eau de la Grande Rivière de Capesterre, le milieu aquatique retrouverait rapidement un équilibre hydro sédimentaire naturel après démantèlement des ouvrages, sous l'effet de la restauration d'un régime hydrologique naturel et du débit solide important en contexte torrentiel.

5.2 Incidences sur le milieu physique

5.2.1 Géomorphologie

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Géologie	Le site d'implantation du projet appartient au massif de la Soufrière.	Faible
Pédologie	Le site d'implantation est situé sur un sol à allophanes évolués avec gibbsite de type andosol.	Faible

5.2.1.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

Dans sa phase travaux, la préparation des sols pour la mise en place des infrastructures et la création de tranchées nécessaires au passage de la conduite forcée vont modifier la structure lithologique en place.

Les travaux entraîneront une mobilisation des matériaux, ce qui va accroître la sensibilité des sols à l'érosion, notamment en cas de fortes pluies, en particulier au niveau des remblais. Le changement temporaire d'occupation des sols va également être à l'origine d'une plus grande sensibilité des sols à l'érosion.

La circulation des engins de chantier est susceptible de générer des vibrations au niveau des couches supérieures du sol pouvant entraîner leur déstabilisation et leur érosion. Les engins peuvent également déverser accidentellement des produits polluants (huiles, hydrocarbures).

Les chemins d'accès utilisés seront les pistes existantes ainsi que les 100 m de piste et de voie de stationnement devant la centrale créés lors de la phase de travaux. À noter que ces aménagements seront réalisés sur une zone de friche agricole sur 500 m² maximum.

Par ailleurs, le passage de l'ouvrage au niveau de la ravine Guy Balaou peut entraîner des incidences potentielles sur les berges : destruction de berges, fuite de terre dans la ravine, modification du lit.

→ **Effet négatif, modéré, MT/LT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Faible

Mesure(s) associée(s) :

E1 : Utilisation des tracés existants

R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres

R10 : Limiter l'érosion des sols

R13 : Repli et renaturation du chantier

A2 : Solution de franchissement sécurisée et durable de la ravine Guy Balaou

Incidence(s) résiduelle(s) :

Nulle.

5.2.1.2 Phase exploitation

Effet(s) attendu(s) :

Dans sa phase fonctionnement, aucun remaniement des sols ni terrassement n'est prévu. L'effet est donc nul au niveau de la géomorphologie. Les ouvrages inféodés au projet de microcentrale hydroélectrique, notamment le dessableur et le bâtiment de la microcentrale n'impliqueront pas de modification des sols en phase exploitation.

L'imperméabilisation permanente du sol concernera les infrastructures liées à la microcentrale hydroélectrique. Toutefois, la surface imperméabilisée restera négligeable au regard de la capacité du projet à produire de l'électricité (773 m² dont 356 m² pour le dessableur et le local technique et 417 m² pour le bâtiment de production).

Les ouvrages seront ancrés à une profondeur à déterminer en fonction des études géotechniques. À l'échelle des formations géologiques, les aménagements étant très localisés, leurs incidences seront superficielles et localisées.

La microcentrale hydroélectrique, la prise d'eau et la passe à poissons/ouassous seront réalisées dans le respect des prescriptions des études géotechniques afin de garantir la stabilité des aménagements réalisés. En effet, deux études géotechniques de type G1 et G2 ont été réalisées, notamment sur la zone de la centrale pour analyser le risque de liquéfaction et dimensionner les fondations adaptées. Aucun risque majeur n'a été identifié.

→ **Effet négatif, faible, MT/LT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Faible

Mesure(s) associée(s) :

R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres

R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques

C1 : Réfection des voiries pour usage agricole et exploitation de l'AEP de La Digue

Incidence(s) résiduelle(s) :

Nulle.

5.2.2 Hydrologie

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Hydrologie	Une des plus grosses rivières de l'île avec un débit moyen annuel de 2 520 litres par seconde.	Fort

5.2.2.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

Les incidences du chantier sur les eaux sont représentées par des pollutions mécaniques accidentelles ou par infiltration des polluants issus des activités de maintenance des engins. Seules les eaux superficielles sont concernées, sachant que l'installation de la conduite borde la Grande Rivière de Capesterre et traverse la ravine Guy Balaou.

Les travaux d'installation de la prise d'eau dans le lit mineur de la Grande Rivière de Capesterre seront réalisés à sec avec un détournement de l'eau sur la rive droite, sur une zone réduite de quelques dizaines de mètres carrés, puis sur la rive gauche, afin de garder le libre écoulement des eaux de surface. Cette zone est en grande partie déjà artificialisée du fait de la présence du radier de la prise d'eau existante. Le débit sur cette partie du cours d'eau sera modifié de façon temporaire (environ 45 jours).

Les travaux de terrassement, notamment au niveau de la création du chemin d'exploitation dans la bananeraie après le passage à gué de la ravine Guy Balaou, engendreront la mise à nu temporaire des sols les rendant vulnérables au phénomène d'érosion. Les eaux de ruissellement seront donc potentiellement plus chargées en matière en suspension. De plus, ces travaux sont susceptibles de modifier localement l'écoulement des eaux pluviales.

La construction du dessableur et du bâtiment de la centrale va engendrer une imperméabilisation des sols sur une surface de 773 m².

→ **Effet négatif, modéré, CT/MT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Forte

Mesure(s) associée(s) :

E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols

R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques

R10 : Limiter l'érosion des sols

R16 : Dispositif de protection du milieu aquatique

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

5.2.2.2 Phase Exploitation

Effet(s) attendu(s) :

La Grande Rivière de Capesterre constitue l'une des plus grosses rivières de l'île et son suivi hydrologique de longue date effectué par l'ORSTOM puis par la DEAL permet de connaître son débit moyen annuel qui est de 2 520 litres/s en ce point de la rivière. Ce module a été calculé à partir de 39 années de données disponibles sur la Banque Hydro.

Cette parfaite connaissance des données hydrologiques de la Grande Rivière de Capesterre permet d'envisager le prélèvement d'eau dans la rivière tout en gardant une quantité d'eau suffisante pour le maintien de la faune et de la flore, avec un débit minimum biologique élevé à 21% du module.

Le projet est compatible avec le SDAGE 2022-2027.

Le débit dérivé de la Grande Rivière de Capesterre sera entièrement restitué à la rivière par la conduite de restitution des eaux turbinées, 5 260 mètres en aval. Aucun prélèvement et aucune retenue ne seront effectués. Le projet ne prévoit pas de rejet dans les eaux souterraines en phase exploitation.

L'emprise au sol des installations est minime. Ainsi, elles ne seront pas de nature à modifier la perméabilité du sol à l'échelle de l'aire d'étude ni l'écoulement de la nappe.

Le trafic induit par l'entretien des infrastructures durant l'exploitation des ouvrages sera faible et ne sera pas de nature à augmenter significativement la pollution des eaux. Cet entretien des infrastructures sera fait préférentiellement pendant les périodes d'étiage qui s'étale sur 5 à 10 jours par an (Cf. Étude d'Impact FHA, 2007).

De même qu'en phase travaux, les risques d'altération de la qualité des eaux souterraines par infiltration de déversements accidentels de produits stockés ou des eaux de ruissellement à travers les sols seront faibles. Des huiles seront stockées dans le bâtiment de la centrale mais elles seront manipulées au-dessus d'un bac de rétention.

L'étude du *débit minimal biologique prise d'eau de la Digue, Capesterre Guadeloupe* (D. Monti ; R. Parmentier ; E. Beauchart, 2021) conclut que :

« La restitution de la ressource dans les milieux d'aval s'accompagne aussi d'une modification des habitats potentiels pour les espèces présentes. Pour ce projet d'aménagement, la restitution est prévue au niveau d'un bras défavorisé en termes de débit (lit en tresse et rejet dans le bras le moins vivifié).

Le débit restitué étant variable selon la saison et la quantité d'eau disponible en amont, la situation correspondant à une saison sèche dans laquelle un débit minimal nécessaire à l'amorçage des turbines sera retenu, soit 80 L/s (comm. pers. Giacometti, 2021). Cette situation limite ayant une faible probabilité d'être maintenue dans la durée, les modifications du milieu correspondant à la restitution d'un débit de 0,12 m³/s, soit 1,5 fois la quantité d'eau minimale nécessaire à l'amorçage des turbines, est examinée.

Un apport de 0,12 m³/s sur le site de la restitution n'est pas suffisant pour produire une augmentation des habitats potentiels d'espèces à forte demande en oxygène comme *Atya innocous*, *Atya scabra*, *Macrobrachium carcinus*, mais il bénéficie légèrement aux *Palaemonidae* tels que *Macrobrachium crenulatum*, *Macrobrachium faustinum*, *Macrobrachium heterochirus*, à la *Xiphocarididae* *Xiphocaris elongata* et aux juvéniles de *Palaemonidae*. Un accroissement de l'habitat d'espèces plus exigeantes demanderait un apport plus important et un fonctionnement à régime plus élevé. »

La prise d'eau de la microcentrale hydroélectrique sera installée en aval direct du captage d'eau potable de la Grande Rivière de Capesterre. Ainsi, le débit entrant dans la prise d'eau de La Digue ne sera aucunement modifié et les effets de pollution accidentelle précédemment évoqués ne pourront pas se reporter sur la qualité de l'eau pompée au niveau du captage.

→ Effet négatif, faible, MT/LT, direct

Niveau de l'incidence brute : Modérée

Mesure(s) associée(s) :

R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous

R3 : Mise en place d'un débit réservé

R5 : Aménagement de la zone de restitution des eaux turbinées

R9 : Arrêt de la centrale lors des périodes de crues ou de forts étiages

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

5.3 Incidences sur le milieu naturel

5.3.1 La Flore et les habitats

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Flore	Absence d'espèces protégées sur l'aire d'étude. Présence de deux espèces exotiques envahissantes : <i>Bambusa vulgaris</i> et <i>Mimosa pigra</i> .	Modéré
Habitats	Habitat identifié comme à fort enjeu sur la zone d'étude : - Lits majeurs et zone sous influence de la nappe d'accompagnement	Fort

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
	Habitats identifiés à enjeu modéré sur la zone d'étude : <ul style="list-style-type: none"> - Forêt ripisylve tropicale (dégradée) - Forêts hygrophiles pionnières - Forêts hygrophiles et méso-hygrophiles secondaires ou dégradées des Antilles - Vergers, bosquets et plantations d'arbres 	Modéré
	Habitats identifiés comme à faible enjeu sur la zone d'étude : <ul style="list-style-type: none"> - Terrains agricoles et paysages artificiels - Friches et brousses - Bananeraies 	Faible

NB : Les surfaces d'habitats impactées par le projet pourront être calculées à partir de la délimitation des zones à défricher (calcul en cours par l'ONF) et du périmètre de passage des engins.

5.3.1.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

Un chantier comme celui-ci va entraîner :

- ✓ Une destruction directe, bien que temporaire, de la flore sur les sites d'implantation des infrastructures (abattages, élagages, défrichement, cassures de branches...);
- ✓ Une destruction ou, au moins une atteinte de la flore voisine par les piétinements, la circulation d'engins autour des surfaces d'emprises et sur les sites d'accès.

Les matériaux déblayés lors de la phase de terrassement seront remblayés pour reboucher la conduite et l'excédent de matériaux sera exporté vers une unité spécialisée.

La surface totale à défricher est estimée à 814 m² tandis que la surface totale à déboiser est de 2 392 m².

La végétation boisée qui la recouvre est secondaire et non continue puisque ces terres ont jadis été défrichées dû à l'entretien du captage d'eau. Des espaces plus ouverts y sont présents. Dans certains secteurs, les activités agricoles ont conduit à une dégradation de la biodiversité, laquelle est dominée par des espèces herbacées rudérales exotiques (voire envahissantes) ou des essences de culture. La mise en place d'une emprise alternative en zone 4 apporte une solution afin d'éviter de passer par les habitats patrimoniaux et de réduire l'impact sur la flore.

Un défrichement est prévu en zone 1 le long de la rivière et jusqu'au chemin bétonné pour l'implantation de la prise d'eau et du dessableur. Bien que cette zone présente des habitats patrimoniaux, les espèces sont moins vulnérables. Il s'agit d'espèces végétales pionnières, régulièrement entretenues aux alentours des infrastructures déjà en place, et qui peuvent facilement repousser. L'impact est jugé faible dans cette zone.

Le boisement situé en lisière du chemin en lacet prévu dans la bananeraie en zone 4 sera amené à être partiellement déboisé sur une surface de 363 m². Les gros arbres seront évités.

Une fois la conduite mise en place, la végétation pourra à nouveau recouvrir les zones, l'impact sera donc temporaire.

Finalement, la zone 6 a été fortement impactée par la tempête Fiona en septembre 2022. Le tracé et l'emprise des travaux évitent le boisement relictuel.

Le contrôle des EEE à proximité des milieux naturels est un enjeu à prendre en compte dans le projet. Deux espèces exotiques envahissantes sont présentes : *Bambusa vulgaris* et *Mimosa pigra*. Un chantier tel que celui-ci peut être à l'origine d'introduction de nouvelles espèces exotiques via l'utilisation de matériaux venant de l'extérieur ou des engins venant d'un autre secteur de l'île. D'autre part, l'ouverture

de certaines zones à travers la forêt peut favoriser l'invasion d'espèces exotiques envahissantes déjà présentes.

→ **Effet négatif, modéré, MT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Modérée

Mesure(s) associée(s) :

E4 : Diminution de la surface de défrichement

R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres

R12 : Travaux hors période de reproduction de l'avifaune pour le défrichement

R13 : Repli et renaturation du chantier

R14 : Lutte contre les espèces exotiques envahissantes

A2 : Solution de franchissement sécurisée et durable de la ravine Guy Balaou

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

5.3.1.2 Phase exploitation

Effet(s) attendu(s) :

La majorité des impacts sur la flore aura eu lieu durant la phase de chantier avec l'abatage d'arbres et l'élagage sur une surface totale de 2 392 m² pour la pose de la conduite forcée enterrée. Durant la phase exploitation, les espaces déboisés pourront repousser ou être replantés et reprendre leur aspect initial à moyen-long terme.

La microcentrale hydroélectrique ne générera pas d'émission de poussières ou de polluants atmosphériques pouvant nuire à la photosynthèse et au développement de la flore aux alentours. L'incidence des activités de maintenance sera faible à nulle.

→ **Effet nul**

Niveau de l'incidence brute : Nulle

Mesure(s) associée(s) :

R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres

C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)

Incidence(s) résiduelle(s) :

Nulle.

5.3.2 La Faune

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Faune	Chiroptères : La Sturnire de Guadeloupe Herpétofaune : Hylode de Barlagne	Très fort
	Avifaune : Martinet sombre, Martinet chiquesol, Moucherolle gobemouche Chiroptères : La Natalide isabelle, le Monophylle des Petites Antilles	Fort

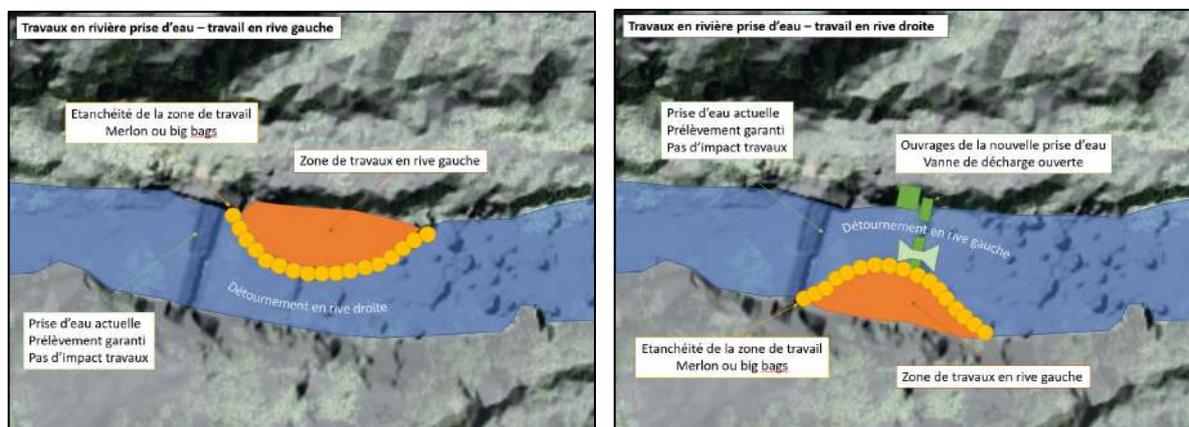
Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
	<p>Avifaune : Bihoreau violacé, Faucon émerillon, Colombe rouviolette, Engoulevent pyramidig, Pic de la Guadeloupe, Grive à pieds jaunes, Paruline caféïette, Crécerelle d'Amérique</p> <p>Herpétofaune : Hylode de la Martinique, Sphérodactyle bizarre</p> <p>Chiroptères : Murin de la Dominique, Noctilion pêcheur, Ardops des Petites Antilles</p> <p>Ichtyofaune et macro-invertébrés : réalisation d'un état initial disponible en annexe.</p>	Modéré
TVB et trame noire	<p>Les espaces déboisés pourront être recolonisés par la flore à l'issue des travaux.</p> <p>La conduite forcée longe la Grande Rivière de Capesterre et coupe la Ravine Guy Balaou.</p> <p>Prise d'eau et centrale éclairées seulement en cas de besoin.</p>	Modéré

5.3.2.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

- Faune aquatique

Les travaux vont modifier temporairement la qualité de l'eau au niveau de l'installation de la prise d'eau de La Digue et au passage de la ravine Guy Balaou. Ils seront réalisés à sec par le biais d'une déviation du cours d'eau en rive droite puis en rive gauche (Cf. Figure ci-dessous) afin d'éviter la rupture de continuité hydraulique. La mise à sec et l'étanchéité du chantier sera assurée par la mise en place de big bags autour de la zone de travaux sur chaque rive alternativement.



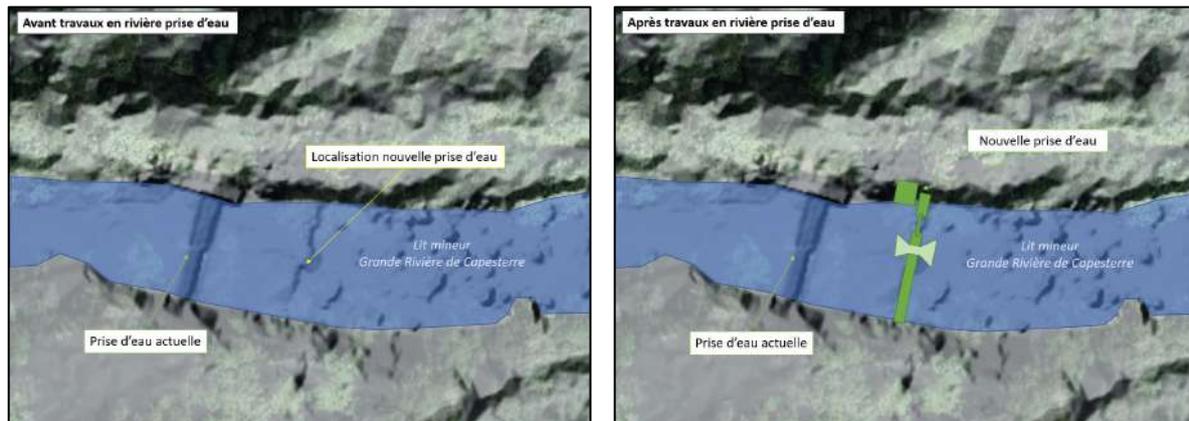


Figure 46 : Schémas des travaux en rivière (© Valorem)

La faune aquatique pourra toujours se déplacer bien qu'une variation de débit peut s'avérer être source de dérangement temporaire sur la faune aquatique. Ces travaux dureront environ 45 jours.

→ **Effet négatif, faible, CT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Faible

Mesure(s) associée(s) :

E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols

R16 : Dispositif de protection du milieu aquatique

Incidence(s) résiduelle(s) :

Nulle.

- Faune terrestre

Le chantier va entraîner une nuisance temporaire pour la faune (bruit et vibrations, gêne de passage des animaux, circulation, lumière, pollution, terrassement, etc.).

Un défrichage est prévu en zone 1 le long de la rivière et jusqu'au chemin bétonné pour l'implantation de la prise d'eau et le dessableur. Cette zone accueille entre autres le Sphérodactyle bizarre, l'Hylode de la Martinique et l'Hylode de Barlagne. Le Sphérodactyle bizarre a également été observé dans la litière sur une petite portion du chemin d'accès. Une Demande de Dérogation Espèces Protégées est en cours de procédure afin de proposer une gestion optimisée de ces espèces et ainsi réduire l'impact du projet.

Deux nouveaux tracés alternatifs ont été proposés entre les zones 3 – 4 et les zones 8 – 9 afin de limiter l'impact sur la faune et la flore.

Les premières alternatives au tracé sont situées en sortie de forêt, entre les zones 3 et 4. Le nouveau tracé (en orange sur la carte ci-dessous) suit un chemin, n'augmentant pas ou peu la surface à défricher. En revanche, le chemin d'exploitation qui sera créé en rive gauche dans la bananeraie va légèrement impacter la lisière du boisement présent à cet endroit, qui abrite notamment le Sphérodactyle bizarre et l'Hylode de la Martinique.

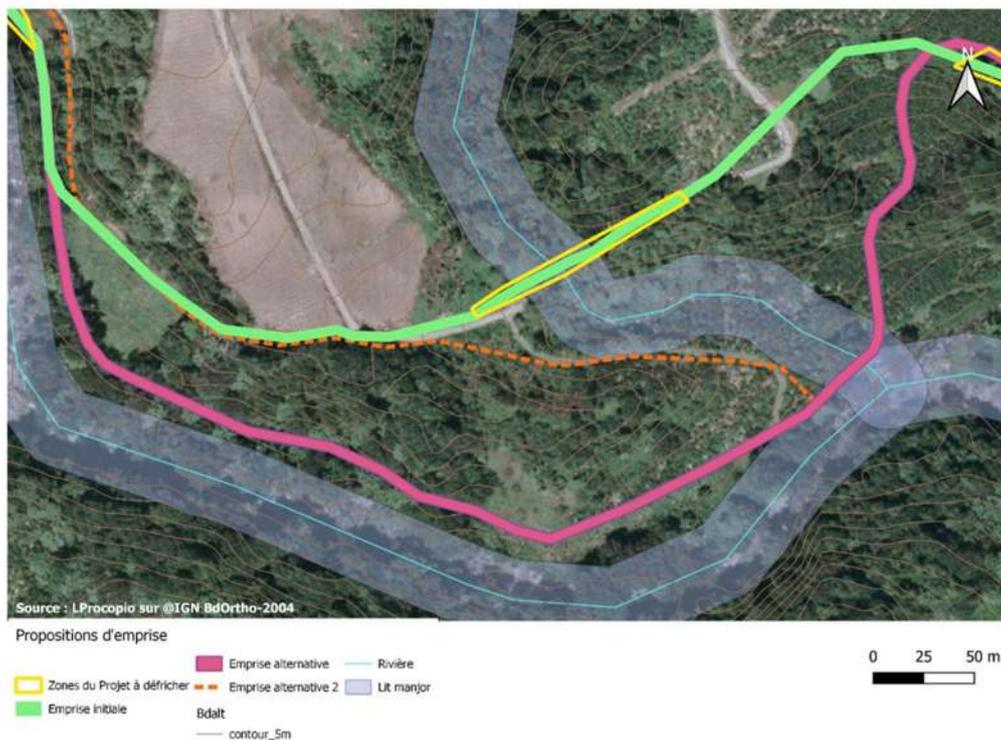


Figure 47 : Agrandissement sur les tracés initiaux et alternatifs entre les zones 3 et 4

Du point de vue de la trame, il n'y a pas d'effets négatifs sur les corridors écologique dans le cas du nouveau tracé.

Le second tracé alternatif se situe plus en aval, entre les zones 8 et 9 (Cf. Figure ci-dessous). Le tracé alternatif 2 est moins impactant que le tracé initial et que le tracé alternatif 1. En effet, il emprise des chemins d'exploitations et longe les haies. Il pourra donc être privilégié.

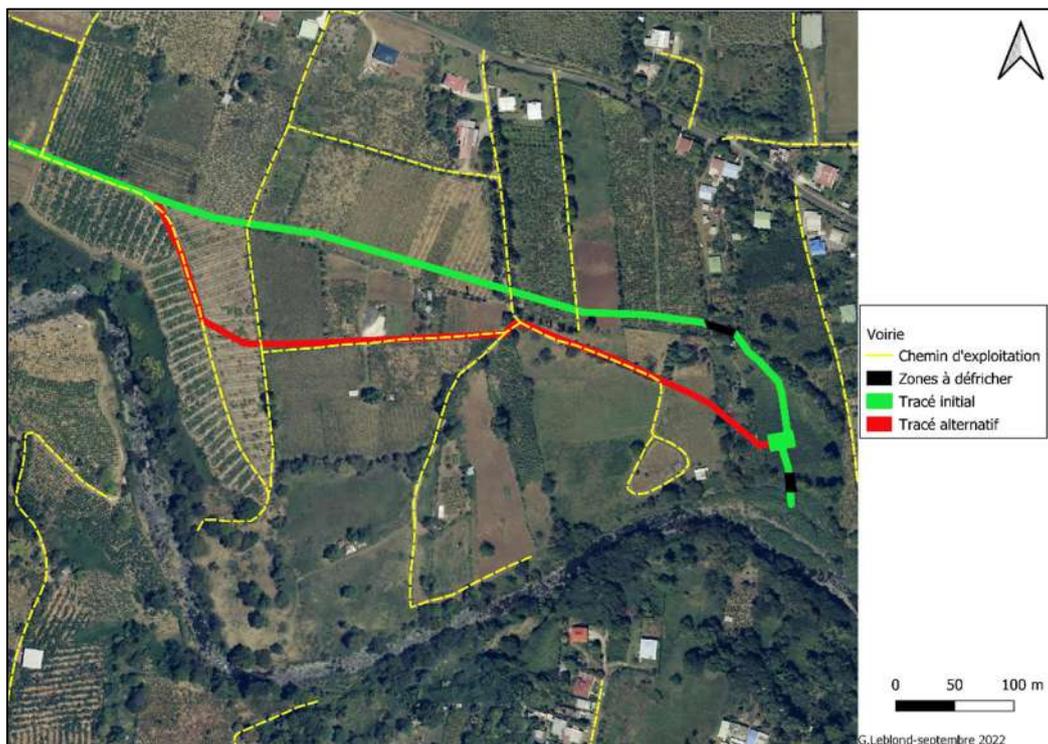


Figure 48 : Agrandissement sur les tracés initiaux et alternatifs entre les zones 8 et 9

Dans les deux cas, l'impact du défrichement sur une partie de la faune patrimoniale peut être important, notamment sur les espèces forestières (Cf. Tableau ci-dessous). Le tableau ci-dessous présente l'impact du défrichement sur la faune entre le tracé initial et le tracé alternatif. À noter que les espèces potentielles ne sont pas présentées.

Tableau 25 : Évaluation de l'impact du défrichement sur la faune

Nom vernaculaire	ELC	Tracé initial	Tracé alternatif
Hylode de Barlagne	Très fort	Modéré	Modéré
Sturnire de Guadeloupe	Très fort	Fort	Fort
Martinet sombre	Fort	Faible	Faible
Martinet chiquesol	Fort	Faible	Faible
Moucherolle gobemouche	Fort	Modéré	Fort
Natalide isabelle	Fort	Fort	Fort
Monophylle des Petites Antilles	Fort	Fort	Fort
Bihoreau violacé	Modéré	Faible	Faible
Crécerelle d'Amérique	Modéré	Faible	Faible
Faucon émerillon	Modéré	Faible	Faible
Colombe rouviolette	Modéré	Modéré	Fort
Engoulevent pyramidig	Modéré	Faible	Faible
Pic de la Guadeloupe	Modéré	Modéré	Modéré

Nom vernaculaire	ELC	Tracé initial	Tracé alternatif
Grive à pieds jaunes	Modéré	Fort	Fort
Paruline caféïette	Modéré	Modéré	Modéré
Hylode de la Martinique	Modéré	Modéré	Modéré
Sphérodactyle bizarre	Modéré	Modéré	Modéré
Ardops des Petites Antilles	Modéré	Modéré	Modéré
Murin de la Dominique	Modéré	Fort	Fort
Noctilion pêcheur	Modéré	Faible	Faible
Chevalier grivelé	Faible	Faible	Faible
Colombe à croissants	Faible	Modéré	Modéré
Colombe à queue noire	Faible	Faible	Faible
Colibri Falle vert	Faible	Faible	Faible
Colibri madère	Faible	Faible	Faible
Coulicou manioc	Faible	Faible	Faible
Ani à bec lisse	Faible	Faible	Faible
Hirondelle à ventre blanc	Faible	Faible	Faible
Moqueur corossol	Faible	Faible	Faible
Moqueur grivotte	Faible	Faible	Faible
Trembleur brun	Faible	Modéré	Modéré
Viréo à moustaches	Faible	Faible	Faible
Paruline jaune	Faible	Faible	Faible
Paruline flamboyante	Faible	Faible	Faible
Paruline rayée	Faible	Faible	Faible
Saltator gros bec	Faible	Faible	Faible
Sporophile cici	Faible	Faible	Faible
Quiscale merle	Faible	Faible	Faible
Anolis de la Guadeloupe	Faible	Faible	Faible
Molosse commun	Faible	Faible	Faible
Tadaride du Brésil	Faible	Faible	Faible
Fer de lance commun	Faible	Faible	Faible
Brachyphylle des Antilles	Faible	Faible	Faible

Nom vernaculaire	ELC	Tracé initial	Tracé alternatif
Ptéronote de Davy	Faible	Faible	Faible
Héron vert	Très faible	Faible	Faible
Héron garde-bœufs	Très faible	Très faible	Très faible
Tourterelle à queue carré	Très faible	Faible	Faible
Colibri huppé	Très faible	Faible	Faible
Merle à lunettes	Très faible	Faible	Faible
Elénie siffleuse	Très faible	Faible	Faible
Tyran gris	Très faible	Très faible	Très faible
Sporophile rouge-gorge	Très faible	Faible	Faible
Sucrier à ventre jaune	Très faible	Faible	Faible
Tourterelle turque	Nul	Nul	Nul
Astrild cendré	Nul	Nul	Nul
Astrild à joues oranges	Nul	Nul	Nul
Capucin damier	Nul	Nul	Nul
Hylode de Johnstone	Nul	Nul	Nul
Crapaud bœuf	Nul	Nul	Nul
Gymnophthalme d'Underwood	Nul	Nul	Nul
Hémidactyle mabouia	Nul	Nul	Nul
Rat noir	Nul	Nul	Nul
Souris	Nul	Nul	Nul
Racoon	Nul	Nul	Nul
Petite mangouste indienne	Nul	Nul	Nul

Le défrichement opéré lors de la phase travaux pour la pose de la conduite engendrera un changement d'habitat à moyen/long terme, le temps que ces espaces retrouvent leur état initial. Pour les défrichements ne concernant que la strate arbustive, l'incidence peut être considérée comme modérée et temporaire, à court/moyen terme. En revanche, pour les défrichements concernant la strate arborée, l'impact sera considéré comme fort et à long terme en fonction de la zone.

→ Effet négatif, fort, MT/LT, direct

Niveau de l'incidence brute : Modérée à forte

Mesure(s) associée(s) :

E1 : Utilisation des tracés existants

E4 : Diminution de la surface de défrichement

R12 : Travaux hors période de reproduction de l'avifaune pour le défrichement

R14 : Lutte contre les espèces exotiques envahissantes

Projet d'aménagement hydroélectrique de la Grande Rivière de Capesterre - Mise à jour de l'étude d'impact

E1E4-R0358/23/ML – VF3 – 26/07/2023

R15 : Défrichage manuel et progressif

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible à modérée.

5.3.2.2 Phase exploitation

Effet(s) attendu(s) :

- Faune aquatique

En phase exploitation, la quantité d'eau en aval de la prise d'eau sera diminuée en comparaison à l'état initial, ce qui peut opérer des modifications d'habitats et d'espèces associées.

Les inventaires de l'ichtyofaune et de la carcinofaune présents au droit de la prise d'eau de La Digue ont été réalisés par le Bureau d'études BIOS. Les conclusions de l'étude sont présentées ci-dessous. L'étude dans son intégralité figure en annexe.

L'évaluation de l'état initial, sur la prise d'eau de La Digue, a été réalisée en employant une palette d'outils de diagnostic ayant trait 1-à la collecte d'informations *a priori* (conformation de l'ouvrage et diagnostic ICE) et 2-à la collecte d'informations *a posteriori* : physico-chimie, pêche de poissons et crustacés et étude du biofilm tapissant les roches du lit de la rivière. Ces dernières ayant donné lieu à des exploitations diverses : richesse, biodiversité, équilibres entre espèces, biomasses...

Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

1- La complexité morphologique de l'ouvrage (deux obstacles cumulés) renforcée par des dégradations (cassures, ruptures...) rendent difficile l'utilisation de la méthode ICE pour une quantification a priori du franchissement de cet obstacle par les espèces [1]. Seule la partie captage a montré une adaptation suffisante au protocole et définit un franchissement total (valeur 1) pour les juvéniles, sub-adultes et adultes de Gobiidae et Sicydiinae, pour les sub-adultes et adultes de Grapsidae et Palaemonidae et pour tous les stades d'Atyidae. Seuls les organismes appartenant aux juvéniles et sub-adultes d'Eleotridae et Gobiidae hors Sicydiinae seraient impactés par une barrière partielle, mais significative (ICE = 0.66) ;

2- Les pêches de poissons et crustacés ont montré des peuplements de richesse spécifique moyenne [2], avec peu de poissons et, comparativement, faiblement diversifié à l'échelle des rivières et ravines de la Guadeloupe [4]. Une prolifération ponctuelle d'espèce vulnérable (dont les habitats préférentiels sont naturellement les milieux calmes) a été observée en aval de l'obstacle [3]. Les résultats montrent une forte similitude des peuplements de crustacés et poissons entre amont et aval de l'obstacle, basés sur les nombres totaux d'individus par espèce [5].

3- L'examen démographique des populations de Palaemonidae, Xiphocarididae, Atyidae montre toutes les phases du développement de chaque côté de l'obstacle avec une pénalité visible sur les très jeunes individus (nouveaux arrivants <30mm) [6, 7].

4- Les éléments composant le biofilm qui tapisse les roches du lit de la rivière montrent des différences hautement significatives entre aval et amont dans les milieux rapides pour les cyanobactéries et les diatomées, avec une biomasse plus importante à l'amont de l'obstacle [8, 9].

5- L'analyse fine des peuplements diatomiques de ce biofilm montre des richesses spécifiques globales qui sont voisines en aval et amont de l'obstacle [10] et des dominances par des espèces dont la grande majorité sont communes [11]. Le calcul de l'Indice Diatomique Antillais ne met pas en évidence d'éventuelles modifications des peuplements diatomiques liées à l'interruption de continuité hydraulique et écologique [12]. Toutefois, en aval de l'obstacle, un nombre deux fois plus important de microalgues appartenant à des "taxons d'intérêt trophique" (recherchés par les espèces) sont relevés dans les milieux rapides, établissant un lien nouveau entre conservation de la ressource en eau, débit minimum biologique et alimentation des espèces [13].

6- Dans le cadre de cette étude, parmi tous les "outils" utilisés, seuls deux mettent nettement en évidence un effet de la rupture de continuité liée à l'ouvrage : i) l'examen des juvéniles seuls des espèces de poissons et crustacés et ii) la biomasse et la composition du biofilm épilithique de milieu

rapide [14]. Ces deux éléments sont donc jugés, parmi les outils pratiqués en routine, les plus aptes à traduire ici la rupture de continuité.

Cette évaluation de l'état initial avant aménagement a identifié un impact actuel de l'ouvrage sur deux fonctions écologiques :

1. Un impact sur le repeuplement en juvéniles de poissons et crustacés des parties amont du cours d'eau ;
2. Un impact potentiel sur la capacité des milieux situés sous l'obstacle à fournir aux poissons et crevettes une ressource alimentaire de qualité sur tout le continuum altitudinal.

L'aménagement futur de la prise d'eau devra prendre en compte ces deux aspects et proposer des mesures visant à diminuer ou supprimer ces impacts, comme :

1. Un ouvrage de franchissement adapté aux individus de taille inférieure à 30mm ;
2. La détermination d'un débit minimum en aval de l'obstacle qui ménage une ressource en eau suffisante pour maintenir ou optimiser ces deux fonctions.

Ainsi, la construction des ouvrages nécessaires à la centrale hydroélectrique dans le lit du cours d'eau aura un impact sensiblement identique à celui décrit pour la prise d'eau actuelle de La Digue dans l'état initial dont la synthèse figure ci-dessus. Cependant, une passe à poissons et ouassous sera intégrée au nouvel ouvrage afin de rétablir la continuité écologique.

Au regard de l'état actuel du radier et des conditions hydrologiques existantes, le projet n'engendrera aucun impact négatif supplémentaire.

De plus, le Maître d'Ouvrage a fourni les plans d'un ouvrage de continuité écologique au SMGEAG, propriétaire de la prise d'eau de La Digue. Ainsi, dans le cas de la réalisation des travaux de réfection de la prise d'eau par le SMGEAG, le projet peut permettre d'améliorer voire de rétablir la continuité écologique de la Grande Rivière de Capesterre.

→ **Effet positif, fort, MT/LT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Positive - Forte

Mesure(s) associée(s) :

Aucune.

Incidence(s) résiduelle(s) :

Positive.

- **Faune terrestre**

Les espaces déboisés et élagués ne le seront que temporairement, à la fin du chantier la végétation pourra repousser afin de retrouver son état initial.

Le bâtiment de l'usine hydroélectrique ne sera éclairé que lors d'intervention technique, soit quelques heures par semaine environ, et principalement en journée. Par conséquent, le bâtiment ne sera pas éclairé en continu et donc n'engendrera pas de pollution lumineuse.

→ **Effet négatif, faible à modéré, MT/LT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Faible

Mesure(s) associée(s) :

E2 : Évitement de la pollution lumineuse

R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous

C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)

A1 : Visites pédagogiques organisées par VALOREM

A3 : Suivi écologique des espèces dont les espèces protégées

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

5.4 Incidences sur le paysage et le patrimoine

5.4.1 Contexte paysager

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Paysage	Dominante agricole : culture intensive de la banane et de la canne à sucre.	Modéré

5.4.1.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

La circulation des engins et camions pourra provoquer des dépôts de boue sur la voie publique. Ces dépôts sont sources de nuisances visuelles sur les routes bitumées. Le manque de propreté intérieure et extérieure au chantier peut induire une nuisance visuelle : dépôt sauvage de déchets, matériaux désordonnés, perte de matériel.

Les incidences du chantier sur les paysages sont des nuisances visuelles temporaires.

→ **Effet négatif, faible, CT, indirect**

Niveau de l'incidence brute : Faible

Mesure(s) associée(s) :

R11 : Plan de circulation des engins de chantier

R13 : Repli et renaturation du chantier

Incidence(s) résiduelle(s) :

Nulle.

5.4.1.2 Phase exploitation

Effet(s) attendu(s) :

L'impact paysager du projet en phase exploitation est lié à la présence des infrastructures implantées. Dans l'ensemble, aucune des infrastructures ne sera visible depuis les habitations.

- **La prise d'eau**

Une prise d'eau à la cote 188 Ngg sera implantée en aval direct de la prise d'eau du SIAEAG. Elle sera équipée des ouvrages hydrauliques nécessaires à l'exploitation de celle-ci : vanne assurant le transport sédimentaire, grille de prise, vannes d'entrée de conduite, caméra... Ce nouvel ouvrage sera ainsi accolé à l'existant, ce qui n'augmente pas l'impact paysager de la présence d'une structure en béton dans le cours d'eau.

- **Le dessableur**

Le dessableur, d'une surface de 356 m², construit pour l'alimentation de la microcentrale sera situé en amont du dessableur existant du SIAEAG. Il sera équipé des ouvrages hydrauliques nécessaires à l'exploitation de celui-ci : vannes, sondes de niveau, débitmètre...

Il dénotera du paysage arboré alentour mais ne sera pas visible des habitations. Il sera situé à quelques mètres de la prise d'eau, dans des dimensions et matériaux similaires au dessableur de l'AEP, sur une

zone déjà interdite d'accès au public. Ainsi, il n'engendrera aucune incidence visuelle durant la phase de fonctionnement.

- **Le local technique**

Le local technique sera situé sur le dessableur. Il comportera quelques automates ainsi que les systèmes de télétransmission et leur alimentation. Il n'aura pas d'impact supplémentaire en termes de surface au sol.

- **La conduite d'adduction**

La conduite d'adduction sera enterrée sur l'intégralité de son parcours sur la rive gauche, elle n'engendrera donc aucune incidence visuelle durant la phase exploitation du projet. Cependant, à court/moyen terme, les stigmates du défrichement sur les neuf zones prévues (3898 m² au total) pourront être visibles, notamment depuis la rue de La Digue, les bâtiments industriels liés aux exploitations de canne à sucre et aux bananeraies, ainsi que plus en amont depuis l'usine de La Digue.

- **Le bâtiment de la microcentrale**

Le bâtiment de la microcentrale, d'une surface de 417 m², sera implanté en bord de rivière sur un terrain légèrement surélevé, entouré par des parcelles agricoles. Il intégrera tous les équipements nécessaires à la production d'électricité et à la sécurité des ouvrages : vanne de pied, turbine, alternateur, contrôle commande, transformateur...

Il dénotera du paysage arboré alentour mais ne sera pas visible des habitations, n'engendrant donc aucune incidence visuelle durant la phase de fonctionnement.

→ **Effet négatif, faible, MT/LT, direct**
Niveau de l'incidence brute : Faible

Mesure(s) associée(s) :

E1 : Utilisation des tracés existants

E4 : Diminution de la surface de défrichement

R6 : Insertion paysagère du bâtiment de la microcentrale

R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres

C1 : Réfection des voiries pour usage agricole et exploitation de l'AEP de La Digue

C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)

A1 : Visites pédagogiques organisées par VALOREM

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

5.4.2 Contexte patrimonial

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Patrimoine	L'aire d'étude immédiate fait partie de l'aire d'adhésion du Parc national de Guadeloupe. Elle ne fait partie d'aucune autre zone de protection réglementaire ou non réglementaire.	Faible
Patrimoine culturel et historique	L'aire d'étude se situe en dehors du périmètre de protection des Monuments Historiques. Pas de contrainte archéologique sur le projet.	Faible

5.4.2.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

Sur le plan patrimonial, la zone d'étude fait partie de l'aire d'adhésion du Parc national de Guadeloupe et est en dehors des périmètres des Monuments Historiques et ne figure dans aucun périmètre de site classé ou inscrit. Les travaux n'auront donc aucune incidence sur cette thématique. De plus, aucun élément architectural remarquable n'est inclus dans l'emprise du projet et le site n'est pas considéré comme à enjeu touristique.

→ **Effet nul**

Niveau de l'incidence brute : Nulle

Mesure(s) associée(s) :

Sans objet.

Incidence(s) résiduelle(s) :

Nulle.

5.4.2.2 Phase d'exploitation

Effet(s) attendu(s) :

La zone de projet se situe en aire d'adhésion du Parc National de Guadeloupe (PNG). Le projet est compatible avec la charte de territoire du PNG qui présente des orientations et des mesures en faveur du développement des énergies renouvelables.

Le bâtiment de la microcentrale se trouve en dehors du périmètre des 500 mètres des Monuments Historiques. La distance des Monuments Historiques les plus proches de la zone de projet est d'environ 1,8 km (Roches gravées à l'embouchure du Pérou) et 3,1 km (Ensemble de six blocs de roches gravées situés dans la rivière de Bananier).

Il n'existe donc pas de visibilité depuis les Monuments Historiques inscrits et classés répertoriés dans un périmètre d'étude éloigné, et ce en raison de paysages fermés et d'éloignement important.

À noter que les contraintes archéologiques sur le projet ont été levées par la Direction des Affaires Culturelles de Guadeloupe le 28 janvier 2021.

→ **Effet nul**

Niveau de l'incidence brute : Nulle

Mesure(s) associée(s) :

Sans objet.

Incidence(s) résiduelle(s) :

Nulle.

5.5 Incidence sur le milieu humain

5.5.1 Contexte socio-économique

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Énergies	Ce projet répond aux enjeux d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables.	Fort
Contexte économique	Ce projet représente une économie de 1 440 000 € par an pour la collectivité.	Fort

5.5.1.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

La phase chantier nécessitera 15 Équivalents Temps Pleins (ETP), notamment sur le lot génie civil (environ 7 millions d'euros), fort pourvoyeur d'emploi local.

→ **Effet positif, modéré, MT/LT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Fort

Mesure(s) associée(s) :

Sans objet.

Incidence(s) résiduelle(s) :

Positive.

5.5.1.2 Phase exploitation

Effet(s) attendu(s) :

La microcentrale nécessitera une maintenance annuelle en termes d'entretien paysager et des prises d'eau qui sera effectuée par des entreprises locales. La maintenance sera réalisée par la base de maintenance locale de VALEMO (filiale exploitation du groupe VALOREM). La phase d'exploitation de la microcentrale aura donc une incidence sensiblement positive sur l'emploi local.

De plus, la phase exploitation présente une forte incidence positive concernant la production d'électricité via des infrastructures hydroélectriques, représentant une économie pour la collectivité et encourageant le développement des énergies renouvelables et l'indépendance énergétique de la Guadeloupe.

→ **Effet positif, fort, MT/LT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Fort

Mesure(s) associée(s) :

Sans objet.

Incidence(s) résiduelle(s) :

Positive.

5.5.2 Urbanisme et occupation des sols

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Agriculture	Le site se situe en zone agricole présentant des cultures de bananes et de canne à sucre. La zone est peu fréquentée, majoritairement par les agriculteurs.	Modéré
Urbanisation	La zone de projet est inscrite dans le zonage du PLU entre des zones A et N. L'habitation la plus proche du bâtiment de la microcentrale est à plus d'une centaine de mètres. Prise d'eau de La Digue entourée par un Périmètre de Protection Immédiat (PPI).	Fort

5.5.2.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

- **Urbanisme**

L'emprise au sol du projet équivaut à 773 m² dont 417 m² pour le bâtiment de la centrale et le local technique et 356 m² pour le dessableur. La consommation d'espace est considérée comme faible au regard de la surface de la commune.

- **Agriculture**

Le projet en phase travaux n'aura aucun impact sur les zones agricoles et le passage des agriculteurs.

Une bananeraie sera temporairement déboisée le temps de travaux afin d'installer le nouveau chemin d'exploitation.

- **Périmètre de protection de La Digue**

La prise d'eau de La Digue est entourée par un Périmètre de Protection Immédiat (PPI) empêchant normalement d'effectuer tous travaux à l'intérieur de ce périmètre. Cependant, des travaux ayant trait à l'amélioration des ouvrages et au respect des règles environnementales peuvent être autorisés, à conditions que le résultat de ceux-ci ne modifie en rien le débit et la qualité de l'eau.

Le présent projet est en cohérence avec ce point puisque des travaux de renforcement et de remise en état de la prise d'eau actuelle pourront être réalisés par le SMGEAG qui dispose des plans fournis par VALOREM ainsi que l'ajout d'une passe à poissons/ouassous pour la prise d'eau du projet.

→ **Effet négatif, faible, CT/MT, indirect**

Niveau de l'incidence brute : Faible à Modérée

Mesure(s) associée(s) :

R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres

R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

5.5.2.2 Phase exploitation

Effet(s) attendu(s) :

- **Urbanisme**

Le site d'exploitation de la microcentrale se trouve dans une zone A du PLU, la prise d'eau et le dessableur sont situés en zone N et la conduite forcée s'étend sur les deux zones. Le PLU de Capesterre Belle-Eau, approuvé en juin 2018, ne fait pas directement référence dans ses documents d'urbanisme, notamment le PADD et les OAP, au développement des énergies renouvelables.

Cependant, en zone A comme en zone N, le règlement du PLU admet « les équipements d'intérêt général, les constructions, les installations techniques et les aménagements dès lors qu'ils sont nécessaires et directement liés à des services publics ou intérêt collectif et qu'ils ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages. » Nous pouvons donc considérer que de par leur capacité à fournir de l'énergie verte et leur faible impact sur l'environnement en comparaison aux autres solutions de production d'énergie électrique, les infrastructures liées à la centrale hydroélectriques sont admises dans le zonage du PLU.

De plus, le Livret 1 du rapport de présentation évoque les énergies renouvelables comme des opportunités à exploiter à l'avenir. De plus, le développement des énergies renouvelables fait partie des enjeux environnementaux établis à la suite de l'état initial de la commune (Livret 2 du rapport de présentation du PLU). Ce même rapport fait apparaître la volonté de l'État concernant le renforcement des actions de maîtrise de l'énergie et de développement des énergies renouvelables.

De plus, les objectifs du Grenelle de l'environnement pour les départements et régions d'outre-mer (DROM) sont ambitieux en visant, en accord avec la Loi transition énergétique pour une croissance verte (LTECV), l'autonomie énergétique à l'horizon 2030 ainsi qu'une division par quatre des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2050 par rapport aux émissions de 1990. De surcroît, le développement des énergies renouvelables fait partie des choix stratégiques régionaux du Schéma d'Aménagement Régional (SAR) de la Guadeloupe.

Ainsi, bien que le projet ne soit pas compatible avec le zonage établi au PLU, ces opérations vont dans le sens des orientations énoncés dans le rapport de présentation du PLU ainsi que celles du SAR et du Grenelle de l'environnement.

En fonctionnement, l'occupation des sols sera telle que présentée sur le plan de masse dans la description du projet, à savoir les infrastructures liées à la microcentrale et au dessableur sur une surface projetée au sol de 773 m².

Les habitations les plus proches du bâtiment de la microcentrale se situent à environ 200 mètres.

- **Agriculture**

Le nouveau chemin d'exploitation dans la bananeraie située au-dessus de la ravine Guy Balaou permettra à l'agriculteur d'accéder plus facilement à son exploitation, en remplacement de l'existant qui est en mauvais état.

- **Périmètre de protection de La Digue**

La mise en place d'une passe à poissons/Ouassous permettra de maintenir la continuité écologique. De plus, la prise d'eau de la centrale hydroélectrique sera située en aval direct de la prise d'eau de La Digue, ne modifiant donc aucunement les débits entrants dans la prise d'eau actuelle ni la qualité des eaux.

→ **Effet positif, modéré, MT/LT, indirect**

Niveau de l'incidence brute : Fort

Mesure(s) associée(s) :

Sans objet.

Incidence(s) résiduelle(s) :

Positive.

5.5.3 Incidences sur le cadre de vie

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Niveau sonore	Émergences sonores de l'ensemble des infrastructures.	Fort
Protection	Défaut électrique ou autre.	Fort

5.5.3.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

Le passage des camions et la réalisation des travaux entraîneront une augmentation du niveau sonore ambiant. L'impact sera le plus important pour les habitations les plus proches du site. Cette perturbation se limitera aux heures de chantier et sera variable en intensité dans le temps. Cela peut également impacter les agriculteurs, circulant sur les mêmes chemins pour rejoindre leur parcelle.

La règle du bruit est simple : le bruit perçu décroît de 6 dB (l'énergie est divisée par 4) chaque fois que l'on double la distance entre la source sonore et le milieu récepteur. La pression sonore diminue de moitié quand on double la distance entre l'émetteur et le récepteur (Source : ADEME).

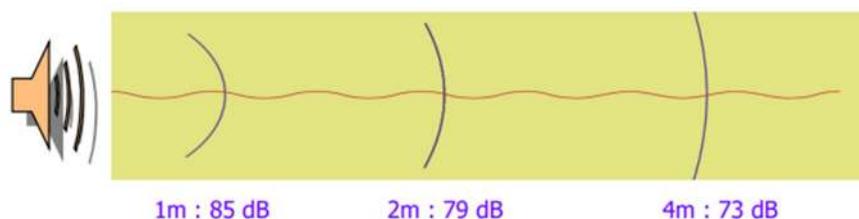


Figure 49 : Schématisation de la règle du bruit

La réglementation impose un bruit maximum de 85 dB maximum sur le chantier. En suivant la règle du bruit, il est possible en première approche d'évaluer la distance à laquelle le seuil de bruit passera à 45 dB (bruit d'un appartement normal, d'une conversation à voix normal).

À 100 m du projet, le bruit sera environ de 45 dB, à 200 m il sera de 40 dB. (Attention : il ne s'agit pas d'une modélisation acoustique mais d'une première approche ne tenant pas compte de paramètres tels que le sens du vent, le relief, les éléments atténuateurs, ...). Les habitations les plus impactées sont situées à l'ouest, aux alentours du bâtiment de la centrale, à plus de 100 m.

La réalisation d'un chantier est génératrice de nombreux déchets, recyclables ou non, dont la mise en dépôt sur des sites inappropriés peut avoir des incidences fortes sur l'environnement.

Le Plan Départemental de Gestion des déchets du Bâtiment et des Travaux Publics de la Guadeloupe constitue la référence officielle en matière de gestion des déchets du BTP. Il a été approuvé par arrêté préfectoral en décembre 2008. La réglementation nationale précise également les rôles et les devoirs de chacun en matière de gestion des déchets :

- ✓ Article L.542-2 du Code de l'Environnement : « toute personne qui produit ou détient des déchets, est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination ».
- ✓ Article L.514-4 du Code de l'Environnement : « le producteur, le transporteur et le détenteur sont co-responsables pour les dommages causés à autrui par les déchets ».
- ✓ Décret 94-609 du 13 juillet 1994 : « les détenteurs autres que les ménages, doivent valoriser ou faire valoriser leurs déchets d'emballages. Cette valorisation peut s'effectuer soit par réemploi ou recyclage soit par incinération avec récupération d'énergie ».

- ✓ Circulaire interministérielle du 15 février 2000 : « les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les entreprises et industriels font partie d'une chaîne économique et technique. C'est à l'ensemble de cette chaîne que revient la responsabilité de gérer le traitement et l'élimination des déchets ».

Les risques et les nuisances à l'environnement possibles sont :

- ✓ La pollution des eaux superficielles et souterraines ;
- ✓ La pollution des sols ;
- ✓ La pollution de l'air ;
- ✓ Le comblement partiel des ravines, entraînant des modifications de l'écoulement des eaux pluviales et des risques d'inondation en aval du site ;
- ✓ L'impact visuel sur le paysage.

→ **Effet négatif, fort, MT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Modérée

Mesure(s) associée(s) :

E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols

R8 : Dispositif de limitation des nuisances envers les populations humaines

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

5.5.3.2 **Phase exploitation**

Effet(s) attendu(s) :

L'implantation d'une microcentrale hydroélectrique génèrera une augmentation du niveau sonore par rapport à l'état initial. Néanmoins, le site d'implantation de la microcentrale est entouré d'espaces boisés et de sols cultivés les séparant des premières habitations. De plus, le niveau d'émergence sonore de l'ensemble est de l'ordre de 40 dB à 8 mètres de l'installation, ce qui ne peut être entendu par les habitations les plus proches. **Les émergences sont négligeables et conformes aux émergences réglementaires du code de la santé publique.**

En termes de sécurité de l'installation, le fonctionnement est dit à « sécurité positive », donc en cas de défaut quelconque la machine s'isole instantanément du réseau d'eau et du réseau EDF.

→ **Effet négatif, faible, MT/LT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Modérée

Mesure(s) associée(s) :

R7 : Fonctionnement de l'installation à « sécurité positive »

R8 : Dispositif de limitation des nuisances envers les populations humaines

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

5.6 Incidences notables du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Climatologie	Zone fortement pluvieuse. La Guadeloupe est particulièrement vulnérable aux impacts du changement climatique.	Fort

5.6.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

Le fonctionnement des véhicules et des engins de chantier engendrera l'émission de polluants atmosphériques tels que le CO₂ et le NO₂. La réalisation des tranchées et des fondations entraînera la mise en suspension de poussières. Néanmoins, au vu de la durée des travaux, ces émissions rejetées dans l'atmosphère ne sont pas significatives sur le cycle de vie complet de l'aménagement et ne sont pas de nature à avoir un effet sur le climat. De ce fait, l'impact sur la qualité de l'air est jugé faible.

→ **Effet nul**

Niveau de l'incidence brute : Nulle

Mesure(s) associée(s) :

E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols

Incidence(s) résiduelle(s) :

Nulle.

5.6.2 Phase exploitation

Effet(s) attendu(s) :

- **Effets attendus sur le climat à l'échelle globale**

En phase exploitation, une microcentrale hydroélectrique n'émet pas de gaz à effet de serre. Le fonctionnement de la microcentrale hydroélectrique participe à l'effort de lutte contre le changement climatique, en proposant une alternative aux énergies fossiles pour la production d'électricité.

La transition énergétique, à laquelle participe le projet de microcentrale hydroélectrique constitue un pilier du défi caribéen sur le changement climatique. Le projet contribue à **l'évitement d'émission de CO₂**, en grande majorité produite par la production d'électricité à partir de dérivés du pétrole.

- **Effets attendus sur le climat à l'échelle locale**

La production d'énergie de cette microcentrale correspond à la consommation d'une population de 7 200 habitants, sans émettre de pollution, de déchets ou d'émissions de gaz à effet de serre et permettrait annuellement l'économie de 2 700 tonnes de pétrole, ou encore de 4 100 tonnes de charbon tout en évitant le rejet de 11 000 tonnes de CO₂ dans l'atmosphère.

Il n'est pas prévu d'accroissement sensible du trafic dans la zone de projet lié à l'exploitation des ouvrages et donc pas de rejets indirects liés à l'existence du projet.

→ **Effet positif, fort, LT, direct**

Niveau de l'incidence brute : Fort

Mesure(s) associée(s) :

Sans objet.

Incidence(s) résiduelle(s) :

Positive.

5.7 Étude des effets cumulés de projets d'aménagement

Si les périmètres d'implantation et d'impacts de plusieurs projets se superposent, il est indispensable de promouvoir une réflexion commune sur les effets cumulés des aménagements dès les études d'opportunité/faisabilité.

Cette démarche d'étude des « effets cumulés » a été définie en 1985 par la Directive du Conseil des Communautés Européennes (85/337/CEE), qui traite de l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement. Cette directive a été complétée et modifiée à plusieurs reprises notamment par les directives 97/11/CE, 2003/35/CE et 2009/31/CE. L'annexe III de la Directive 85/337/CEE précise que : « Les caractéristiques des projets doivent être considérées notamment par rapport au cumul avec d'autres projets ».

La notion d'effets cumulés recouvre l'application, dans le temps ou l'espace, d'effets directs ou indirects issus d'un ou plusieurs projets connus et concernant le même domaine (paysage, écosystème, population, activités, etc.).

Conformément à l'article R.122-5 du Code de l'Environnement, l'objectif est d'analyser « le cumul des incidences du projet avec d'autres projets connus existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées ».

Ces projets sont ceux, qui, lors du dépôt de l'étude d'impact ont fait l'objet de :

- ✓ Un document d'incidence au titre de l'article R.214-6 et d'une enquête publique,
- ✓ Une évaluation environnementale, au titre du code de l'environnement, et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

Les projets qui ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public sont décrits dans le tableau suivant.

Une recherche a été réalisée pour identifier les projets entrant dans le cadre réglementaire de cette analyse. Les données actuellement disponibles ont été collectées sur le site internet de la DEAL Guadeloupe dont la dernière mise à jour disponible date du 15 mars 2023. Le recensement de ces projets a été mené sur la commune de Capesterre Belle-Eau. Ainsi, la consultation des avis de l'Autorité environnementale portant sur cette commune a permis de déterminer qu'il n'y a pas d'effets cumulés avec un autre projet.

La liste des avis de l'Autorité environnementale pour la commune de Capesterre Belle-Eau est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 26 : Projets localisés sur la commune de Capesterre Belle-Eau et ayant obtenu un avis de l'Autorité Environnementale

Commune	Nom du projet	Pétitionnaire	Date Avis AE	Raisons pour lesquelles le projet est retenu ou non dans l'analyse
CAPESTERRE BELLE-EAU (Environ 2,91 km)	Projet d'extension de la distillerie Longueteau	Longueteau	20/11/2020	Ce projet consiste en la construction d'un nouveau bâtiment abritant un chai, une salle de stockage, une salle d'embouteillage, des locaux pour le personnel et un local technique ; une annexe de la cuverie et un parking. Ce projet spécifique et localisé n'interfère pas avec celui de la microcentrale hydroélectrique et n'occasionne pas d'incidences cumulées.
CAPESTERRE BELLE-EAU (Environ 7,02 km)	Rectification du virage de Bananier	Région Guadeloupe	28/10/2019	Ce projet consiste en la rectification d'un virage sur une section de la RN1 en réalisant un nouveau pont circulaire de 6 m de largeur et 19 m de long et muni d'un trottoir de 1,40 m. Ce projet spécifique et localisé n'interfère pas avec celui de la microcentrale hydroélectrique et n'occasionne pas d'incidences cumulées.
CAPESTERRE BELLE-EAU (Environ 3,04 km)	Réalisation d'un canal d'évacuation des eaux pluviales à Moulin à Eau sur la commune de Capesterre Belle-Eau	Région Guadeloupe	08/03/2016	Ce projet consiste en la réalisation d'un canal d'eaux pluviales ainsi qu'un redimensionnement des ouvrages de franchissement permettant la traversée d'accès routiers au lieu-dit Moulin à l'Eau. Ce projet n'entre pas dans l'analyse des effets cumulés.

6 Incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement résultant de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs

6.1 Les aléas naturels

Rappel des enjeux

Domaine	Description de l'enjeu	Niveau d'enjeu
Aléas naturels	Aléas sismique et cyclonique sur la totalité du site Aléas inondation, liquéfaction et mouvement de terrain de manière localisée	Fort

La zone d'étude est concernée par les risques et aléas naturels suivants :

- ✓ Aléa sismique : fort
- ✓ Aléa cyclonique : fort
- ✓ Aléa mouvement de terrain : fort
- ✓ Aléa inondation : moyen à fort
- ✓ Aléa liquéfaction : moyen

6.1.1 Phase travaux

Effet(s) attendu(s) :

Le risque est la combinaison entre l'aléa en un point donné et la vulnérabilité des enjeux qui s'y trouvent exposés (personnes, bâtiments, infrastructures...). Le principal effet du chantier est d'exposer le personnel du chantier à un certain nombre d'aléa naturels et ainsi d'augmenter la vulnérabilité, donc les risques.

- **Risque inondation et crues**

L'aléa inondation se retrouve tout au long de la Grande Rivière de Capesterre et de la ravine Guy Balaou. En cas de forte pluie, les travaux peuvent accentuer le ruissèlement et l'infiltration de l'eau pouvant augmenter les risques d'inondation. Sans mise en place d'ouvrage de régulation des eaux pluviales, la phase chantier du projet pourrait avoir un impact sur les zonages du risque inondation. Cependant, seule la prise d'eau se trouve en zone inondable. Le bâtiment de la centrale est quant à lui situé en dehors de la zone inondable. **Ainsi, la présence du chantier sur le site peut être un facteur aggravant des effets en cas d'inondation au niveau de la prise d'eau, mais cet effet reste faible car il n'y a pas d'habitations ou autres infrastructures dans cette zone du projet.**

- **Risque mouvement de terrain et liquéfaction**

L'aléa mouvement de terrain est principalement situé entre la Grande rivière de Capesterre et la ravine Guy Balaou. Le glissement de terrain correspond à un déplacement d'un versant instable sur les couches profondes ou superficielles. Cet aléa peut être la conséquence d'un séisme, des précipitations, des vibrations liées au chantier ou suivant la profondeur d'enfouissement des conduits. Des études géotechniques indiquent que les zones sur lesquelles sont placées les infrastructures sont solides et ne subiront pas de glissement de terrain. **Le risque mouvement de terrain est faible.**

- **Risque Cyclonique**

Toute la Guadeloupe est concernée par l'aléa cyclonique de juin à novembre ainsi que par l'aléa sismique. Le site du projet n'est pas classé comme étant soumis à un aléa houle cyclonique fort dans le PPRN. Les impacts possibles lors de la phase de chantier sont essentiellement dus aux vents et aux

fortes précipitations : projections, chute d'outils, entraînement d'outils, altération des engins et des baraquements du chantier, etc. Ces impacts sont difficilement quantifiables avec précision car ils sont très variables selon l'intensité du phénomène et l'avancée du chantier.

La présence du chantier sur le site peut être un facteur aggravant des effets des séismes (exposition des personnes, du matériel, des engins). Il va provoquer une augmentation de la vulnérabilité, donc du risque.

→ **Effet négatif, modéré, MT, indirect**

Niveau de l'incidence brute : Fort

Mesure(s) associée(s) :

R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques

R10 : Limiter l'érosion des sols

R11 : Plan de circulation des engins de chantier

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

6.1.2 Phase exploitation

Effet(s) attendu(s) :

Le PPRN identifie des aléas **inondation et mouvement de terrain forts** ainsi qu'un **aléa liquéfaction moyen** de manière localisée sur la parcelle cadastrale du site d'implantation de la microcentrale. Les études géotechniques réalisées en amont des travaux auront permis d'implanter les infrastructures sur des zones de moindre risque. La nouvelle construction de la route intégrera des gouttières d'évacuation des eaux de pluie.

Une simulation de cotes en cas de crues a été effectuée via le logiciel HEC RAS et a permis de confirmer que le bâtiment est au-dessus et donc **non inondable** (VALOREM, 2021). Ce document est accessible en annexe.

Toute la Guadeloupe est soumise à un **aléa sismique fort**. Ainsi, le dimensionnement des ouvrages doit prendre en compte les prescriptions des études géotechniques. De cette manière, la vulnérabilité des aménagements au risque séisme sera très limité et n'aura pas d'incidences négatives sur l'environnement.

Aucune des infrastructures n'est susceptible d'aggraver ces aléas. Toutefois, l'implantation de la conduite forcée est prévue en zone d'aléa mouvement de terrain fort. **Sa disposition sera établie de manière à ne pas aggraver les risques** et à limiter les dommages sur les biens et personnes, conformément au règlement du PPRN.

→ **Effet négatif, faible, MT, indirect**

Niveau de l'incidence brute : Modéré

Mesure(s) associée(s) :

R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques

Incidence(s) résiduelle(s) :

Faible.

6.2 Les risques technologiques

La zone de projet est située en dehors des cercles de danger définis par le PPRT. Ainsi, les incidences du projet sur les risques technologiques sont jugées nulles.

La zone de projet n'étant soumise à aucun risque technologique et n'est pas concerné par le transport de matière dangereuse, aucune mesure particulière n'a été prise.

6.3 Les risques accidentogènes

L'augmentation du trafic générée lors de l'approvisionnement du chantier augmente le risque d'accident sur les axes empruntés, notamment sur la route nationale 1 puis la rue de Bois Riant pour accéder aux sites d'implantation des infrastructures.

Ce risque concerne les différents véhicules des riverains à proximité de la zone de travaux. La mise en place de mesures d'ordre organisationnel (signalisation, limitation de vitesse aux abords du site, interdictions d'accès) permettra de sécuriser les abords du chantier et ainsi de réduire les éventuels risques de collision.

Les risques d'accident en phase de travaux concernent essentiellement les personnels présents sur les chantiers. Les moyens d'intervention sont définis dans les plans d'urgence établis par les entreprises :

- ✓ Consignes de prévention, affichage,
- ✓ Dispositifs d'alarme,
- ✓ Intervention des secours,
- ✓ Dispositifs d'évacuation, etc.

L'installation, la configuration, l'entretien et la mise à l'essai des dispositifs de protection électrique sont essentiels afin d'assurer la mise hors tension de l'équipement qui présente une défaillance, et ainsi prévenir un accident, un incendie ou des dommages à d'autres équipements durant la phase exploitation.

Ces dispositions de sécurités électriques seront contrôlées par un bureau de contrôle agréé.

D'autre part, les dispositifs de sécurité permettant le découplage de l'installation du réseau électrique de l'île en cas d'avarie de la centrale hydroélectrique seront calibrés selon les prescriptions d'EDF SEI puis testés et validés in situ sous supervision d'EDF SEI avant autorisation de mise en service de l'installation.

7 Solutions de substitution et justification du parti retenu

7.1 Solutions de substitution

La Grande Rivière de Capesterre est l'une des rivières de Guadeloupe à la plus forte hydrologie, critère premier du choix de l'emplacement de la petite centrale hydroélectrique. De plus, la zone est déjà anthropisée, justifiant pleinement le choix d'aménager un ouvrage hydroélectrique à cet endroit.

La taille de la centrale ainsi que sa puissance se justifient par la zone de restitution. En effet, une centrale plus grande et plus puissante aurait nécessité une restitution plus en aval, ce qui aurait été impossible par manque de place dû à la présence d'un grand nombre d'habitation et à la topographie prononcée. Finalement, l'emplacement de la prise d'eau a été conditionné par celui de la prise d'eau potable déjà existante et le trajet de la conduite évite le cours d'eau et ses berges sur l'essentiel du parcours.

Les alternatives au projet, dites solutions de substitution raisonnables du projet, sont ici abordées au regard des principaux enjeux environnementaux.

Plusieurs solutions alternatives ont été étudiées pour la conception de ce projet :

- **Solutions techniques :**
 - ✓ Restitution plus à l'amont, solution réduisant la hauteur de chute,
 - ✓ Débit d'équipement plus faible.

- **Solutions environnementales :**
 - ✓ Déviation du trajet de la conduite pour éviter les zones à fort enjeu environnemental,
 - ✓ Diminution de la surface de défrichement.

Un résumé des solutions techniques étudiées et de leurs avantages et inconvénients est détaillé dans le tableau ci-dessous.

- **Les solutions techniques**

Le tableau ci-dessous présente les différents scénarios étudiés pour le projet. Le **scénario 2**, nommé projet corrigé, est le scénario final retenu.

	Scénario 1 (projet autorisé)	Scénario 2 (projet corrigé)	Scénario 3 (débit réduit)	Scénario 4 (restitution remontée)
Débit d'équipement (m ³ /s)	2,8	2,8	1,3	2,8
Débit réservé (m ³ /s)	0,7	0,53	0,53	0,53
Côte de prise d'eau	186	186	186	186
Côte de restitution	28	33	33	62
Hauteur brute	158	153	153	124
PMB (kW)	4 340	4203	1951	3 406
Puissance élec (kW)	3 717	3 345	1 643	2 663
Tronçon court-circuité (ml)	5 300	5 260	5 260	4 413
CAPEX	++++	+++	+	++
Productible	+++	++++	+	++
Avantages	Productible élevé	Productible très élevé	Investissement faible	Tronçon court-circuité plus court
Inconvénients	Investissement très élevé	Investissement élevé	Productible très faible	Productible faible Investissement assez élevé

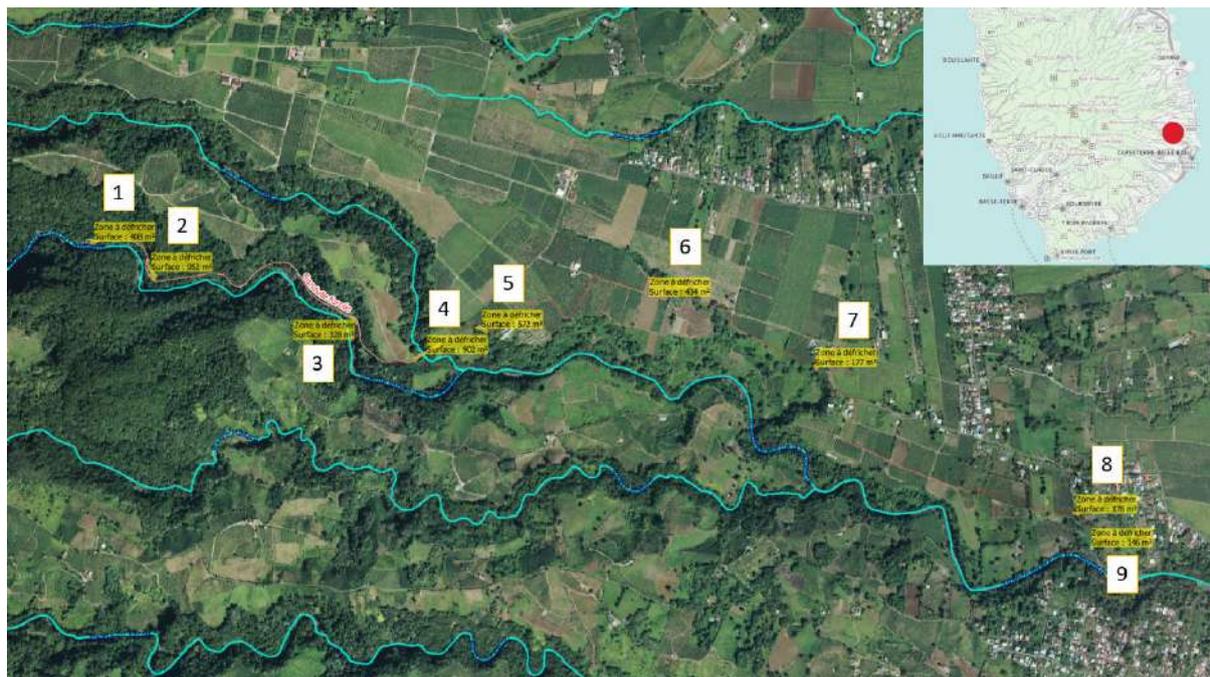
Seuls les scénarios 1 et 2, respectivement les projets autorisés et corrigés, permettent de produire une électricité à un tarif raisonnable. En effet, les scénarios 3 de débit réduit et 4 de restitution remontée dégradent trop fortement le productible, la centrale produisant à pleine puissance moins souvent.

Le **scénario 2**, nommé **projet corrigé**, est choisi pour son productible plus élevé (nombre d'heures de fonctionnement à pleine puissance) permettra la production de **9 GWh/an**.

- **Les solutions environnementales**

- **Scénario n°1**

Ce premier scénario intégrait 4 095 m² de défrichement sur 9 zones distinctes avec le dessableur en zone 2 et les tracés originaux proposés dans l'étude d'impact de 2007.



- **Scénario n°2**

Le scénario n°2 consiste en la proposition de différentes emprises alternatives entre les zones 3 et 4 et entre les zones 8 et 9 dans le but de diminuer l'impact environnemental du projet.

Le choix de l'emprise alternative 2 (EA2) entre les zones 3 et 4 permet d'éviter en grande partie les habitats patrimoniaux à fort enjeu ainsi que l'espèce végétale classée vulnérable, le Gran savonnèt (*Dussia martinicensis*).

L'emprise alternative 1 (EA1) entre les zones 8 et 9 semble être de moindre impact que le tracé initial, notamment en termes de topographie. En effet, la pente est plus faible sur l'EA1 que sur le tracé initial, ce qui facilitera l'installation de la conduite forcée. De plus, ce tracé alternatif emprunte des chemins d'exploitations et longe les haies, ce qui présente une faible incidence sur la faune.

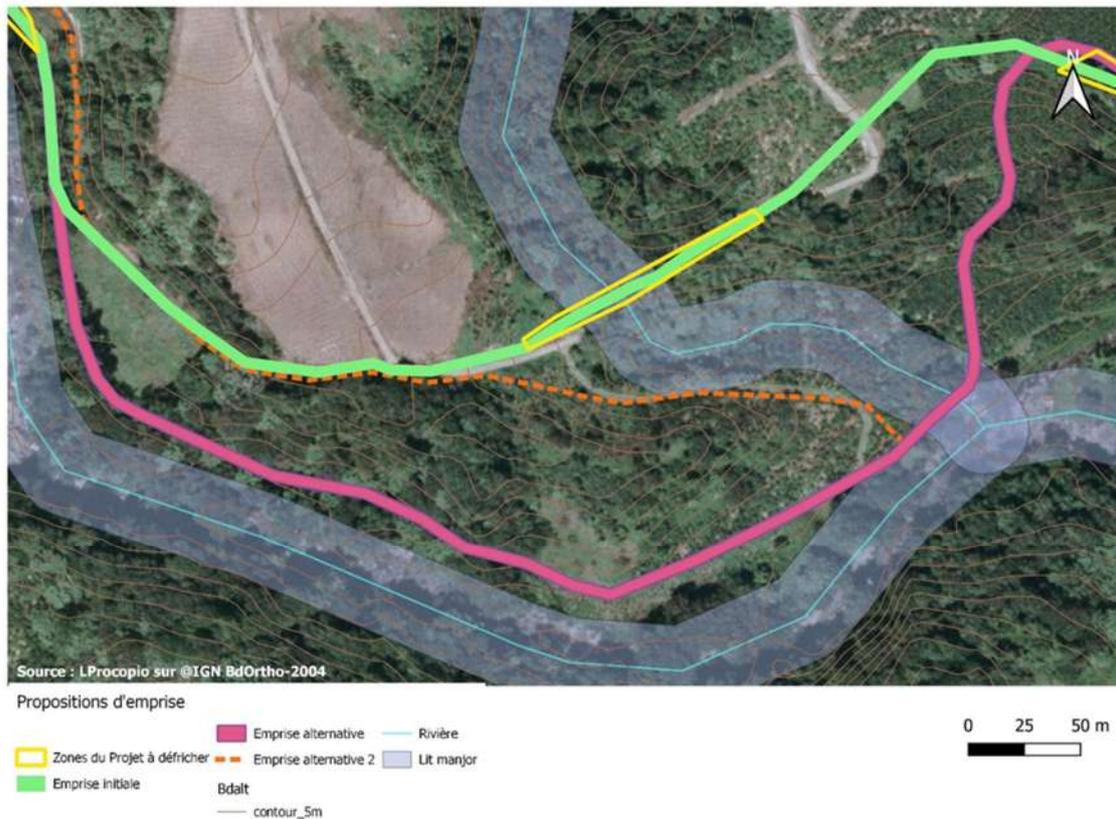


Figure 50 : Choix de l'emprise alternative 2 pour le passage de la ravine Guy Balaou

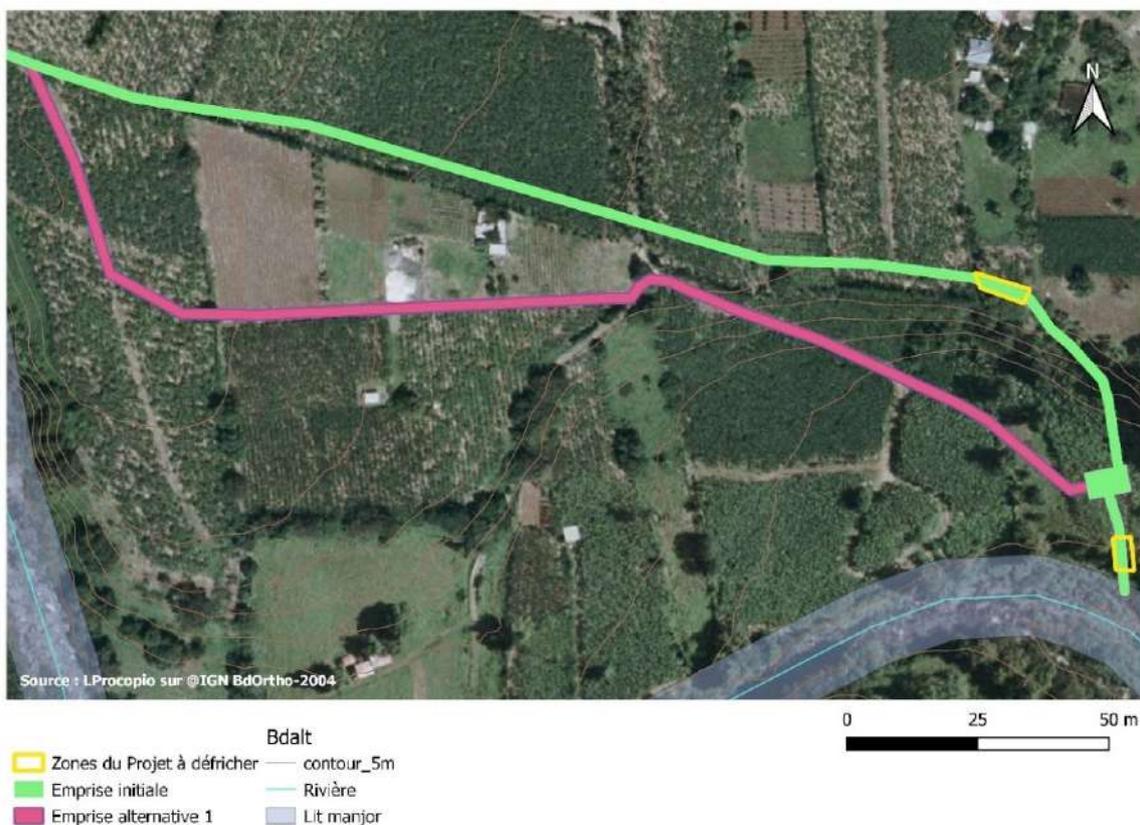


Figure 51 : Choix de l'emprise alternative 1 entre les zones 8 et 9

• **Scénario n°3**

Le défrichement a toujours lieu sur les 9 zones de l'aire d'étude mais se retrouve diminué à hauteur d'environ 2 392 m², soit 1 700 m² de moins qu'énoncé dans le scénario n°1. Cependant, il est à noter que cette surface de défrichement est calculée selon les critères de l'article L-341-1 du Code Forestier mais comprend également des surfaces non boisées. La surface réelle sur laquelle il y aura des actions de défrichement est de 814 m².

Le dessableur a été déplacé en zone 1, au plus proche de la prise d'eau, pour des raisons tant techniques qu'environnementales.

Le tracé de l'emprise alternative 2 en zone 4 a été affiné afin de réduire l'impact environnemental sur les berges et de répondre aux exigences techniques de l'implantation de la conduite (Cf. Figure ci-dessous).

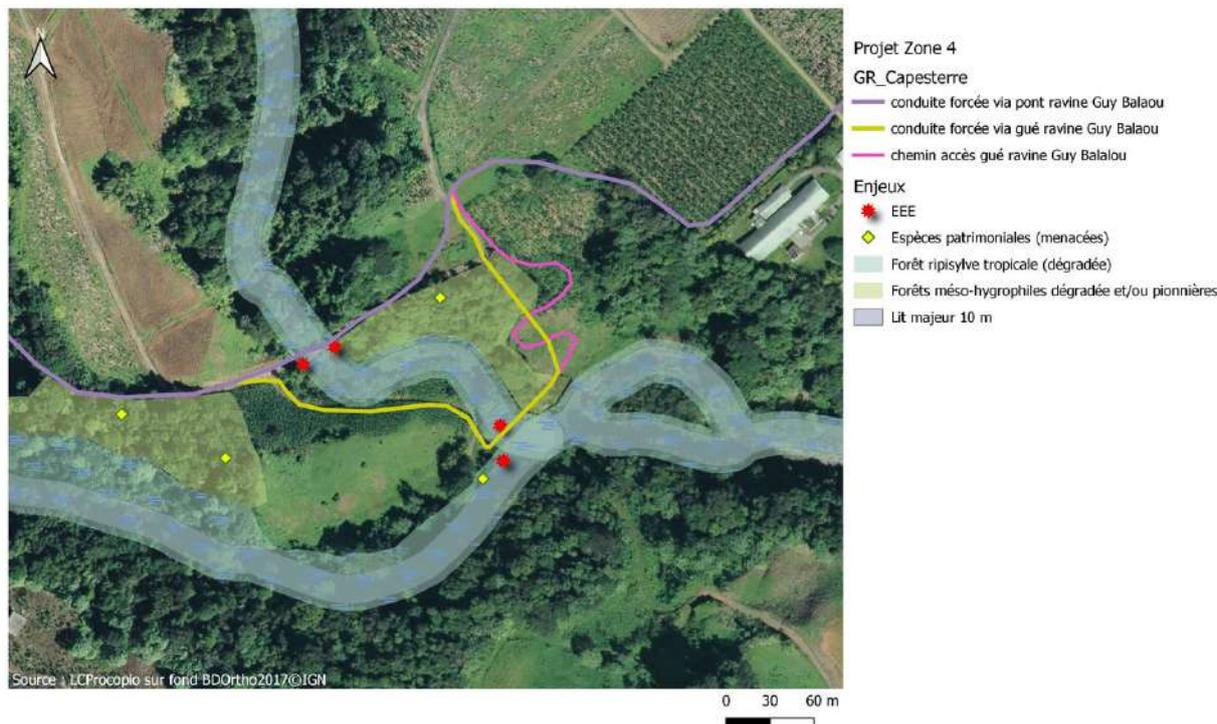


Figure 52 : Cartographie des tracés envisagés en zone 4 : emprise initiale (violet) et emprise alternative 2 modifiée (jaune), ainsi que le chemin d'accès dans la bananeraie (rose) Justification du parti retenu

• **Choix du scénario environnemental**

Le scénario 2 justifie le choix de deux tracés de moindre impact pour le passage de la conduite, *via* le pont de la ravine Guy Balaou (emprise initiale) ou à gué (emprise alternative 2). En effet, ces tracés permettent d'éviter en majeure partie les habitats patrimoniaux et évitent complètement l'espèce végétale classée vulnérable. Il justifie également le choix de l'emprise alternative 1 entre les zones 8 et 9, étant plus facilement exploitable en termes de topographie de la zone. De plus, l'impact environnemental y est moindre.

Le scénario 3 voit le dessableur délocalisé en zone 1, la surface de défrichement est réduite à 2 392 m² et le tracé alternatif 2 (passage à gué dans la ravine) a été affiné.

Tableau 27 : Analyse des avantages et inconvénients des différentes variantes et la justification des choix effectués pour répondre aux enjeux

Solution de substitution	Description sommaire	Avantages pour l'environnement	Inconvénient pour l'environnement	Raison du choix
Scénario n°1	Surface de défrichage de 4 095 m ² Dessableur et local technique en zone 2	<i>Projet initial</i>	Opérations de défrichage Perturbations du milieu dues aux activités humaines Dérangement physique de la faune et de la flore (stress, mortalité)	<i>Projet initial</i>
Scénario n°2	Surface de défrichage de 4 095 m ² Dessableur et local technique en zone 2 Deux tracés alternatifs proposés (zones 3-4 et zones 8-9)	Évitement et conservation d'habitats patrimoniaux et espèce végétale classée vulnérable	Opérations de défrichage Perturbations du milieu dues aux activités humaines Dérangement physique de la faune et de la flore (stress, mortalité)	Diminution de l'impact environnemental
Scénario n°3	Surface de défrichage de 2 392 m ² Dessableur + local technique en zone 1	Diminution de la surface de défrichage Diminution des nuisances sur l'environnement	Opérations de défrichage Perturbations du milieu dues aux activités humaines Dérangement physique de la faune et de la flore (stress, mortalité)	Choix techniques de positionnement des infrastructures Diminution de l'impact environnemental Réduction de la surface de défrichage Pas de défrichage en zone 2

Le scénario retenu est le **scénario n°3**. Ce projet met en évidence l'effort réalisé par le Maître d'Ouvrage pour réduire l'impact du défrichage sur l'environnement, notamment sur les habitats patrimoniaux.

7.2 Réponse aux objectifs régionaux en matière d'énergie renouvelable

L'archipel caribéen est dépendant des importations d'énergies fossiles (charbon et pétrole) à hauteur de 80% dans la consommation énergétique finale. En 2017, la part des énergies renouvelables en Guadeloupe était de l'ordre de 7%. Afin de répondre aux objectifs d'autonomie énergétique en Guadeloupe de la Loi pour la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV), le Conseil Régional et l'État ont conjointement établi la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE). La loi fixe

des objectifs dont la PPE doit tenir compte sur la période 2018-2023, notamment l'élévation de la part des énergies renouvelables à 50% dans la consommation énergétique et l'atteinte de l'autonomie énergétique à l'horizon 2030 pour les territoires ultramarins français.

Dans la continuité du projet débuté par Force Hydraulique Antillaise, VALOREM souhaite augmenter la part des énergies renouvelable dans le mix énergétique de la Guadeloupe en développant une microcentrale hydroélectrique sur la Grande Rivière de Capesterre.

Le présent projet s'inscrit dans les objectifs régionaux en matière d'énergie renouvelable puisqu'il vise à participer aux objectifs d'autonomie énergétique du territoire.

Le projet favorise **l'indépendance énergétique** du territoire et s'inscrit dans le cadre des politiques énergétiques et environnementales actuelles.

7.3 Retombées locales

La microcentrale hydroélectrique apportera une production allant jusqu'à **9 GWh/an** et permettra d'en exporter la totalité à travers le réseau d'électricité de la Guadeloupe. Ainsi, ce projet participe à l'indépendance énergétique de la Guadeloupe.

Les retombées locales majeures induites par le projet sont les suivantes :

- ✓ Représente la consommation de 3 200 foyers capesterriens soit 40% des habitants de la commune de Capesterre-Belle-Eau (couverture des besoins annuels de 7 200 habitants sur 18 000 habitants) ;
- ✓ Représente 23% de la consommation électrique nette de la commune de Capesterre⁶ ;
- ✓ 15 équivalents temps-plein en phase chantier par projet, avec des entreprises locales favorisées pour les travaux de génie-civil, terrassement, réseaux ;
- ✓ Réfection des chemins existants empruntés pour l'exploitation de la prise d'eau potable de La Digue ainsi que pour les exploitations agricoles (bananes) ;
- ✓ Retombées économiques de l'IFER, CFE et Taxes Foncières pour les collectivités ;
- ✓ Sensibilisation et pédagogie à travers l'organisation de visites pédagogiques pour les écoles ;

Pour l'ensemble de ces motifs, un projet de microcentrale hydroélectrique sur un territoire au réseau hydrographique développé est une opportunité de soutien de **l'activité économique locale**, tout en représentant une vitrine pour les **énergies vertes**.

7.4 Le site retenu

L'emplacement du projet se trouve être particulièrement pertinent : l'une des plus grosses rivières de l'île, s'intégrant parfaitement dans le projet hydroélectrique de VALOREM. Ces terrains sont intéressants car isolés des habitations, et l'accès est déjà existant. De plus, l'emprise globale des infrastructures se révèle être assez faible. Les rivières situées dans un rayon de 10 km du projet

⁶ Selon les données de consommation électrique communale annuelle 2020 fournies par EDF SEI Guadeloupe : <https://opendata-guadeloupe.edf.fr/>

présentent une hydrologie moindre et sont déjà prélevées. C'est donc naturellement que le choix de l'emplacement s'est porté sur la Grande Rivière de Capesterre.

La microcentrale hydroélectrique permet de fournir de l'énergie électrique directement utilisable sans pollution ni déchet et représente une source de diversification des approvisionnements locaux à un coût qui est aujourd'hui compétitif. La microcentrale de la Grande Rivière de Capesterre envisagée produira l'équivalent de la consommation électrique de 7 200 habitants, contribuant significativement à l'ambition du territoire de devenir un territoire à énergie positive.

Les critères ayant été pris en compte dans la justification du choix du site sont récapitulés dans le tableau suivant.

Tableau 28 : Critères pris en compte dans le processus de projet

Les critères techniques
Grande surface disponible
Bonnes conditions hydrographiques
Représente la consommation de 3 200 foyers soit 40% des habitants de la commune de Capesterre-Belle-Eau, et 23% de la consommation électrique nette de la commune de Capesterre-Belle-Eau, intégrant tous les secteurs (y compris les secteurs industriel, tertiaire et résidentiel)
Possibilité d'enfouir la conduite forcée quasiment exclusivement sous des pistes et chemins existants
Raccordement au réseau électrique disponible à proximité
Les critères humains
Réseau routier existant
Projet d'intérêt public à triple objectif : développer les EnR, stabiliser le réseau interconnecté guadeloupéen, créer des emplois locaux
Les critères environnementaux
La topographie du terrain est propice à l'implantation du projet
Possibilité de mettre en place une passe à poisson/ouassous afin d'améliorer la continuité écologique du cours d'eau
Propriétés physiques des sols adaptées à l'implantation des infrastructures
Implantation sur des zones de sensibilité écologique faible à forte

8 Description des mesures

Ce chapitre expose les mesures déjà comprises dans le projet ou à mettre en place ultérieurement afin :

- ✓ D'éviter les incidences négatives du projet stratégique sur l'environnement par des **mesures d'évitement**. Les lignes directrices sur la séquence ERC définissent la mesure d'évitement comme étant : « une mesure qui modifie un projet ou une action d'un document de planification afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet ou cette action engendrerait ».
- ✓ De réduire les incidences dommageables n'ayant pas pu être évitées par des **mesures de réduction**. Les lignes directrices sur la séquence ERC définissent la mesure de réduction comme étant : « une mesure définie après l'évitement et visant à réduire les impacts négatifs permanents ou temporaires d'un projet sur l'environnement, en phase chantier ou en phase exploitation ».
- ✓ De compenser lorsque cela est possible les incidences résiduelles du projet stratégique qui n'ont pu être évitées ni suffisamment réduites par des **mesures de compensation**. Les mesures de compensation sont définies ainsi par l'article R. 122-14 du code de l'environnement : « Les mesures compensatoires ont pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou suffisamment réduits. Elles sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Elles doivent permettre de conserver globalement et, si possible, d'améliorer la qualité environnementale des milieux ».
- ✓ Sauf exception, les **mesures d'accompagnement** n'apparaissent pas dans les textes législatifs et réglementaires. La doctrine de 2012 les reconnaît comme étant des mesures dont la proposition par les pétitionnaires présente un caractère optionnel : « des mesures, dites « d'accompagnement » (acquisitions de connaissance, définition d'une stratégie de conservation plus globale, mise en place d'un arrêté de protection de biotope qui relève en fait des pouvoirs de l'État ou des collectivités, etc.), peuvent être définies pour améliorer l'efficacité ou donner des garanties supplémentaires de succès environnemental aux mesures compensatoires. » Pour les lignes directrices, il s'agit d'une « mesure qui ne s'inscrit pas dans un cadre réglementaire ou législatif obligatoire. Elle peut être proposée en complément des mesures compensatoires (ou de mesures d'évitement et de réduction) pour renforcer leur pertinence et leur efficacité, mais n'est pas en elle-même suffisante pour assurer une compensation ». Les mesures d'accompagnement ne peuvent venir en substitution d'aucune des autres mesures, mais uniquement venir en plus. Se retrouvent donc dans cette catégorie toutes les mesures qui ne peuvent se rattacher ni à l'évitement, ni à la réduction, ni à la compensation.

Le classement, la codification et la présentation des mesures proposées ci-dessous se basent sur le Guide d'Aide à la Définition des Mesures ERC, publié par le Commissariat général au développement durable (CGDD)⁷. Dans le cas des mesures compensatoires, les actions mises en œuvre font ensuite nécessairement l'objet de mesures de gestion conformément à la définition de la compensation issue des lignes directrices : la mesure de compensation comprend la maîtrise du site par la propriété ou par contrat + mesure technique visant la création de milieux + mesures de gestion.

⁷ CGDD, 2018, Evaluation environnementale - Guide d'aide à la définition des mesures ERC, 133 pages

Chaque mesure sera présentée de la façon suivante :

Code	Champs d'action	Type de mesure
Lettre (E, R, C ou A) et n° de la mesure – Titre de la mesure		
Description		
Incidence(s) ciblée(s)		
Coût estimatif		
Modalité(s) de suivi		

8.1 Mesures d'évitement

8.1.1 E1 : Utilisation des tracés existants

E1.1b	Milieus naturels, Paysages	Évitement des sites à enjeux environnementaux et paysagers majeurs du territoire
E1 : Utilisation des tracés existants		
Description		
Afin de ne pas dénaturer les paysages agricoles, forestiers et notamment les ripisylves ainsi que les abords de la Grande Rivière de Capesterre, le projet prévoit de favoriser l'utilisation de pistes et voies déjà existantes, notamment pour le passage des engins durant la phase travaux. Seuls 100 ml de piste et de voie de stationnement seront créés devant la centrale. À noter que ces aménagements seront réalisés sur une zone de friche agricole sur 500 m ² maximum.		
Incidence(s) ciblée(s)		
Impacts sur le milieu naturel et le paysage.		
Coût estimatif		
Intégré aux coûts du chantier.		
Modalité(s) de suivi		
Vérifier la conformité de l'implantation réelle du projet avec les éléments prévisionnels.		

8.1.2 E2 : Évitement de la pollution lumineuse

E3.2b	Milieus naturels, Paysage	Redéfinition / Modification / adaptation des choix d'aménagement, des caractéristiques du projet (à préciser par le maître d'ouvrage) Évitement technique en phase d'exploitation
E2 : Évitement de la pollution lumineuse		
Description		
Le bâtiment de l'usine hydroélectrique ne sera éclairé que lors d'intervention technique, soit quelques heures par semaine environ, et principalement en journée. Par conséquent, le bâtiment ne sera pas éclairé en continu et donc n'engendrera pas de pollution lumineuse.		
Incidence(s) ciblée(s)		
Dérangement des chiroptères et de l'avifaune.		
Coût estimatif		
Intégré au projet.		
Modalité(s) de suivi		
Vérification de la conformité de la réalisation du projet avec les éléments prévisionnels figurant dans le dossier de demande.		

8.1.3 E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols

E3.1a	Milieux naturels	Absence de rejet dans le milieu naturel (air, eau, sol, sous-sol)
E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols		
<p>Description</p> <p>Rejets de polluants dans les sols</p> <p>Afin d'éviter la pollution du sol lors de la phase chantier, plusieurs dispositions seront mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La maintenance des engins de chantier se fera sur des aires délimitées imperméabilisées ; ✓ Une zone de remplissage du gaz-oil pour les engins sera délimitée ; ✓ Ne seront autorisés sur le chantier que les engins à jour de leur maintenance pour éviter les fuites ; ✓ Des aires de stockage spécifiques adaptées aux déchets dangereux seront créées et délimitées. Le stockage des huiles neuves ou usagées sera effectué dans des fûts placés au sein d'une cuvette de rétention à l'abri des eaux météoritiques. Aucun rejet de substances dangereuses ne sera effectué dans les réseaux eaux et dans le milieu naturel ; ✓ Des fosses à laitance pour les résidus de béton seront installées. Il s'agit de récupérer les eaux de lavage des toupies à béton et de traiter les laitances par décantation dans une fosse avec géotextile afin d'éviter toute pollution des sols. ✓ Les déchets du chantier seront correctement gérés ; ✓ Les huiles végétales (huile de décoffrage végétale, usage d'un pulvérisateur équipé d'une buse adaptée réduit la consommation) et d'une façon générale les produits les moins nocifs et avec (une meilleure biodégradabilité) seront privilégiés ; ✓ Des fiches de suivi seront utilisées pour les produits les plus dangereux ; ✓ Une partie des pièces sera stockée hors sol et à l'abri des intempéries. <p>Rejets de polluants dans l'air</p> <p>Les rejets de polluants dans l'air seront limités par :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La vérification de la conformité du matériel proposé par les entreprises avec les normes en vigueur concernant les rejets atmosphériques ; ✓ L'arrêt du moteur des engins et véhicules en stationnement (y compris pendant la livraison si le déchargement ne requiert pas le fonctionnement du moteur) ; ✓ Le bon entretien des engins et véhicules ; ✓ L'interdiction du brûlage des déchets. <p>Afin de limiter la dispersion des particules fines par le vent et la pluie, ainsi que les émissions de poussières :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Les zones non construites seront re-végétalisées ✓ Les sols travaillés pourront ponctuellement être arrosés en fonction des conditions climatiques lors de la phase de chantier ; ✓ Les matériaux transportés seront couverts avec des bâches pour limiter l'envol de particules fines ; <p>Rejets de polluants dans l'eau</p> <p>Afin de préserver la qualité des eaux, il faudra veiller à ce que :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ L'entretien des engins se fasse sur des aires imperméabilisées, et le stockage des déchets sur des aires adaptées ; ✓ L'entreprise de construction prévoira un traitement des eaux de nettoyage des engins stockée dans les fosses étanche de récupération (ex : fossés provisoires munis de filtres à paille,...) ; ✓ Il est prévu d'installer lors du chantier des toilettes portatives pour éviter tout départ d'eaux usées dans le milieu ; 		

E3.1a	Milieux naturels	Absence de rejet dans le milieu naturel (air, eau, sol, sous-sol)
E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Il est prévu de réaliser pendant toute la durée des travaux, des ouvrages provisoires de rétention des sols, afin d'éviter au maximum la contamination des eaux de surface (ex : Stockage approprié des terres, mise en place de géotextile) ; ✓ Le personnel sera formé et sensibilisé au respect des zones de rétention, de lavage... ✓ Les déchets du chantier seront correctement gérés. <p>Gestion des déchets du chantier</p> <p>La réglementation stipule que « toute personne qui produit ou détient des déchets, est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination » (L 541-2, Code de l'Environnement).</p> <p>Le producteur, le transporteur et le détenteur sont co-responsables pour les dommages causés à autrui par les déchets (L 541-4, Code de l'environnement).</p> <p>Les détenteurs autres que les ménages, doivent valoriser ou faire valoriser leurs déchets d'emballages. Cette valorisation peut s'effectuer soit par réemploi ou recyclage soit par incinération avec récupération d'énergie (décret 94-609 du 13 juillet 1994).</p> <p>Conformément à la circulaire interministérielle du 15 février 2000, « les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les entreprises et industriels font partie d'une chaîne économique et technique. C'est à l'ensemble de cette chaîne que revient la responsabilité de gérer le traitement et l'élimination des déchets ».</p> <p>Les OBLIGATIONS réglementaires qui devront être appliquées :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Stocker les déchets avant leur élimination dans des conditions ne présentant aucun danger pour l'environnement et la santé et favorisant leur valorisation ultérieure ; ✓ Remettre les déchets à un transporteur déclaré en Préfecture. ✓ Éliminer ou faire éliminer les déchets dans de bonnes conditions et dans des installations respectant les normes en vigueur et favorisant au mieux leur valorisation ; ✓ S'assurer de la traçabilité des déchets : <ul style="list-style-type: none"> - Émission d'un Bordereau de suivi des déchets (BSD) pour les déchets dangereux (DD), - Émission de bons de prise en charge pour les autres déchets. <p>Les INTERDICTIONS réglementaires qui seront mises en œuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Abandonner les déchets ; ✓ Brûler les déchets ; ✓ Enfouir des déchets qui ne sont pas ultimes ; ✓ Déposer des déchets dans des installations non prévues à cet effet. <p>Par ailleurs, il existe une Charte départementale des déchets du bâtiment et des travaux publics de la Guadeloupe⁸. Il s'agit du document officiel de référence en matière de gestion des déchets du BTP de la Guadeloupe. Elle prévoit, entre autres, la réalisation par le maître d'ouvrage d'un diagnostic</p>		

⁸ Charte départementale des déchets du BTP de la Guadeloupe, DDE, Région Guadeloupe, ADEME, BTP Guadeloupe, octobre 2009.

E3.1a	Milieux naturels	Absence de rejet dans le milieu naturel (air, eau, sol, sous-sol)
E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols		
<p>« déchets » préalable au chantier et joint au dossier de consultation des entreprises, ainsi que la réalisation par le maître d'œuvre d'un Schéma d'Organisation et de Suivi de l'Evacuation des Déchets (SOSED).</p> <p>L'évaluation des déchets susceptibles d'être produit pourra être réalisée sur plans (pour une construction neuve). Elle devra porter sur les types de déchets, leurs quantités et localisation.</p> <p>Une « zone déchets » sera créée pour les bennes afin de trier les déchets à la source, et permettre un traitement adapté à chaque type de déchet. Les déchets seront séparés dans au moins 5 types de bennes : déchets inertes, DIB fermentescibles, DIB bois, DIB métaux, DIS).</p> <p>Les bennes seront placées le plus proche possible des sources de déchets et seront accessibles aux poids lourds et aux ouvriers.</p> <p>Des aires de stockage spécifiques adaptées aux déchets dangereux seront créées (utilisation de feutres sur le sol aux endroits potentiellement à risques). Aucun rejet de substances dangereuses ne sera effectué dans les réseaux eaux et dans le milieu naturel.</p> <p>Les déchets seront évacués vers les filières de traitement et de valorisation agréés, conformément à la réglementation en vigueur et en particulier aux dispositions du PDEDMA, du plan de gestion des déchets du BTP et du Plan Régional d'Élimination des Déchets Industriels Spéciaux (PREDIS). On pourra également se référer au Guide des Déchets édité en 2007 par la CCI afin d'identifier les filières agréées.</p> <p>Des conventions de ramassage et de traitement seront passées avec des sociétés spécialisées et dont l'activité est autorisée par l'administration compétente (élimination des huiles usagées, élimination des eaux usées du chantier...).</p> <p>Les huiles de vidange seront stockées dans des fûts de 200 litres disposés dans une aire de rétention étanche permettant de récupérer les éventuels écoulements en cas de fuite.</p> <p>Les déchets métalliques et les produits encombrants seront disposés dans des conteneurs adaptés et repris régulièrement par des entreprises spécialisées chargées de leur élimination.</p> <p>Les autres déchets non valorisables seront stockés dans des conteneurs et envoyés vers un centre d'enfouissement technique adapté.</p>		
<p>Incidence(s) ciblée(s)</p> <p>Limitation de la pollution dans l'air et dans les sols.</p>		
<p>Coût estimatif</p> <p>Intégré au projet.</p>		
<p>Modalité(s) de suivi</p> <p>Vérification de la conformité de la réalisation du projet avec les éléments prévisionnels figurant dans le dossier de demande.</p> <p>Vérification de l'absence de rejet par des mesures adaptées.</p>		

8.1.4 E4 : Diminution de la surface de défrichement

E4.1b E4.2b	Faune & Flore, Cadre de vie	Évitement des populations connues d'espèces protégées ou à fort enjeu et/ou de leurs habitats
----------------	-----------------------------	---

E4 : Diminution de la surface de défrichement

Description

Différents scénarios ont été proposés et étudiés tant au niveau technique qu'en terme d'impact environnemental, afin de choisir le tracé de conduite dont l'impact environnemental est le plus faible. Ainsi, la surface de défrichement est passée de 4095 m² à 3898 m². À noter que cette surface ne comprend pas uniquement des zones boisées mais aussi des zones de friches sur lesquelles il n'y a pas d'enjeux environnementaux particuliers.

Le tracé de l'emprise alternative 1 passe dans la ripisylve et n'a pas été retenu pour cette raison (Cf. Figure ci-dessous).

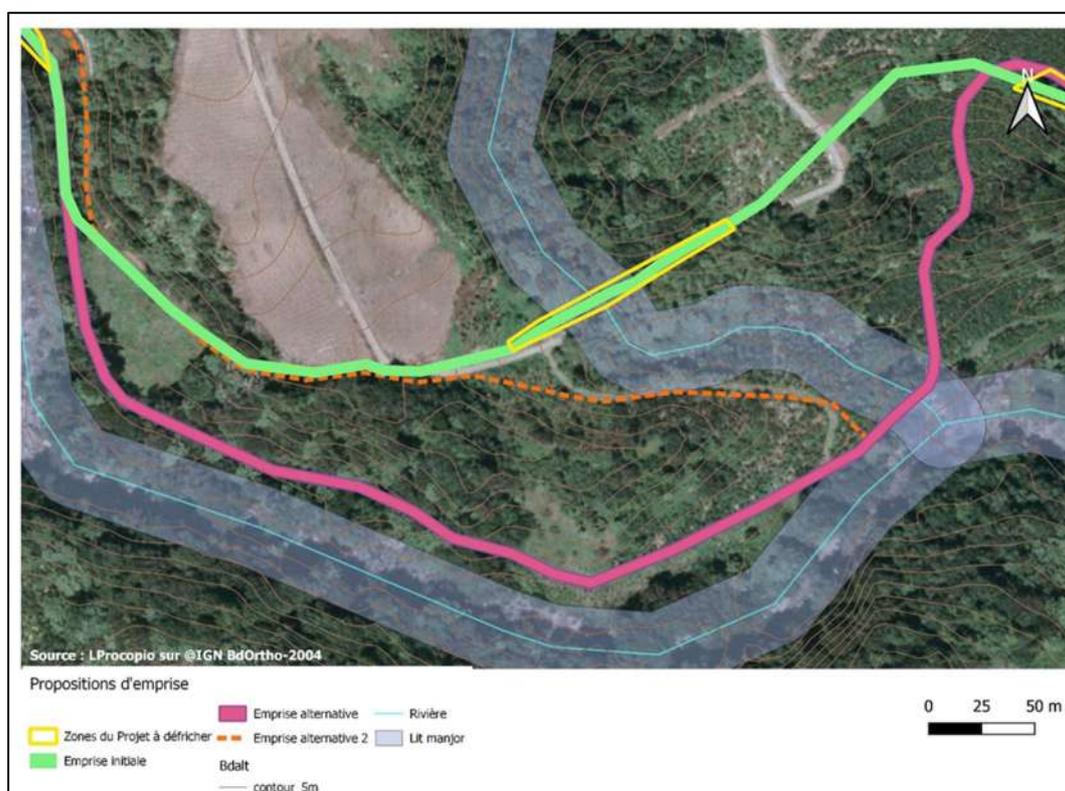


Figure 53 : Emprise initiale (vert) et premières emprises alternatives proposées (rose et orange) pour le passage de la ravine Guy Balaou

Le tracé initial et celui de l'emprise alternative 2 entre les zones 3 et 4 au niveau de la ravine Guy Balaou évitent les boisements, les zones humides et l'espèce végétale *Dussia martinicensis*, classée vulnérable (Cf. Figure ci-dessous).

E4.1b E4.2b	Faune & Flore, Cadre de vie	Évitement des populations connues d'espèces protégées ou à fort enjeu et/ou de leurs habitats
----------------	-----------------------------	---

E4 : Diminution de la surface de défrichement

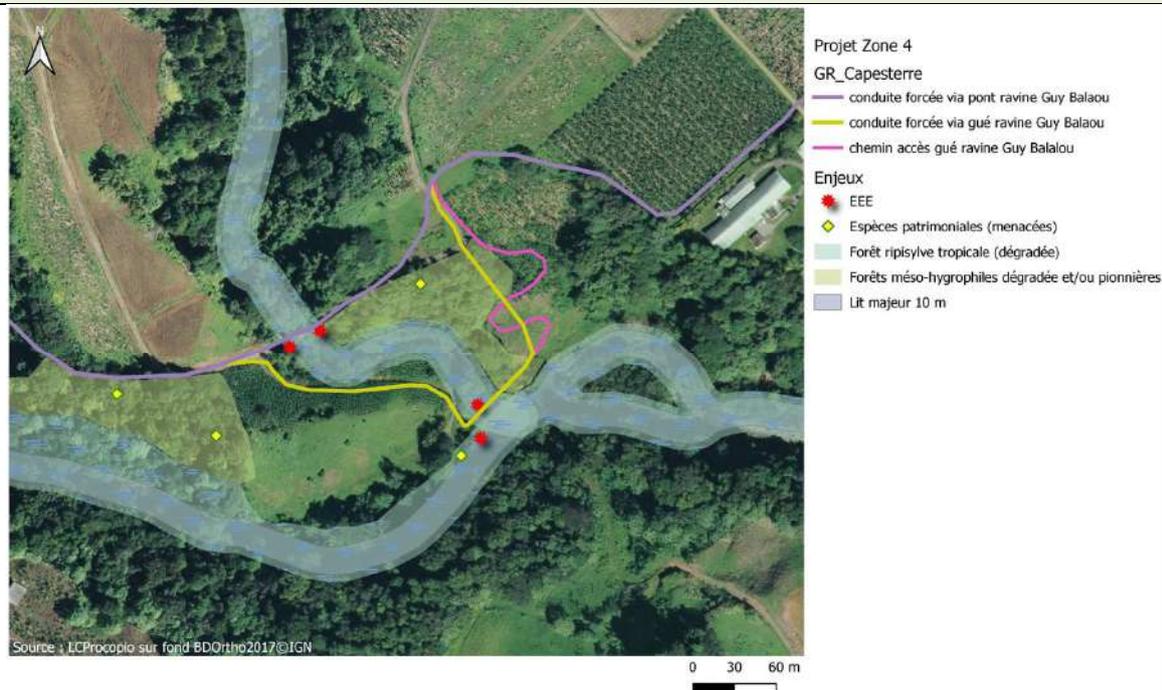


Figure 54 : Emprise alternative modifiée pour éviter les habitats à enjeux et les espèces patrimoniales

Finalement, ce tracé modifié évite la plupart des zones à enjeux détectées lors de l'état initial en empruntant les chemins existants ou en passant à travers des champs ou pâtures ne nécessitant que peu de défrichement. Sur l'ensemble du projet, le nombre d'arbres abattus devrait être limité et la strate arbustive des zones défrichées devrait se reconstituer assez rapidement.

Incidence(s) ciblée(s)

Dérangement des chiroptères.
Mortalité chiroptères et avifaune.
Perte d'habitat patrimonial
Nuisances riveraines.

Coût estimatif

Intégré au projet.

Modalité(s) de suivi

Vérification du respect des prescriptions, engagements ;
Suivi des populations des espèces ou groupes d'espèces concernées (fréquentation, passage, reproduction, etc.).

8.2 Mesures de réduction

8.2.1 R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres

R2.1p R2.2o	Milieux naturels, Paysage	Gestion écologique temporaire des habitats dans la zone d'emprise des travaux
R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres		
Description		
<p>Lors de la pose des infrastructures en béton, en dehors des zones terrassées, la couverture végétale sera maintenue. Les zones qui visent à être défrichées le seront progressivement (défrichement étalé d'août à février, Cf. Mesure R15) en dehors de la période de reproduction pour l'avifaune forestière (Cf. Mesure R12) et d'octobre à février pour la zone 1 comprenant la prise d'eau.</p> <p>À l'issue des travaux de pose de la conduite forcée, un travail du sol et de remise en état du sol à base de terre végétale et de paillage pour favoriser un réensemencement naturel sera mis en œuvre pour la restauration des surfaces mises à nu lors travaux. En effet, un travail de décompaction du sol et de plantation de plantules d'espèces locales permettra un recouvrement naturel plus rapide du milieu.</p>		
Incidence(s) ciblée(s)		
Impacts sur le milieu naturel et paysage.		
Coût estimatif		
Intégré au projet.		
Modalité(s) de suivi		
<p>Contrôle régulier du chantier par un superviseur chantier à temps plein sur site et contrôles ponctuels par un coordinateur HSE.</p> <p>Registre d'entretien.</p> <p>Vérification du non développement des EEE tous les trimestres.</p>		

8.2.2 R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous

R2.2h	Milieux naturels	Dispositif de franchissement piscicole
R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous		
Description		
<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement de la prise d'eau projet <p>L'aménagement de la nouvelle prise d'eau comprend un ouvrage de continuité écologique en enrochements percolés présentant de multiples mini-bassins destinés à faciliter la remontée des poissons/ouassous. La majeure partie du débit réservé s'écoulera par la passe à poissons/ouassous afin de présenter une quantité d'eau suffisante pour la remontée des crustacés tout en limitant la vitesse de l'écoulement de l'eau qui pourrait les mettre en difficulté.</p> <p>Celui-ci devra être adapté aux individus de taille inférieure à 30 mm. De plus, le débit minimum biologique devra être fixé de manière à laisser une ressource en eau suffisante en aval de l'obstacle pour maintenir et optimiser le repeuplement en juvéniles de poissons et crustacés de l'amont de la rivière ainsi que la qualité de la ressource alimentaire pour les espèces de poissons et crustacés.</p>		

R2.2h	Milieux naturels	Dispositif de franchissement piscicole
-------	------------------	--

R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous

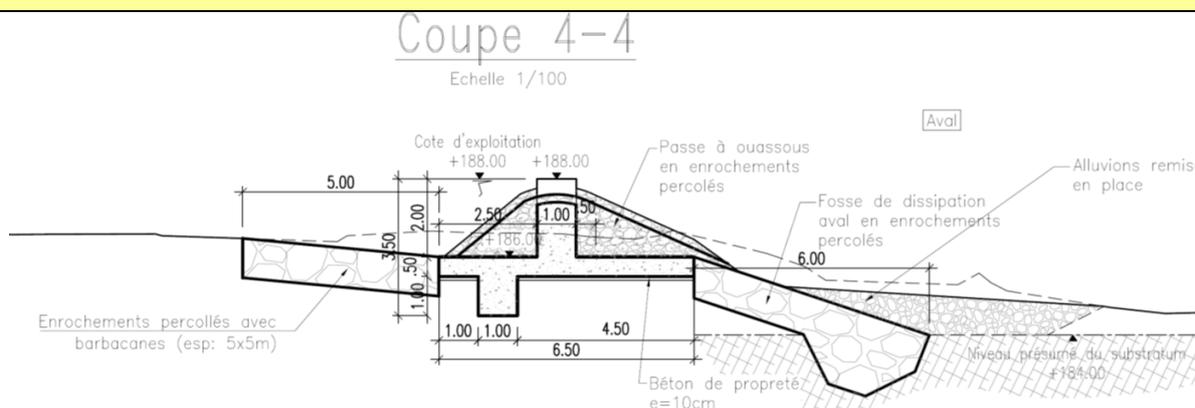


Figure 55 : Vue en coupe latérale de la passe à ouassous de la prise d'eau du projet (© VALOREM)

- **Proposition de plans pour la requalification environnementale de la prise d'eau de La Digue**

Suite à un endommagement de l'ouvrage survenu entre janvier 2021 et août 2021, la prise d'eau existante de La Digue pourra être consolidée.

En effet, l'ouvrage de La Digue est actuellement en forte dégradation, son radier aval étant déjà en grande partie détruit, comme le montrent les photos ci-dessous prises en janvier 2021 puis en août 2021.



Janvier 2021

Août 2021

Août 2021

Figure 56: Photos de l'ouvrage de La Digue illustrant la dégradation du radier (Source : © VALOREM)

Le porteur de projet n'étant pas propriétaire de la prise d'eau de La Digue, il ne peut pas réaliser les travaux de consolidation. Cependant, il a fourni des plans (de niveau Avant-Projet Sommaire) au SMGEAG pour la réalisation des travaux et l'intégration d'une passe à poissons/ouassous à l'ouvrage afin de rétablir la continuité écologique.

Ainsi, de par cette contribution du Maître d'Ouvrage, la réalisation du projet pourrait permettre de rétablir la continuité écologique au droit de la prise d'eau de La Digue.

Incidence(s) ciblée(s)

Impacts sur la continuité écologique.
Endommagement des ouvrages.

Coût estimatif

Intégré au projet.

Modalité(s) de suivi

R2.2h	Milieux naturels	Dispositif de franchissement piscicole
R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous		
Suivi de la faune aquatique en amont et en aval.		

8.2.3 R3 : Mise en place d'un débit réservé

R2.2i	Milieux naturels	Maintien d'un débit minimal biologique de cours d'eau
R3 : Mise en place d'un débit réservé		
Description		
<p>Afin de protéger les écosystèmes de rivières antillaises, il est essentiel d'y maintenir une ressource en eau suffisamment abondante. Ainsi, le débit minimal biologique à respecter est de 21%. En effet, l'étude réalisée par le bureau d'étude BIOS sur le débit minimal de la prise d'eau de La Digue a montré que la production d'un biofilm de haute qualité trophique sur 10% du tronçon exige un débit minimum de 21% du module.</p> <p>Le projet de VALOREM prévoit d'assurer le maintien d'un débit suffisamment important, en fonction des prescriptions de l'étude réalisée par BIOS, pour garantir un habitat suffisant sous les obstacles artificiels pour faciliter la montaison et la dévalaison des espèces.</p>		
Incidence(s) ciblée(s)		
Impacts sur la continuité écologique.		
Coût estimatif		
Intégré au projet		
Modalité(s) de suivi		
Suivi de la faune aquatique en amont et en aval		

8.2.4 R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques

Non défini	Milieux naturels, Paysage	Connaissances relatives aux caractéristiques géotechniques du site
R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques		
Description		
<p>Le site est concerné par un ensemble d'aléas naturels à enjeu fort. Ainsi, le projet a fait l'objet d'études géotechniques afin de préciser le risque lié à la liquéfaction, conformément au règlement du PPRN.</p> <p>Le porteur de projet devra s'assurer que le Bureau d'Études Technique en charge de la construction des infrastructures inféodées à la microcentrale hydroélectrique (prise d'eau, dessableur, conduite, bâtiment) respecte les dispositions concernant la construction, le drainage et le retrait-gonflement, émises par ces études géotechniques.</p> <p>Deux études géotechniques de type G1 et G2 ont été réalisées, notamment sur la zone de la centrale et du dessableur pour analyser le risque de liquéfaction et dimensionner les fondations adaptées. Aucun risque majeur n'a été identifié, les conclusions et préconisations devront être respectées par le porteur de projet.</p>		

Non défini	Milieus naturels, Paysage	Connaissances relatives aux caractéristiques géotechniques du site
R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques		
Incidence(s) ciblée(s) Impacts sur le milieu physique Risques sismiques		
Coût estimatif Dépendra des fondations en cours de dimensionnement par le géotechnicien.		
Modalité(s) de suivi Surveillance régulière des installations pour déceler les signes de déstabilisation. Rapport de synthèse de l'approfondissement des connaissances mené.		

8.2.5 R5 : Aménagement de la zone de restitution des eaux turbinées

R2.2m	Milieus naturels	Dispositif technique limitant les impacts sur la continuité hydraulique
R5 : Aménagement de la zone de restitution des eaux turbinées		
Description Afin d'éviter les travaux supplémentaires en rivière, le projet prévoit une restitution par des enrochements bétonnés permettant de diminuer la vitesse résiduelle de l'eau. Celle-ci peut se faire sans aménagement spécifique dans le lit du cours d'eau et consiste en la création d'une cascade artificielle dont le point de rejet est situé au-delà des plus hautes eaux estimées en ce point.		
		
<p>Figure 57: Détail du rejet de la centrale, vue en plan et coupe (Source : YETHY, 2021)</p>		

R2.2m	Milieus naturels	Dispositif technique limitant les impacts sur la continuité hydraulique
R5 : Aménagement de la zone de restitution des eaux turbinées		
<p>Cette cascade artificielle aura pour effet :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ De maintenir le libre écoulement des eaux de la rivière en ce point du fait de l'absence d'obstacle artificiel, ✓ D'éviter un affouillement dans le lit de la rivière, ✓ La création d'une « zone de casse-pression résiduelle » en dehors du lit de la rivière, sur la berge. Ce rejet sera composé à 100% du débit entrant, l'eau rejetée ne sera pas altérée et sa composition physico-chimique et bactériologique ne sera pas impactée, ✓ Une réoxygénation massive du cours d'eau liée au brassage d'eau permanent en ce point, ✓ L'impossibilité totale pour les espèces de remonter jusqu'à la turbine qui serait pour elles un « cul de sac ». 		
Incidence(s) ciblée(s)		
Impacts sur le milieu physique et le milieu naturel		
Coût estimatif		
Intégré aux coûts de construction et d'exploitation.		
Modalité(s) de suivi		
Vérification du respect des prescriptions.		

8.2.6 R6 : Insertion paysagère du bâtiment de la microcentrale

R2.2b	Paysage	Dispositif de limitation des nuisances envers les populations humaines
R6 : Insertion paysagère du bâtiment de la microcentrale		
Description		
<p>Afin de faciliter l'insertion paysagère du bâtiment de la microcentrale, les couleurs choisies pour sa construction seront à dominante verte pour la toiture, les façades seront peintes avec une teinte sable semblable à celle des roches présentes de part et d'autre de la rivière, les façades seront ajourées en partie haute et équipées de vantelles qui assureront la ventilation naturelle du local. L'une des façades comportera la porte d'entrée permettant l'accès aux installations.</p>		
Incidence(s) ciblée(s)		
Impacts sur le paysage		
Coût estimatif		
Intégré aux coûts de construction et d'exploitation.		
Modalité(s) de suivi		
Vérification du respect des prescriptions.		

8.2.7 R7 : Fonctionnement de l'installation à « sécurité positive »

Non défini	Milieu humain	Sécurité des installations
R7 : Fonctionnement de l'installation à « sécurité positive »		
<p>Description</p> <p>Le fonctionnement de l'installation est dit à « sécurité positive ». Il s'agit d'une action de sécurité qui s'effectue malgré la rupture de ligne avec le capteur dédié à prévenir un risque. Cela signifie qu'en cas de défaut électrique, hydraulique ou autre, la machine s'isole instantanément du réseau d'eau et du réseau EDF. Par exemple, une vanne hydraulique à sécurité positive se ferme en cas de coupure de réseau.</p> <p>Le redémarrage de l'installation ne sera possible que lorsque toutes les conditions de démarrage seront à nouveau réunies.</p>		
<p>Incidence(s) ciblée(s)</p> <p>Impacts sur le milieu humain</p>		
<p>Coût estimatif</p> <p>Intégré aux coûts de construction et d'exploitation.</p>		
<p>Modalité(s) de suivi</p> <p>Rapport de synthèse de la maintenance des infrastructures.</p>		

8.2.8 4R8 : Dispositif de limitation des nuisances envers les populations humaines

R2.2b	Bruit	Dispositif de limitation des nuisances envers les populations humaines
R8 : Dispositif de limitation des nuisances envers les populations humaines		
<p>Description</p> <p>La réglementation impose un bruit maximum de 85 dB maximum sur le chantier. En suivant la règle du bruit, il est possible en première approche d'évaluer la distance à laquelle le seuil de bruit passera à 45 dB (bruit d'un appartement normal, d'une conversation à voix normal).</p> <p>À 100 m du projet, le bruit sera environ de 45 dB, à 200 m il sera de 40 dB. (Attention : il ne s'agit pas d'une modélisation acoustique mais d'une première approche ne tenant pas compte de paramètres tels que le sens du vent, le relief, les éléments atténuateurs, ...). Les habitations les plus impactées sont situées à l'ouest, aux alentours du bâtiment de la centrale, à plus de 100 m.</p> <p>Un suivi de l'émergence au niveau de la centrale sera réalisé.</p> <p>En cas de dépassement de l'émergence aboutissant à une non-conformité, une isolation phonique sera installée au niveau du bâtiment.</p>		
<p>Incidence(s) ciblée(s)</p> <p>Impacts sur le cadre de vie</p>		
<p>Coût estimatif</p> <p>Environ 40 k€.</p>		
<p>Modalité(s) de suivi</p> <p>Suivi de l'émergence</p>		

8.2.9 R9 : Arrêt de la centrale lors des périodes de crues ou de forts étiages

R2.2m	Milieux naturels	Dispositif technique limitant les impacts sur la continuité hydraulique
R9 : Arrêt de la centrale lors des périodes de crues ou de forts étiages		
<p>Description</p> <p>La centrale hydroélectrique sera à l'arrêt 1/3 de l'année en moyenne. Les périodes d'arrêt de la centrale seront choisies en fonction du débit de la rivière.</p> <p>En période de crue, l'agitation mécanique du milieu engendre une mise en suspension de la matière, susceptible d'endommager les infrastructures, notamment la turbine. Ainsi, la prise d'eau sera fermée, il n'y aura aucun prélèvement d'eau et aucun passage d'eau dans la turbine et dans les conduites.</p> <p>En période d'étiage, l'habitat des macro-invertébrés de rivière et des poissons est considérablement réduit. Dans ce cas de figure, la prise d'eau sera également fermée, afin de ne pas amoindrir davantage l'habitat. De plus, les prélèvements d'eau potable restent prioritaires sur les prélèvements destinés à fournir de l'électricité. Les travaux d'entretien des infrastructures seront réalisés en priorité durant ces périodes d'étiage.</p> <p>En ces périodes spécifiques, l'hydrologie de la rivière demeurera inchangée.</p>		
<p>Incidence(s) ciblée(s)</p> <p>Impacts sur le milieu physique et le milieu naturel</p>		

R2.2m	Milieux naturels	Dispositif technique limitant les impacts sur la continuité hydraulique
R9 : Arrêt de la centrale lors des périodes de crues ou de forts étiages		
Coût estimatif Intégré aux coûts de construction et d'exploitation.		
Modalité(s) de suivi Vérification du respect des prescriptions.		

8.2.10 R10 : Limiter l'érosion des sols

R2.1e	Milieux naturels, paysage	Dispositif préventif de lutte contre l'érosion des sols
R10 : Limiter l'érosion des sols		
Description Afin de limiter la sensibilité des sols à l'érosion, les mesures suivantes seront prises : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Les terrassements seront réalisés préférentiellement en période sèche ; ✓ Les éventuels blocs instables seront enlevés ; ✓ Les eaux de ruissellement seront gérées dès la phase travaux afin de ne pas avoir d'impact ni sur le site, ni en aval du site. 		
Incidence(s) ciblée(s) Érosion des sols.		
Coût estimatif Intégré au projet.		
Modalité(s) de suivi Vérification du respect des prescriptions (dispositifs présents et conformes). Tableau de suivi des actions réalisées.		

8.2.11 R11 : Plan de circulation des engins de chantier

R2.1a	Milieux naturels, Paysage	Adaptation des modalités de circulation des engins de chantier
R11 : Plan de circulation des engins de chantier		
Description Un plan de circulation des engins est prévu afin de limiter les risques de destruction des sols. Ce plan intégrera également des dispositions visant à limiter les vitesses de circulation des engins sur les pistes d'accès.		

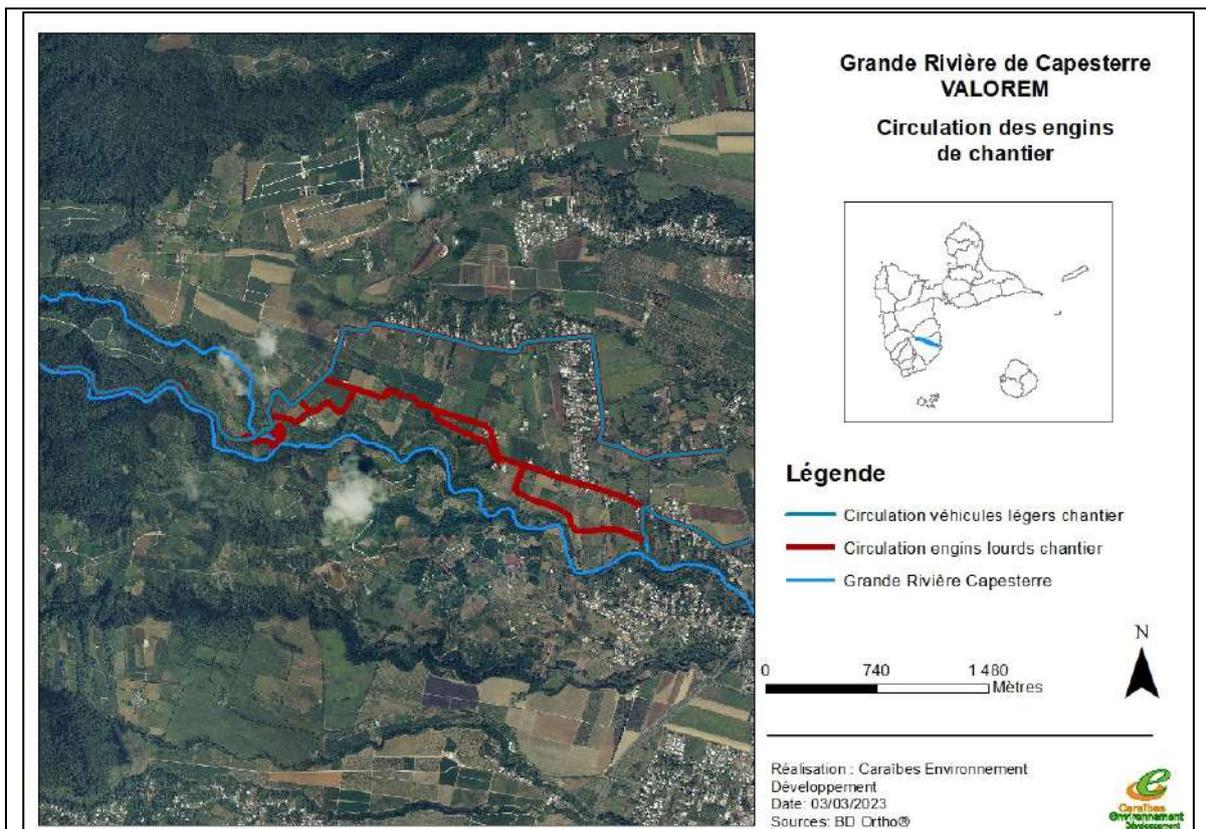


Figure 58 : Plan de circulation des engins de chantier

Les dispositions suivantes visent à limiter la perturbation du trafic routier, :

- ✓ Un plan d'accès au chantier sera réalisé et communiqué à toutes les personnes amenées à travailler sur le site. Le plan initial, ou ses révisions ultérieures, seront valables durant toute la durée du chantier ;
- ✓ Les insertions des accès au chantier seront signalisées et sécurisées. Des campagnes d'information cibleront spécifiquement les riverains et usagers des chemins d'accès afin de ne pas les bloquer ;
- ✓ Une communication sera réalisée auprès des riverains tout au long du chantier pour informer sur les différentes phases de travaux, les précautions à prendre et les nuisances ponctuelles à prévoir (sur le site, par voie de presse, par courrier, sur le site internet de la ville) ;
- ✓ De façon générale, les entreprises s'engagent à limiter les encombrements dus au stationnement des véhicules du personnel aux abords du chantier : des zones de stationnement dans l'enceinte du projet seront mises en place, sans divagation possible hors du chantier ;
- ✓ Les entreprises concernées s'engageront à sécuriser et éloigner les zones de stockage des produits polluants et dangereux des circulations publiques ;
- ✓ En cas de dégradation lors de la phase travaux, les routes seront remises en état en fin de chantier avec restauration des chaussées si nécessaire, réaménagement des accotements, etc. En cas de passage sur des chemins non stabilisés, les soubassements devront être renforcés. Ce renforcement sera maintenu après utilisation et pourra ainsi bénéficier aux exploitants agricoles locaux.

De plus, Valorem appliquera sa charte « chantier vert » et la fera appliquer aux entreprises retenues pour réaliser les travaux, intégrant les aspects suivants en termes de circulation des engins : respect des balisages, stationnement à la base vie, zones de croisement définies ou encore limitation de la vitesse maximum des véhicules de chantier.

R2.1a	Milieus naturels, Paysage	Adaptation des modalités de circulation des engins de chantier
R11 : Plan de circulation des engins de chantier		
<p>Incidence(s) ciblée(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Érosion du sol ✓ Atteinte à la qualité de la ressource en eau ✓ Qualité de l'air ✓ Nuisances sonores ✓ Dérangement du trafic et des autres activités 		
<p>Coût estimatif</p> <p>Intégré au projet.</p>		
<p>Modalité(s) de suivi</p> <p>Vérification du respect des prescriptions (actions réalisées et conformes) ;</p> <p>Travaux de parachèvement au même titre que les autres travaux d'aménagements paysagers du projet.</p>		

8.2.12 R12 : Travaux hors période de reproduction de l'avifaune pour le défrichement

R3.1a	Faune	Adaptation des périodes de travaux sur l'année																											
R12 : Travaux hors période de reproduction de l'avifaune pour le défrichement																													
Description																													
<p>Sur le site, pour réduire au maximum le dérangement et la destruction d'espèces protégées, les actions de défrichement s'effectueront pendant les mois où l'activité reproductrice est moindre. Il est donc recommandé de réaliser ces opérations d'août à février conformément au calendrier ci-dessous.</p>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>Jan.</th> <th>Fév.</th> <th>Mar.</th> <th>Avr.</th> <th>Mai</th> <th>Jui.</th> <th>Juil.</th> <th>Aoû.</th> <th>Sep.</th> <th>Oct.</th> <th>Nov.</th> <th>Déc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Période de travaux</td> <td style="background-color: #0056b3;"></td> <td style="background-color: #0056b3;"></td> <td colspan="5" style="text-align: center; color: red;">Reproduction oiseaux</td> <td style="background-color: #0056b3;"></td> </tr> </tbody> </table>			Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Période de travaux			Reproduction oiseaux										
Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.																	
Période de travaux			Reproduction oiseaux																										
<p>Les opérations de terrassement partiel des mornes pour le passage de la conduite forcée et du chemin d'accès créé dans la bananeraie de la zone 4 seront effectuées après le défrichement.</p>																													
Incidence(s) ciblée(s)																													
Destruction et/ou dérangement de la faune protégée.																													
Coût estimatif																													
Passage d'un écologue : 800€/j.																													
Modalité(s) de suivi																													
<p>Vérification du respect des prescriptions, engagements. Tableau de suivi des périodes de travaux ou d'exploitation sur l'année par secteur prévisionnel et réel. Suivi des populations des espèces ou groupes d'espèces concernées (fréquentation, passage, reproduction, etc.) et rapport de l'écologue.</p>																													

8.2.13 R13 : Repli et renaturation du chantier

R2.1r	Milieus naturels, Paysages	Dispositif de repli du chantier
R13 : Repli et renaturation du chantier		
Description		
<p>À l'issue du chantier, le maître d'œuvre se chargera de la suppression de pistes d'accès, de la déconstruction des installations temporaires, de tout système d'assainissement provisoire, de dispositif de dérivation temporaire de cours d'eau et de la remise en état des terrains concernés.</p>		
Incidence(s) ciblée(s)		
<p>Érosion du sol Atteinte à la qualité de la ressource en eau</p>		
Coût estimatif		
Intégré au projet.		
Modalité(s) de suivi		
Vérification du respect des prescriptions (actions réalisées et conformes).		

R2.1r	Milieus naturels, Paysages	Dispositif de repli du chantier
-------	----------------------------	---------------------------------

R13 : Repli et renaturation du chantier

Travaux de parachèvement au même titre que les autres travaux d'aménagements paysagers du projet.

8.2.14 R14 : Lutte contre les espèces exotiques envahissantes

R2.1f	Faune & Flore	Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes (actions préventives et curatives)
-------	---------------	---

R14 : Lutte contre les espèces exotiques envahissantes

Description

Afin d'éviter la prolifération d'espèces exotiques envahissantes (EEE), il est proposé durant la phase chantier de :

- ✓ Sensibiliser les équipes à l'ensemble des enjeux environnementaux de ce site permettant une bonne compréhension des interdits afin qu'ils soient respectés ;
- ✓ Éviter l'introduction sur le site de terre contaminée ;
- ✓ Mettre en place une surveillance pour suivre leur propagation (sensibilisation des agents d'entretien) ;
- ✓ Interdire la divagation dans les sous-bois et dans le cours des ravines et rivières ;
- ✓ Nettoyer les engins qui sont en contact avec les espèces invasives ;
- ✓ Replanter le plus rapidement avec des essences indigènes ;
- ✓ Prévenir tout risque d'introduction de maladie en s'assurant de la bonne qualité sanitaire des plantes ;
- ✓ Mettre en place une surveillance visuelle des secteurs sensibles après le chantier.

Durant la phase d'exploitation, des actions curatives pourront être entreprises selon le développement d'EEE : arrachages manuels ponctuels, éradication manuelle, traitement particulier des terres contaminées, des végétaux concernés, etc.

Une vérification du non développement des EEE sera effectuée au cours de cinq passages par un écologue durant la première année. En cas d'observation du développement d'EEE, un arrachage manuel des espèces cibles sera effectué.

Le Guide des espèces végétales exotiques envahissantes (EEE) de Martinique (DEAL Martinique, 2021) propose les techniques de lutte suivantes pour le Bambou commun :

- ✓ Coupe à la tronçonneuse des cannes jusqu'au ras du sol, suivi d'un ébranchage,
- ✓ Mise en place d'une bâche recouvrant les souches sur un rayon de 1,50 m autour de l'emprise de la touffe,
- ✓ Suivi des bâches à prévoir une fois par mois pendant les quatre premiers mois après l'intervention puis tous les trimestres pendant un an.

Leur traitement peut se faire par broyage des cannes sur place à l'aide d'un broyeur de végétaux.

Le reboisement de ce cours d'eau par des espèces locales juste après l'installation de la conduite est conseillé. La gestion et le contrôle des EEE doivent être réalisés sur la superficie à défricher pendant et après la mise en place du projet.

Incidence(s) ciblée(s)

Lutte contre les espèces exotiques potentiellement envahissantes.

R2.1f	Faune & Flore	Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes (actions préventives et curatives)
R14 : Lutte contre les espèces exotiques envahissantes		
Coût estimatif		
Intégré au projet. Suivi des EEE : Environ 4 000.00 € H.T/an.		
Modalité(s) de suivi		
Vérification du respect des prescriptions (dispositifs présents et conformes). Tableau de suivi des foyers d'implantation d'EEE (date, espèce, lieu, nombre de pieds/surface) et cartographie. Tableau de suivi des actions réalisées (arrachage manuel, etc.).		

8.2.15 R15 : Défrichage manuel et progressif

Non défini	Milieux naturels, Paysages	Gestion écologique des habitats dans la zone d'emprise du projet
R15 : Défrichage manuel et progressif		
Description		
<p>Les actions de défrichage seront réalisées manuellement et de manière progressive afin d'en limiter l'impact sur les populations faunistiques habitant les espaces boisés. De plus, cela laisse le temps aux espèces peu mobiles de migrer.</p> <p>L'abatage des arbres à enjeu pour l'avifaune et les chiroptères doit être réalisé de manière douce. Une reconnaissance doit être réalisée pour vérifier la présence/absence d'individus ou de gîtes à chiroptère et encadrer l'abatage d'arbres. Ainsi, le passage d'un écologue/naturaliste est prévu afin de vérifier l'absence/présence de reproduction d'espèces protégées en amont et le jour du défrichage pour suivre les opérations, ainsi que pour valider le choix des arbres à abattre.</p> <p>Plusieurs phases espacées de 15 jours sont à prévoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Élagage des gros arbres ; ✓ Abattage des gros arbres ; ✓ Abattage des arbustes ; ✓ Abattage de la strate herbacée et des fourrés. <p>Si des individus de l'espèce Sphérodactyle bizarre sont repérés, ceux-ci seront capturés à l'aide de pièges et déplacés en dehors de la zone (quelques mètres) avant la poursuite de l'abatage d'arbres.</p> <p>Dans ce cas, l'élagage et l'abatage de l'arbre devront être réalisés par des tronçonneuses manuelles ou électriques, les branches et troncs devront être retenus avec dépose au sol.</p>		
Incidence(s) ciblée(s)		
Impacts sur la biodiversité.		
Coût estimatif		
Passage d'un écologue : 800€/j.		
Modalité(s) de suivi		
Vérification du respect des prescriptions		

Non défini	Milieux naturels, Paysages	Gestion écologique des habitats dans la zone d'emprise du projet
------------	----------------------------	--

R15 : Défrichage manuel et progressif

Tableau de suivi des actions réalisées par secteur
Suivi de l'évolution du milieu

8.2.16 R16 : Dispositif de protection du milieu aquatique

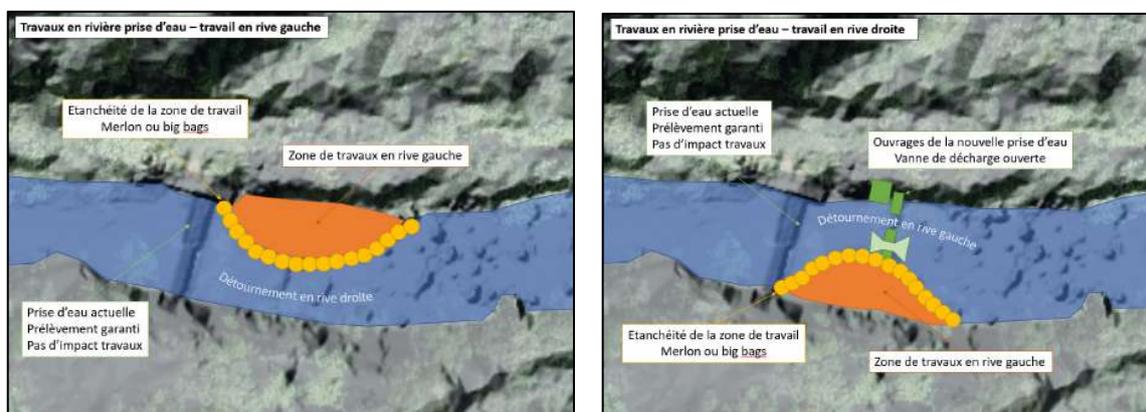
R1.1a/b	Milieux naturels, Paysages	Limitation / adaptation des emprises des travaux et installation de chantier
---------	----------------------------	--

R16 : Dispositif de protection du milieu aquatique

Description

Les travaux d'installation de la prise d'eau seront inévitablement réalisés au niveau du cours d'eau. Afin de supprimer toute contamination potentielle de la rivière (pollution, MES, hydrocarbures, ...) et tout impact sur les espèces aquatiques, les travaux seront réalisés à sec avec détournement des eaux en dehors de la zone de travaux, alternativement en rive gauche puis en droite. Cela permet de maintenir le libre écoulement des eaux de la rivière.

Tout dépôt ou stockage de matériaux et d'engins de travaux à proximité du lit de la rivière seront interdits (les prescriptions relatives à cette thématique sont développées dans la mesure E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols). À noter que la faible étendue des travaux en rivière et la limitation stricte du transit d'engins à même le lit de la rivière réduisent les risques d'émissions accidentelle de substances polluantes.



R1.1a/ b	Milieux naturels, Paysages	Limitation / adaptation des emprises des travaux et installation de chantier
-------------	----------------------------	--

R16 : Dispositif de protection du milieu aquatique

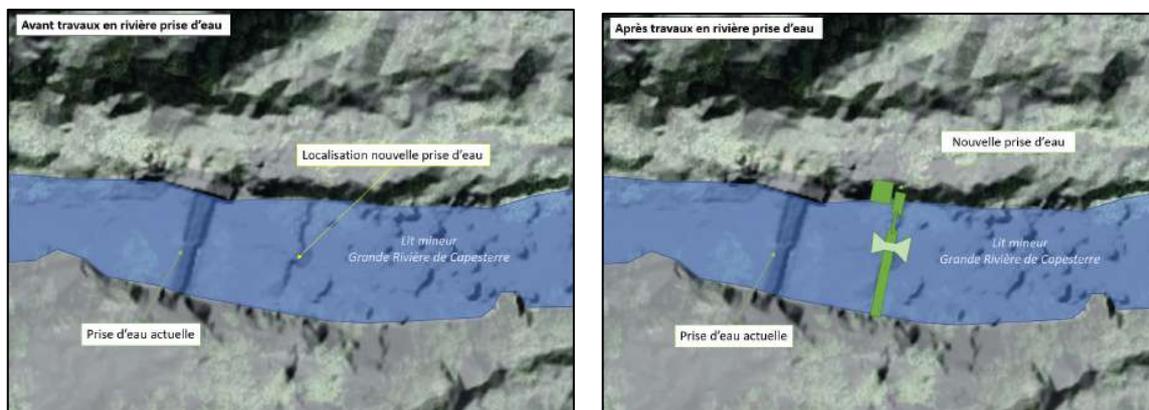


Figure 59 : Schémas des travaux en rivière (© Valorem)

Afin de limiter l'impact sur la faune aquatique, la totalité du débit du cours d'eau circulera d'amont en aval de la zone de chantier. Les conditions hydrologiques en amont et en aval de la zone localement batardeée seront donc identiques aux conditions naturelles. La réduction de l'emprise de la zone de mise à sec permet d'avoir une incidence minimale sur le substrat et le peuplement d'invertébrés aquatiques de la rivière et de favoriser un retour rapide des individus après les travaux.

Incidence(s) ciblée(s)

Impacts sur le milieu aquatique.

Coût estimatif

Intégré au projet.

Modalité(s) de suivi

Vérification du respect des prescriptions

Tableau de suivi des actions réalisées par secteur

Suivi de l'évolution du milieu

8.3 Mesures de compensation

8.3.1 Calcul du ratio de compensation

La difficulté des mesures de compensation repose sur le flou qui entoure le calcul des coefficients de compensation pris en compte pour pallier les dommages environnementaux générés par les projets d'aménagement. Selon le Guide de mise en œuvre de la compensation écologique (Andrakis et al, 2021), au moins trois catégories de méthodes sont à l'heure actuelle utilisées :

- ✓ **La méthode par ratio minimal** : Valable s'il existe un ratio déjà défini comme par exemple le ratio de compensation des zones humides défini dans le SDAGE.
- ✓ **La méthode d'équivalence par écart des milieux** : Méthode Merci-Cor adaptée au récifs coralliens.
- ✓ **La méthode d'équivalence par pondération** : Méthode Eco-Med adaptée aux enjeux des espèces patrimoniales.

C'est donc cette dernière méthode, qui utilise la valeur patrimoniale des espèces, les impacts sur ces taxons et l'efficacité des mesures, qui semble adaptée à la situation.

8.3.1.1 Utilisation de la Formule Eco-Med

Formule Eco-med (Andreadakis et al, 2021 ; Vellot et al, 2020.)

Ratio de compensation = $0,1875 * SC + 0,25$

Avec $SC = \sqrt[2]{F1 * F2} * \sqrt{(F3 + F4 + F5 + F6) * (F7 + F8 + F9 + F10)}$

- **F1 = Enjeu Local de Conservation**

Enjeu Local de Conservation (F1)	
Très faible	0
Faible	1
Modéré	2
Fort	3
Très fort	4

- **F2 = Importance de la zone d'étude pour la population locale**

Ce critère prend en compte le rôle de la zone d'étude et la zone d'emprise du projet pour le maintien de l'espèce localement. Ainsi, les fonctionnalités écologiques assurées par la zone du projet pour chaque espèce évaluée sont prises en compte au travers de cette variable. L'importance de la zone d'étude a été évaluée de la façon suivante :

Faible = Zone d'étude utilisée occasionnellement ou ne jouant pas un rôle important (ex : zone de transit et d'alimentation bien représentée dans le secteur géographique).

Modérée = Zone d'étude où l'ensemble du cycle biologique de l'espèce considérée a lieu, la physionomie des habitats d'espèces est peu représentée au niveau local et la connexion avec d'autres populations connues reste faible.

Forte = Zone d'étude essentielle au maintien de la population locale (ex : unique site de reproduction, zone principale d'alimentation, gîtes).

Très forte = Zone d'étude indispensable au maintien de la population régionale ou nationale.

Importance de la zone d'étude (F2)	
Faible	1
Modéré	2
Fort	3
Très fort	4

- **F3 = Nature de l'impact résiduel**

Nature de l'impact résiduel (F3)	
Dérangement hors période de reproduction	1
Dérangement période de reproduction/Altération ou destruction d'habitats	2
Destruction d'individus	3

- **F4 = Durée de l'impact**

Durée de l'impact (F4)	
Impact à court terme	1
Impact à moyen terme	2
Impact à long terme	3
Impact irréversible	4

- **F5 = Surface de l'espèce ou nombre d'individus impactés par rapport à la population locale**

Surface ou population impactées	
$S/S(t)$ ou $N/N(t) < 15 \%$	1
$15 \% < S/S(t)$ ou $N/N(t) < 30 \%$	2
$30 \% < S/S(t)$ ou $N/N(t) < 50 \%$	3
$S/S(t)$ ou $N/N(t) > 50 \%$	4

Avec S : surface d'habitat de l'espèce impactée

S(t) : surface approximative totale de l'espèce au niveau de l'entité biogéographique

N : nombre d'individus impacté et N(t) : nombre d'individus approximatif total de la population locale).

- **F6 = impact sur les éléments de continuités propres l'espèce**

Les continuités écologiques permettant la circulation de la population d'une espèce peuvent être affectées par le projet provoquant l'isolation et donc la régression de la population concernée.

Impact continuité écologique	
Impact faible	1
Impact modéré	2
Impact fort	3

- **F7 = Efficacités des mesures compensatoires proposées**

Les mesures compensatoires doivent proposer en plus de la maîtrise foncière, des mesures de gestion favorables aux espèces impactées avec le plus souvent, des opérations de réhabilitation d'habitats favorables pour ces taxons qui font appel à du génie écologique. Les techniques proposées doivent reposer sur les réalités du terrain ainsi que sur les retours d'expérience in situ.

Efficacité des mesures proposées	
Méthode de gestion déjà éprouvée et efficace	1
Méthode de gestion déjà testée mais incertaine	2
Méthode de gestion non expérimentée et incertaine	3

- **F8 = Equivalence temporelle**

Cette notion importante, notamment lorsqu'il s'agit d'espèces vulnérables, prend en compte l'écart de temps entre l'impact réalisé et l'efficacité de la compensation. Ainsi, pour du reboisement, il est conseillé si possible de commencer le plus en amont possible pour réduire cet indice.

Equivalence temporelle	
Compensation effectuée avant les travaux et dont l'efficacité est perceptible en même temps que les impacts du projet	1
Compensation effectuée simultanément aux travaux et dont l'efficacité est perceptible à court terme après les impacts du projet	2
Compensation effectuée après les travaux et dont l'efficacité sera perceptible bien après les impacts du projet	3

- **F9 = Equivalence écologique**

Il s'agit de voir si les spécificités des taxons impactés sont pris en compte dans les mesures de compensation proposées ainsi que l'importance des dommages occasionnés.

Equivalence écologique	
Compensation visant l'ensemble des dommages occasionnés à une espèce	1
Compensation visant partiellement l'ensemble des dommages occasionnés à une espèce	2
Compensation visant difficilement les dommages occasionnés à une espèce.	3

- **F10 = Equivalence géographique**

La proximité des mesures de compensation sera d'autant plus efficace et pertinente si elles se situent dans le même espace biogéographique.

Equivalence géographique	
Compensation effectuée à proximité immédiate du projet	1
Compensation effectuée à une distance respectable du projet	2
Compensation effectuée à une grande distance de la zone du projet.	3

8.3.1.2 Coefficient de compensation selon les taxons patrimoniaux

Les coefficients obtenus vont dépendre de l'impact du projet sur les populations des taxons patrimoniaux. Pour un Enjeu Local de Conservation équivalent, il pourra différer.

Dans le tableau ci-dessous, la surface concernée correspond au croisement de l'aire de répartition de l'espèce sur la zone d'étude et de l'emprise du projet. La surface de compensation est obtenue en multipliant le ratio de compensation et la surface concernée.

Le tableau ci-dessous présente les surfaces de compensation associées à chaque espèce dans l'ordre décroissant. Ces surfaces ne sont pas cumulables, seule la plus grande surface est conservée dans le cadre de la dérogation espèces protégées, considérant que l'espèce associée à cette surface, le Pic de la Guadeloupe, est une espèce parapluie, les mesures de compensation prises devraient donc profiter aux autres taxons patrimoniaux.

Nom vernaculaire	ELC	Habitat	Ratio de compensation	Surface concernée (m ²)	Surface compensation (m ²)
Monophylle des Petites Antilles	Fort	Forêt, corridors	3,9	2392	9329
Murin de la Dominique	Modéré	Forêt, corridors	3,06	2392	7320
Ardops des Petites Antilles	Modéré	Forêt, corridors	2,85	2392	6817
Pic de la Guadeloupe	Modéré	Forêt, boisements	3,01	3446	10372
Hylode de la Martinique	Modéré	Forêt, boisements	2,62	2392	6267
Paruline caféïette	Modéré	Forêt	2,85	3446	9821
Sphérodactyle bizarre	Modéré	Litières, boisements	2,85	3330	9491
Natalide isabelle	Fort	Forêt, corridors	4,15	2184	9064
Martinet sombre	Fort	Espace aérien	2,3	2392	5502
Martinet chiquesol	Fort	Espace aérien	2,3	2392	5502
Hylode de Barlagne	Très fort	Berges boisées	5,02	1598	8022
Crécerelle d'Amérique	Modéré	Forêt, corridors, cultures	1,93	2392	4617

Nom vernaculaire	ELC	Habitat	Ratio de compensation	Surface concernée (m ²)	Surface compensation (m ²)
Faucon émerillon	Modéré	Forêt, corridors, cultures	1,75	2392	4186
Moucherolle gobemouche	Fort	Forêt	3,15	1636	5153
Sturnire de Guadeloupe	Très fort	Forêt	3,01	1636	4924
Noctilion pêcheur	Modéré	Berges, rivière, corridors	2,23	1598	3564
Bihoreau violacé	Modéré	Berges, corridors	2,37	700	1659

Appliqué au projet, la plus grande surface de compensation obtenue est de 10 372 m² pour le Pic de la Guadeloupe. Cette surface doit intégrer une maîtrise foncière, et des actions de gestion favorables aux taxons impactés : Lutte contre des EEE, Végétalisation du site, Aide à la propagation d'espèces patrimoniales, etc.

8.3.2 C1 : Réfection des voiries pour usage agricole et exploitation de l'AEP de La Digue

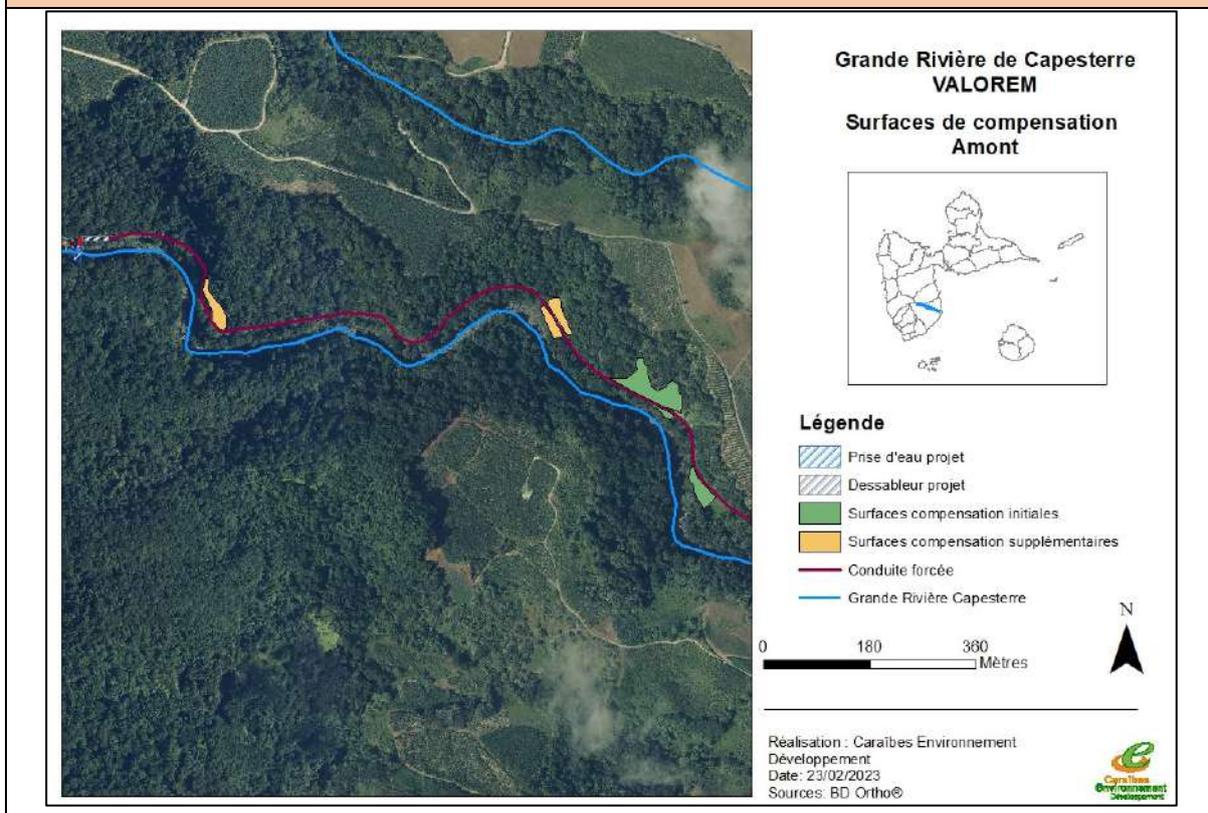
Non défini	Milieu humain, Paysages	Restauration des abords du site
C1 : Réfection des voiries pour usage agricole et exploitation de l'AEP de La Digue		
Description		
<p>À l'issue de la réalisation des travaux, les voiries destinées à l'usage agricole et l'exploitation de l'AEP de La Digue seront remises en état. De plus, les zones d'affouillement de la route seront consolidées et des travaux de sécurisation du pont Balaou pourront être entrepris si nécessaire.</p>		
Incidence(s) ciblée(s)		
Endommagement des ouvrages		
Coût estimatif		
Coûts estimés entre 100 et 300 k€ (selon les études géotechniques).		
Modalité(s) de suivi		
<ul style="list-style-type: none"> - État initial du site support de la mise en œuvre de la mesure compensatoire - Tableau de suivi des actions administratives nécessaires à la mise en œuvre de la mesure - Tableau des mesures de gestion et/ou d'entretiens réalisées 		

8.3.3 C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)

Indéfini	Milieux naturels, Paysages	Protection de la biodiversité
C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)		
Description		
<p>Le Maître d'Ouvrage dispose de conventions d'exclusivité avec les propriétaires des terrains pour trois parcelles comprises dans l'emprise du projet. Dans la cadre d'une compensation écologique, ces parcelles vont faire l'objet de reboisements et d'une mise en défens. Ces espaces conservés participeront ainsi au maintien de la Trame Verte et Bleue et accueilleront des actions de restauration écologique.</p>		

Indéfini	Milieus naturels, Paysages	Protection de la biodiversité
----------	-------------------------------	-------------------------------

C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)



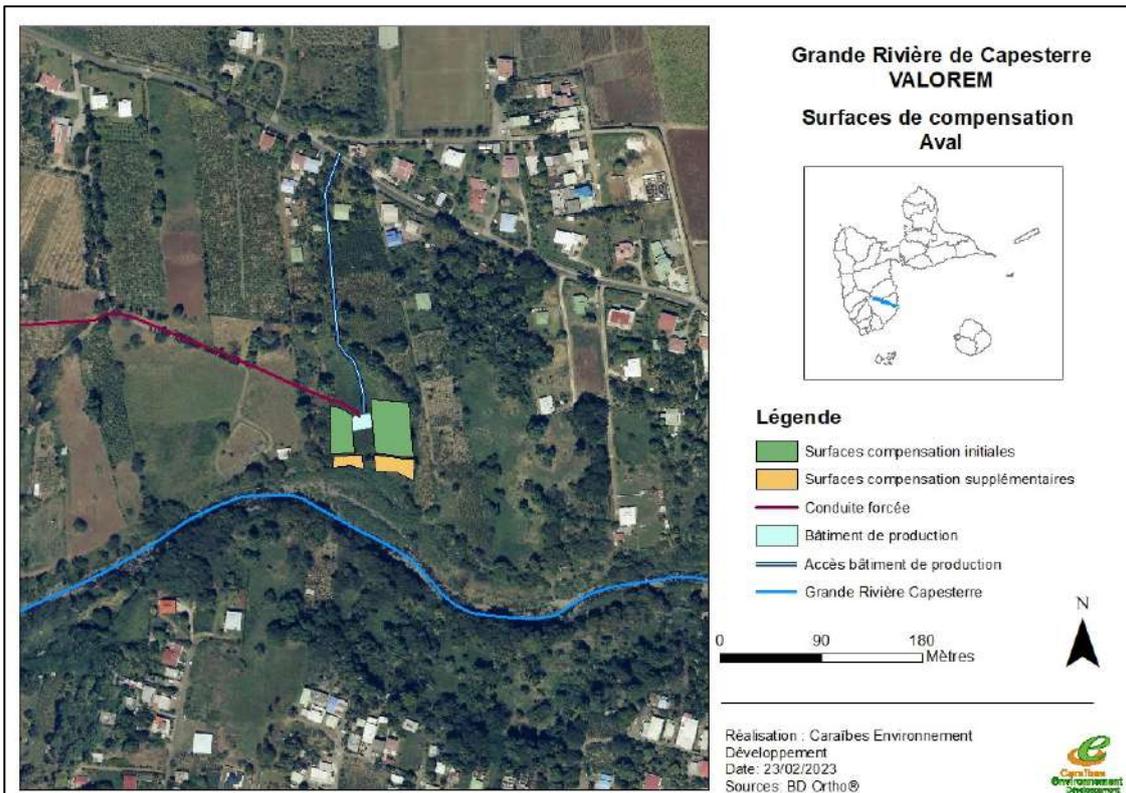


Figure 60 : Cartographies des parcelles disponibles pour de la compensation écologique ou une mise en défend

Le détail des parcelles disponibles pour des actions de compensation écologique est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 29 : Surfaces destinées à des actions de compensation

Zone n°	Surface (m ²)	Parcelle cadastrale	État
1	3 827	AC 25	Prairie détremmée, proche rivière
2	264	AC 25	Prairie détremmée, proche rivière
3	2395	AC 25	Prairie, proche rivière
4	1 661	AM 246	Ancien terrain cultivé, proche rivière
5	776	AM 246	Ancien terrain cultivé, proche rivière
6	764	AC 25	Ripisylve détruite par les crues, zone encombrée de roches
7	1 027	AC 25	Forêt et prairie détruite par les crues, zone encombrée de roches
8	1 338	AC 26	Broussailles endommagées par les crues
9	274	AM 246	Ripisylve détruite par les crues, zone encombrée de roches
10	520	AM 246	Ripisylve détruite par les crues, zone encombrée de roches

Indéfini	Milieus naturels, Paysages	Protection de la biodiversité	
C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)			
11	2 052	AC 24	Prairie, proche rivière, partiellement endommagée par les crues
12	495	AC 47	Ripisylve détruite par les crues, zone encombrée de roches
13	126	AC 25	Ripisylve
14	809	AC 47	Forêt
15	437	AC 47	Forêt
TOTAL	16 765		

Les parcelles supplémentaires proposées (6 à 10) ci-dessus pour de la compensation font suite au passage de la tempête Fiona en septembre 2022 qui a détruit une grande surface de la végétation présente sur les berges de la rivière.

- **État initial des surfaces de compensation initiales**

- Zones 1 et 2 : prairie et ripisylve

Cette prairie dégradée constitue une rupture de la continuité écologique. La ripisylve est également dégradée, l'état écologique de cette zone est donc insuffisant.



Figure 61 : Photos des zones 1 (à gauche) et 2 (à droite). (© VALOREM)

- Zone 3 : Prairie

Cette prairie déboisée et dégradée constitue une rupture de la continuité écologique, l'état écologique de cette zone est donc insuffisant.



Figure 62 : Photo de la prairie en zone 3 (© VALOREM)

- Zones 4 et 5 : Anciens terrains cultivés

Ces zones anciennement cultivées ne sont pas boisées ce qui implique une rupture de la continuité écologique. Les travaux de reboisement renforceront également l'habitat du Murin de la Dominique et du Monophylle des Petites Antilles qui ont été contactées à proximité.



Figure 63 : Photo des zones 4 et 5 (© VALOREM)

- **État initial des surfaces de compensation supplémentaires**
- Zones 6 et 7 : Ripisylve, forêt et prairie détruites par les crues

Ces espaces ont été complètement détruits par le passage de la tempête FIONA en septembre 2022. Après un travail de remise en état du sol, des travaux de reforestation seront réalisés. Ces actions seront bénéfiques aux espèces patrimoniales des différents habitats.

Indéfini	Milieux naturels, Paysages	Protection de la biodiversité
C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p><i>Figure 64 : Photos des zones 6 et 7, détruites lors du passage de la tempête FIONA en septembre 2022 (© VALOREM)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Zone 8 : Berge endommagée par les crues <p>Ces espaces ont été complètement détruits par le passage de la tempête FIONA en septembre 2022.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zones 9 et 10 : Ripisylve dégradée <p>Ces espaces ont été complètement détruits par le passage de la tempête FIONA en septembre 2022. Après un travail de remise en état du sol, des travaux de reforestation seront réalisés. Ces actions seront bénéfiques aux espèces patrimoniales des différents habitats.</p> <p>Les peuplements forestiers seront renforcés avec des peuplements indigènes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Préparation du terrain <p>Réalisation de layons, désherbage par bandes à la débroussailleuse ou de façon aléatoire (2 pas entre chaque arbre et chaque bande). Mettre en défens les plantations (clôture) afin d'éviter les dégâts importants pouvant être commis par du bétail errant. Les éventuels déchets au sein de la zone seront traités et valorisés via les filières adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plantation <p>Achat de plants directement en pépinière. Réalisation de trous à la tarière et mise en place des plants de différentes strates (arbres et arbustes).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entretien régulier <p>À adapter selon le développement de la végétation herbacée concurrente et les lianes. Celui-ci sera à réaliser tous les deux mois à la débroussailleuse et à la main au plus près des plants afin de ne pas les endommager, au minimum pendant 3 ans.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suivi <p>Remplacement des plants morts pendant 5 à 10 ans (environ 5%/an) et avis d'expert sur l'état de la plantation afin d'optimiser sa réussite.</p>		
<p>Incidence(s) ciblée(s)</p> <p>Protection de la biodiversité</p> <p>Impact visuel depuis un périmètre immédiat à rapproché</p> <p>Sensibilisation des visiteurs</p>		

Indéfini	Milieux naturels, Paysages	Protection de la biodiversité
C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)		
Coût estimatif		
Coût des plants : 9 000.00 €		
Coût des plantations : 20 000.00 €		
Coût de l'entretien : 5 000.00 €/an		
Modalité(s) de suivi		
État initial du site support de la mise en œuvre de la mesure		
Tableau de suivi des actions administratives nécessaires à la mise en défens des parcelles cadastrales entourant la zone du projet		
Tableau détaillé des mesures de gestion et/ou d'entretien réalisées		

8.4 Mesures d'accompagnement

8.4.1 A1 : Visites pédagogiques organisées par VALOREM

A6.2b	Milieux naturels, Paysage, Air/Bruit	Déploiement d'actions de communication
A1 : Visites pédagogiques organisées par VALOREM		
Description		
VALOREM sera en charge de proposer des visites pédagogiques organisées au minimum une fois par an.		
Ces visites seront proposées au grand public, notamment aux écoles, afin d'expliquer les étapes du projet et de sensibiliser sur le développement des énergies renouvelables et en particulier l'hydroélectricité, ainsi que sur l'environnement local (faune/flore). Elles peuvent également être combinées à des visites d'autres centrales hydroélectriques, déjà régulièrement organisées par VALOREM.		
De plus, un affichage permanent est prévu pour alerter le public passant à proximité de la prise d'eau, de la rivière et de la centrale, du danger potentiel (risques de noyades ...).		
Coût estimatif		
2 000 € par visite organisée (à hauteur d'une visite par an minimum).		
Incidence ciblée		
Destruction ou dérangement de la faune et de la flore		
Communication / sensibilisation et diffusion des connaissances		
Modalités de suivi envisageables		
Tableau de suivi des actions réalisées.		

8.4.2 A2 : Solution de franchissement sécurisée et durable de la ravine Guy Balaou

Non défini	Milieux naturels, Paysage	Travaux de réfection des infrastructures routières à proximité du site
A2 : Solution de franchissement sécurisée et durable de la ravine Guy Balaou		
<p>Description</p> <p>La circulation étant dangereuse au niveau du pont de la ravine de Guy Balaou, les travaux suivants pourront être réalisés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réfection des fossés pour gestion des eaux pluviales, - Mise en œuvre de glissières routières tout le long de la descente et reprise des glissières sur le pont, - Griffage transversal de la route, - Confortement de la zone d'affouillement constaté à l'amont immédiat du pont. <p>Les travaux d'enfouissement des conduites seront réalisés à proximité du pont en dehors du lit majeur, évitant ainsi la zone humide.</p> <p>Si le confortement de la zone d'affouillement ne s'avérait pas suffisant, le pont pourrait être entièrement rénové.</p> <p>Par ailleurs, le passage par le gué en aval est également envisagé. Dans ce cas, un chemin sécurisé pour l'entretien des infrastructures et l'accès à la parcelle exploitée sera créé, en rive gauche.</p> <p>Ces deux alternatives se rejoignent sur l'évitement des zones humides à fort enjeux.</p>		
<p>Coût estimatif</p> <p>Coût estimatif en cours de chiffrage par une entreprise locale.</p>		
<p>Incidence ciblée</p> <p>Circulation dangereuse.</p>		
<p>Modalités de suivi envisageables</p> <p>Tableau de suivi des travaux.</p>		

8.4.3 A3 : Suivi écologique des espèces dont les espèces protégées

A4.1b	Milieux naturels, Paysage, Air/Bruit	Approfondissement des connaissances relatives aux espèces/habitats présents sur le site, aux paysages, à la qualité de l'air et aux niveaux de bruit
A3 : Suivi écologique des espèces dont les espèces protégées		
<p>Description</p> <p>Pour suivre l'évolution des peuplements de l'herpétofaune, des oiseaux et des chiroptères, des mesures de suivi sont proposées. Elles permettront, en fonction de l'évolution du site, d'évaluer les dynamiques de population des espèces patrimoniales. L'état initial pourra servir d'état zéro. La mutualisation des suivis (herpétofaune, avifaune, chiroptères) permettra de proposer un budget allégé pour l'ensemble sur deux saisons.</p>		

A4.1b	Milieux naturels, Paysage, Air/Bruit	Approfondissement des connaissances relatives aux espèces/habitats présents sur le site, aux paysages, à la qualité de l'air et aux niveaux de bruit
A3 : Suivi écologique des espèces dont les espèces protégées		
<ul style="list-style-type: none"> ● Suivi de l'herpétofaune <p>Espèces ciblées : Hylode de la Martinique, Sphérodactyle bizarre.</p> <p>Deux saisons : Saison sèche pour les reptiles (de février à avril) et saison humide pour l'Hylode : octobre, novembre.</p> <p>3 jours pour chaque saison : 6 jours.</p> <p>3 300 €/an</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Suivi de l'avifaune <p>Espèces ciblées : Oiseaux forestiers et espèces aquatiques à enjeux forts et modérés : 11 espèces.</p> <p>Deux saisons :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Saison de reproduction (mars à juin) avec des points d'écoute, une trentaine sur l'aire d'étude rapprochée. ✓ Saison de migration de juillet à octobre pour des espèces terrestres comme le Faucon émerillon. Ce dernier est indicateur de la structure du paysage : haies, zone ouverte, boisements, favorables aux passereaux, aux colombidés et aux chiroptères. <p>3 jours pour chaque saison : 6 jours.</p> <p>3 300 €/an</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Suivi des chiroptères <p>Espèces ciblées : Murin de la Dominique, Sturnire de Guadeloupe et Monophylle des Petites Antilles.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Saison sèche (février à avril) et saison humide (octobre novembre) ✓ Une dizaine de points d'écoute par saison sur au moins 3 nuits (nuit noire) <p>3 nuits pour chaque saison : 6 nuits.</p> <p>3 300 €/an</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Méthode <p>Les protocoles mis en place seront semblables à ceux développés par les experts pour la réalisation des inventaires de l'état initial de l'environnement. Ils permettront ainsi de comparer les données.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Périodicité <p>Il est proposé de réaliser les suivis selon la périodicité suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Année n+1 - Année n+2 - Année n+5 - Année n+10 - Année n+15 - Année n+20 <p>Année n+25</p>		

A4.1b	Milieux naturels, Paysage, Air/Bruit	Approfondissement des connaissances relatives aux espèces/habitats présents sur le site, aux paysages, à la qualité de l'air et aux niveaux de bruit
A3 : Suivi écologique des espèces dont les espèces protégées		
Ces suivis s'étendront aux surfaces dédiées à la compensation afin d'assurer la pérennité de ces mesures.		
<p>Coût estimatif</p> <p>3 300 €/an soit 23 100 € au total.</p>		
<p>Incidence ciblée</p> <p>Destruction ou dérangement de la faune protégée et de ses habitats.</p>		
<p>Modalités de suivi envisageables</p> <p>Suivi des populations des espèces ou groupes d'espèces protégées</p> <p>Rapport de suivi mené par l'ingénieur écologue</p>		

9 Synthèse des impacts et mesures

	Domaine	Phase	Enjeu	Effet	Incidence brute	Mesures	Incidence résiduelle	
Milieu physique	Géomorphologie	Travaux	Faible	Risque de tassement, érosion des sols, déstabilisation, polluant dans les sols et destruction de berges Effet négatif, modéré, ML/LT, direct	Faible	E1 : Utilisation des tracés existants R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres R10 : Limiter l'érosion des sols R13 : Repli et renaturation du chantier A2 : Solution de franchissement sécurisée et durable de la ravine Guy Balaou	Nulle	
		Exploitation		Aucun remaniement des sols ni terrassement Effet négatif, faible, MT/LT, direct		R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques C1 : Réfection des voiries pour usage agricole et exploitation de l'AEP de La Digue		
	Hydrologie	Travaux	Fort	Pollution accidentelle, érosion des sols, ruissellement, imperméabilisation des sols Effet négatif, modéré, CT/MT, direct	Forte	E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques R10 : Limiter l'érosion des sols R16 : Dispositif de protection du milieu aquatique	Faible	
		Exploitation		Aucun prélèvement et aucune retenue ne seront effectués Effet négatif, faible, MT/LT, direct	Modérée	R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous R3 : Mise en place d'un débit réservé R5 : Aménagement de la zone de restitution des eaux turbinées R9 : Arrêt de la centrale lors des périodes de crues ou de forts étiages		
	Climatologie	Travaux	Fort	Pollution de l'air au niveau local Effet nul	Nulle	E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols	Nulle	
		Exploitation		Lutte contre le changement climatique Effet positif, fort, LT, direct	Forte	Sans objet.	Positive	
	Aléas naturels	Travaux	Fort	Risque accentué de l'aléa inondation Effet négatif, faible, MT, indirect	Modérée	R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques R10 : Limiter l'érosion des sols R11 : Plan de circulation des engins de chantier	Faible	
		Exploitation		Aléas cyclonique, inondation, sismique et mouvement de terrain forts Effet négatif, faible, LT, indirect		R4 : Respect des prescriptions des études géotechniques		
	Milieu naturel	La Flore et ses habitats	Travaux	Modéré	Destruction d'habitats, surface de 2 392 m ² à défricher, propagation d'EEE Effet négatif, modéré, MT, direct	Modérée	E4 : Diminution de la surface de défrichement R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres R12 : Travaux hors période de reproduction de l'avifaune pour le défrichement R13 : Repli et renaturation du chantier R14 : Lutte contre les espèces exotiques envahissantes A2 : Solution de franchissement sécurisée et durable de la ravine Guy Balaou	Faible
			Exploitation		Les espaces déboisés pourront repousser. Pas d'incidence des activités de maintenance. Effet nul	Nulle	R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB)	Nulle

	Domaine	Phase	Enjeu	Effet	Incidence brute	Mesures	Incidence résiduelle	
Paysages et patrimoines	La Faune	Travaux	Modéré	Faune aquatique Modification temporaire du lit du cours d'eau et du débit Effet négatif, faible, CT, direct	Faible	E3 : Limiter les rejets de polluants dans l'air, l'eau et les sols R16 : Dispositif de protection du milieu aquatique	Nulle	
			Faible à Fort	Faune terrestre Nuisances pour la faune, suppression d'habitats naturels Effet négatif, fort, MT/LT, direct	Modérée à forte	E1 : Utilisation des tracés existants E4 : Diminution de la surface de défrichement R12 : Travaux hors période de reproduction de l'avifaune pour le défrichement R14 : Lutte contre les espèces exotiques envahissantes R15 : Défrichement manuel et progressif	Faible à modérée	
		Exploitation	Modéré	Faune aquatique Possibilité de rétablir la continuité écologique du cours d'eau Effet positif, fort, MT/LT, direct	Forte	Sans objet.	Positive	
			Faible à Fort	Faune terrestre Espèces terrestres pas ou très peu impactées par le projet en phase exploitation Effet négatif, faible à modéré, MT/LT, direct	Faible à Modérée	E2 : Évitement de la pollution lumineuse R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB) A1 : Visites pédagogiques organisées par VALOREM A3 : Suivi écologique des espèces dont les espèces protégées	Faible	
	Contexte paysager	Travaux	Modéré	Dépôts de boue sur la voirie, nuisance visuelle Effet négatif, faible, CT, indirect	Faible	R11 : Plan de circulation des engins de chantier R13 : Repli et renaturation du chantier	Nulle	
		Exploitation		Infrastructures non visibles depuis les habitations Effet négatif, faible, MT/LT, direct		E1 : Utilisation des tracés existants R6 : Insertion paysagère du bâtiment de la microcentrale R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres C1 : Réfection des voiries pour usage agricole et exploitation de l'AEP de La Digue C2 : Restauration de boisements et de la ripisylve et mise en défens d'espaces favorisant la continuité écologique (TVB) A1 : Visites pédagogiques organisées par VALOREM	Faible	
	Contexte patrimonial	Travaux	Faible	Projet en aire d'adhésion du PNG ; Pas de Monuments Historiques dans la zone d'implantation du projet Effet nul	Nulle	Sans objet.	Nulle	
		Exploitation						
	Milieu humain	Contexte socio-économique	Travaux	Fort	Fort pourvoyeur d'emploi local 15 ETP Effet positif, fort, MT/LT, direct	Forte	Sans objet.	Positive
			Exploitation		Développement des énergies renouvelables, économie pour la commune Effet positif, fort, MT/LT, direct			

	Domaine	Phase	Enjeu	Effet	Incidence brute	Mesures	Incidence résiduelle
	Urbanisme et occupation des sols	Travaux	Modéré à Fort	Implantation des infrastructures en zones A et N Effet négatif, faible à modéré, LT, direct	Faible à Modérée	R1 : Conservation de la couverture végétale et des arbres R2 : Mise en place d'une passe à poissons/ouassous	Faible
		Exploitation		Développement des énergies renouvelables Effet positif, modéré, MT/LT, indirect	Forte	Sans objet.	Positive
	Cadre de vie	Travaux	Fort	Nuisance sonore, déchets Effet négatif, fort, MT, direct	Modérée	E3 : Limiter le rejet de polluants dans l'air, l'eau et les sols R8 : Dispositif de limitation des nuisances envers les populations humaines	Faible
		Exploitation		Émergences sonores négligeables et conformes au code de la santé publique Effet négatif, faible, MT/LT, direct		R7 : Fonctionnement de l'installation à « sécurité positivé » R8 : Dispositif de limitation des nuisances envers les populations humaines	

10 Indicateurs

Le suivi du projet doit permettre d'examiner après son adoption :

- ✓ La correcte appréciation des incidences négatives identifiées au chapitre 6
- ✓ Le caractère adéquat des mesures ERC proposées
- ✓ L'apparition d'incidences négatives inattendues
- ✓ Le cas échéant, les modifications aux orientations du document et/ou les mesures correctives à prendre.

Il s'agit, en quelque sorte, d'élaborer des référentiels qui permettront à l'avenir d'observer rationnellement les implications du projet sur le territoire concerné et d'assurer la maîtrise de ses impacts.

Différents critères sont utilisés pour sélectionner les indicateurs en fonction de l'objectif recherché. Ils doivent notamment être :

- ✓ Pertinents vis-à-vis des objectifs recherchés. L'indicateur doit permettre d'aboutir à une prise de décision. Il doit donc être en relation directe avec la problématique et apporter une information directement utilisable dans la prise de décision ;
- ✓ Limités en nombre. Le but d'un indicateur est de réduire le volume des informations à prendre en compte dans le processus de prise de décision. Leur nombre doit donc être restreint de manière à permettre une manipulation aisée et à apporter seulement l'information nécessaire à la prise de décision. Utiliser un nombre trop important d'indicateurs risque de diluer leur efficacité, les priorités devenant confuses et les détails apportés inutiles pour les décideurs ;
- ✓ Compréhensibles, simples et non-ambigus. Il est important que les indicateurs retenus soient définis clairement de manière à ne pas prêter à confusion lors de leur interprétation ; réalisables techniquement et financièrement. Les indicateurs doivent être pratiques et réalistes. L'objectif étant la prise de décision, l'indicateur sélectionné ne doit pas nécessiter un laps de temps trop important pour son implémentation, ni s'avérer trop coûteux dans sa mise en œuvre sous peine d'être abandonné rapidement faute de moyens et donc de ne pas apporter la dimension temporelle qui lui est échue ;
- ✓ Mesurés à une échelle appropriée. L'intérêt d'un indicateur est de pouvoir suivre spatialement ou temporellement un phénomène. Par conséquent, l'échelle d'implémentation de l'indicateur doit permettre de suivre les variations du phénomène observé. Une échelle trop grande présente le risque de s'attacher à des détails et non pas à la nature même du phénomène. Une échelle trop restreinte risque de ne pas permettre d'observer les variations du phénomène considéré.

Le tableau ci-dessous énumère les indicateurs de suivi adaptés pour ce projet.

Indicateurs	Unité	Cartographiable / Quantifiable	Origine des données	Mode de calcul / suivi	État zéro (avant-projet)
1 – Surface végétalisée conservée	m ²	Carto. + quant.	Porteur de projet	Mesure de la surface Fréquence : avant et après mise en œuvre du projet	Défrichements sur 2 392 m ² .
2 – Nombre d'EEE présents sur site	Nb. d'esp.	Carto. + quant.	Naturaliste	Suivi floristique Fréquence : avant et après mise en œuvre du projet	Deux espèces exotiques envahissantes : <i>Bambusa vulgaris</i> dans les zones 3 et 4 et <i>Mimosa pigra</i> dans le lit majeur de la zone 9.
3 – Nombre d'espèces faunistiques remarquables se reproduisant et/ou présents sur le site	Nb. d'esp.	Carto. + quant.	Naturaliste	Suivi faunistique Fréquence : avant et après mise en œuvre du projet	ELC Très fort : Hylode de Barlagne, Sturnire de Guadeloupe ELC Fort : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Martinet sombre ✓ Martinet chiquesol ✓ Moucherolle gobemouche ✓ Monophylle des Petites Antilles ✓ Natalide isabelle

11 Description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement

Les incidences d'un projet sont dépendantes de deux paramètres :

- ✓ Les enjeux concernant le milieu impacté
- ✓ Les effets du projet

L'incidence du projet est la pondération de ces deux aspects.

Ainsi, un projet ayant des effets très négatifs sur un milieu sans enjeu n'aura pas d'impact significatif. De même, un projet ayant des effets négatifs sur un milieu avec un fort enjeu aura une incidence forte.

La présente étude applique le principe « éviter, réduire, compenser ». Ainsi, les mesures proposées dans le cadre de cette étude d'impact environnementale visent d'abord à éviter les incidences. Si l'incidence ne peut être évitée, il s'agit alors de la réduire. En dernier recours, si une incidence ne peut être ni évitée ni suffisamment réduite, il s'agira alors de proposer des mesures de compensation. La nature et l'ampleur des mesures sont pondérées aussi par l'intensité des incidences et la possibilité technique d'appliquer une mesure.

Par projection, chaque thématique a fait l'objet d'une évaluation des incidences potentielles, avec la définition de leur niveau, de nul à fort, afin de pouvoir hiérarchiser les thématiques les plus impactées par le projet, qu'il soit en phase chantier ou exploitation.

La rédaction des mesures consiste d'une part à la retranscription des évolutions du projet pour tenir compte des enjeux environnementaux de la zone d'étude, et d'autre part au renforcement des mesures en faveur de l'environnement durant les phases de chantier et d'exploitation.

12 Noms, qualité et qualifications du ou des experts de l'étude d'impact et des études ayant contribué à sa réalisation

ÉTUDE D'IMPACT				
Organismes	Noms	Qualités	Partie de l'étude concernée	Tâches
CARAÏBES ENVIRONNEMENT DÉVELOPPEMENT	Alexandre SOUNDIEUX	Responsable du Secteur Biodiversité et Stratégie Environnementale	Étude d'impact sur l'environnement	Rédaction et contrôle qualité de la mise à jour réglementaire de l'étude d'impact
	Margaux LACORNE	Ingénieure d'Études Écosystèmes et Biodiversité		Rédaction des parties manquantes de l'étude d'impact de 2007
ÉTUDES SPECIFIQUES				
Organismes	Noms	Qualités	Partie de l'étude concernée	Tâches
BIOS	Dominique MONTI	Docteur Hydrobiologie	Diagnostic Faune aquatique	Réalisation de l'état initial de la faune en rivière
	Gilles LEBLOND	Naturaliste	Diagnostic Faune terrestre	Réalisation des inventaires faunistiques
TAUARI	Lilian PROCOPIO	Naturaliste	Diagnostic Flore	Réalisation des inventaires floristiques

13 Annexes

Annexe 1 : Note de calcul – estimation des cotes des plus hautes eaux – Projet de centrale hydroélectrique de la Grande rivière de Capesterre, Guadeloupe ; VALOREM, Mars 2021

Annexe 2 : État initial avant aménagement prise d'eau de La Digue, Capesterre, Guadeloupe ; BIOS, 2021

Annexe 3 : Selectivity on epilithic diatom consumption for two tropical sympatric gobies : *Sicydium oubctatum* Perugia, 1986 and *Sicydium plumieri* (Bloch, 1786)

Annexe 4 : Inventaire floristique – Index des espèces observées sur le terrain par habitat

**Annexe 1 : Note de calcul – estimation des cotes des plus hautes eaux –
Projet de centrale hydroélectrique de la Grande rivière de Capesterre,
Guadeloupe ; VALOREM, Mars 2021**



Mars 2021

NOTE DE CALCUL

ESTIMATION DES COTES
DE PLUS HAUTES EAUX

PROJET DE CENTRALE HYDROELECTRIQUE
DE LA GRANDE RIVIERE DE CAPESTERRE,
GUADELOUPE



**GRANDE RIVIERE
ENERGIES**



**FORCE
HYDRAULIQUE
ANTILLAISE**

FORCE HYDRAULIQUE ANTILLAISE

512 route de Moléon – le Morin

Tél. 06 19 32 87 12

fha.guadeloupe@wanadoo.fr

Table des matières

Introduction	3
Données bathymétriques et topographiques	4
Données hydrologiques	5
Aire d'étude	5
Méthode de calcul	6
Modélisation	8
Résultats	9
Synthèse	12



Rédaction	Florian FESSOL	le 26/03/2021
Vérification	Julien LEMOINE	le 26/03/2021
Validation		

Introduction

Le bâtiment du projet de centrale de la Grande Rivière de Capesterre, en Guadeloupe, est prévu pour être installé à la cote 36 m NGG, sur la parcelle AM 246 de M. Forestal, rue de bois Riant, section Bois Debout, à Capesterre-Belle-Eau.

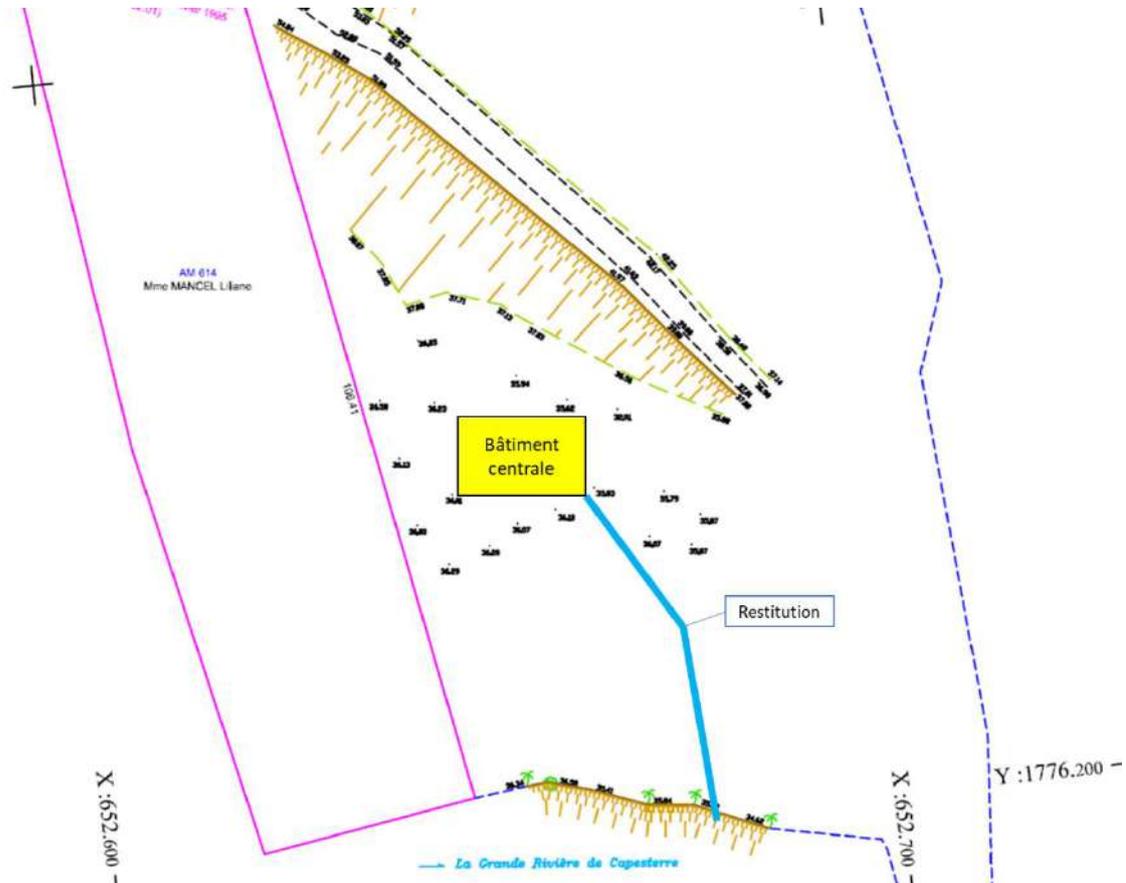
Nous ne disposons pas de l'historique des cotes de plus hautes eaux connues (PHEC) pour cet emplacement.

Cette note de calcul propose donc d'estimer la hauteur d'eau atteinte par la rivière au droit du bâtiment lors d'une crue de la centrale par une analyse de l'écoulement de la rivière sur une section proche de la centrale.

Données bathymétriques et topographiques

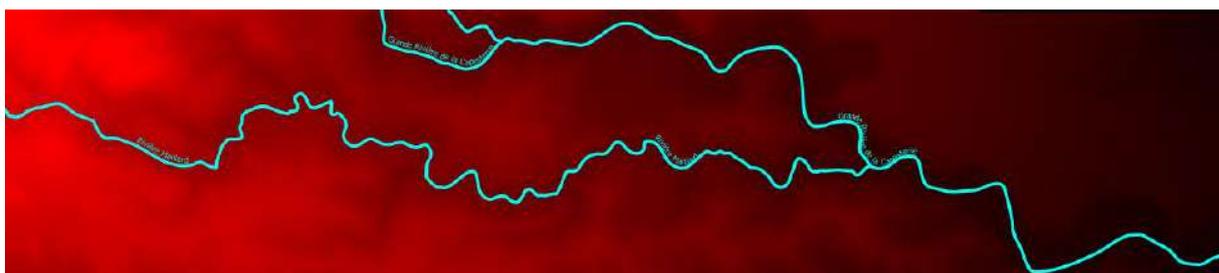
Emplacement centrale

Les relevés topographiques du terrain devant accueillir la centrale ont été effectués par le géomètre AXO le 24 novembre 2020. Ci-dessous ces relevés avec l'emplacement prévu de la centrale, cote 36 m NGG, et le canal ou conduite de restitution, cote 34 m NGG.



Bathymétrie/topographie rivière et rives aux alentours de la centrale

Nous disposons du modèle numérique de terrain (MNT) de l'IGN pour la zone étudiée, avec des carrés /pixels de 1 m de côté et une précision verticale de l'ordre de 70 cm. Cette précision peut être dégradée sur les pentes.



Données hydrologiques

Les données hydrologiques sont fournies par la banque hydro, pour la station située à la prise d'eau potable de la Digue, à la cote 180 m NGC. 37 années de relevés sont disponibles. Un rapport de bassin versant est effectué entre cette station et l'emplacement de la centrale pour estimer les débits de crues de la rivière au droit du bâtiment, avec un rapport de transposition de 1 (en cas de tempête tropicale, la quasi-intégralité des pluies ruisselle dans la rivière).

Les débits de crues fournis par la banque hydro ont été extrapolés par la méthode de Gumbel afin d'étudier les phénomènes de fréquences centennales et bi-centennales.

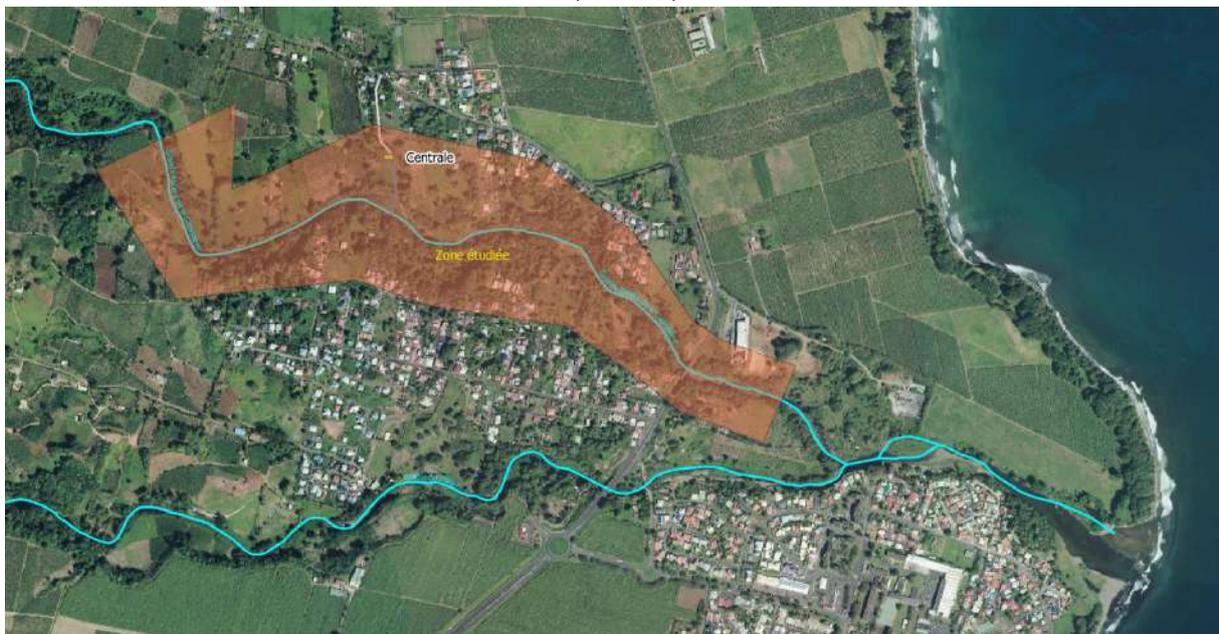
A été mesuré un débit de 317 m³/s le 14/10/2012, correspondant à la fréquence d'une crue cinquantennale.

La mesure de hauts débits aux stations hydro manque de précision, de par la difficulté de corréler les hauteurs d'eau aux débits sur les forts débits. A donc été choisi de travailler sur les valeurs hautes de ces estimations pour augmenter la sécurité du modèle.

	bassin Versant	Débits de crues						
		Bicentennale	Centennale	Cinquantennale	Vicennale	Décennale	Quinquennale	Biennale
Station hydro (Prise d'eau de la Digue)	16,2 km ²	391 m ³ /s	354 m ³ /s	317 m ³ /s	267 m ³ /s	229 m ³ /s	189 m ³ /s	129 m ³ /s
Au droit de la centrale	23,0 km ²	555 m ³ /s	503 m ³ /s	450 m ³ /s	379 m ³ /s	325 m ³ /s	268 m ³ /s	183 m ³ /s
A la première section transversale	22,7 km ²	548 m ³ /s	496 m ³ /s	444 m ³ /s	374 m ³ /s	321 m ³ /s	265 m ³ /s	181 m ³ /s

Aire d'étude

L'aire d'étude comprend la rivière de Capesterre et ses berges, 500 m en amont de la centrale et 1000 m en aval de la centrale, après le pont de la route nationale 1.



Méthode de calcul

Avec la connaissance des débits de crues, Les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement sont estimés le long de profils transversaux de la rivière par la formule de Manning-Strickler.

$$V = K_s R_h^{2/3} i^{1/2}$$

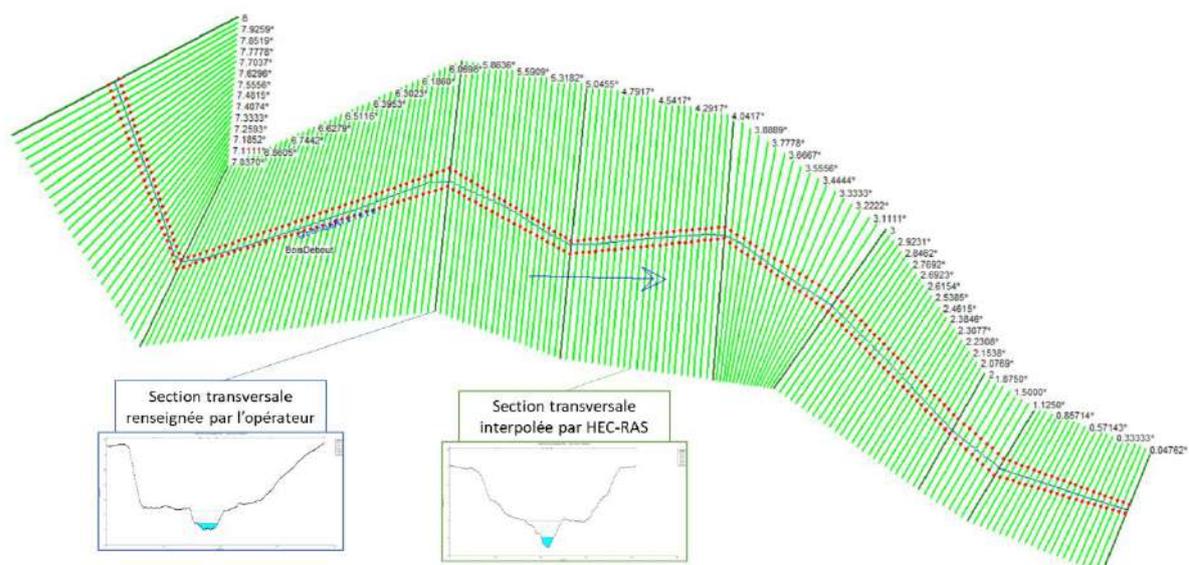
où :

- V est la vitesse moyenne de la section transversale (en m/s)
- K_s est le coefficient de Strickler
- R_h est le rayon hydraulique (m)
- i est la pente hydraulique (m/m)

L'utilisation de cette formule nécessite un certain nombre d'approximations, générant de l'incertitude. Il est en effet difficile de déterminer précisément la rugosité moyenne, et donc le coefficient de Strickler, pour une rivière naturelle. De plus, l'aire de la section varie généralement le long du cours d'eau.

Pour pallier cela, nous utilisons le logiciel HEC-RAS, qui exploite cette formule, mais qui prend en compte cette variation de section et peut interpoler les sections intermédiaires entre les sections enregistrées par l'opérateur.

NB. Le logiciel HEC-RAS résout l'équation 1D de Saint Venant par la méthode des différences finies. Ce modèle ne considère que la composante de la vitesse suivant le sens de l'écoulement. Il possède entre autres un module complémentaire de transport sédimentaire et de transport de polluants, qui ne seront pas exploités dans notre travail.

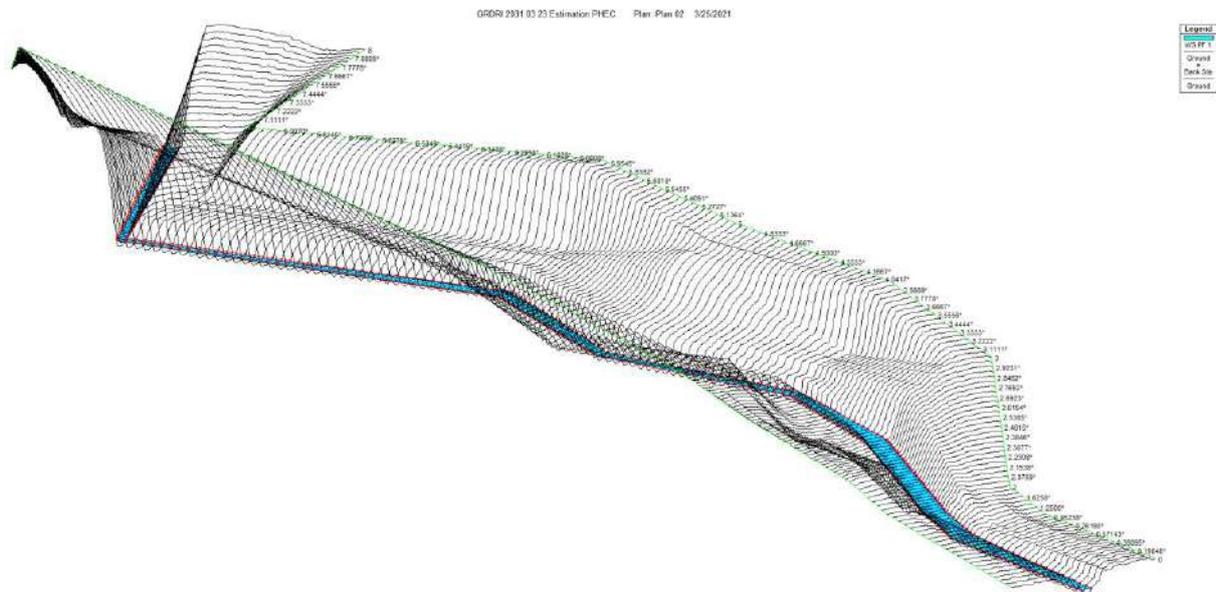


Les profils transversaux relevés sont choisis comme susceptibles d'impacter la ligne d'eau (méandre, section limitante, profil « effet seuil », ouvrages existants, etc.)



Modélisation

Les 9 profils transversaux caractéristiques et les pentes longitudinales associées sont extraits de la MNT depuis un logiciel de SIG et sont intégrés à HEC-RAS, qui interpole les profils intermédiaires. Lits de rivières et berges sont identifiés et se voient appliquer une rugosité différente.



Les pentes et coefficients de Manning choisis sont les suivants :

Pente	2%
Coef Manning rivière (rochers)	0,025
Coef Manning berges (végétation assez dense)	0,060

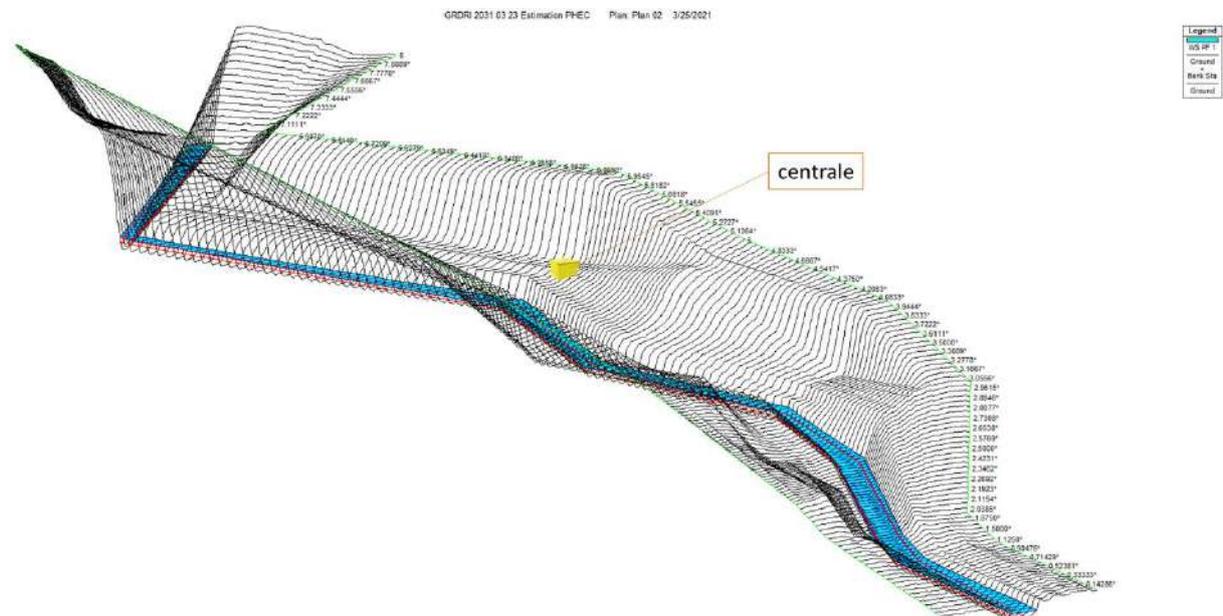
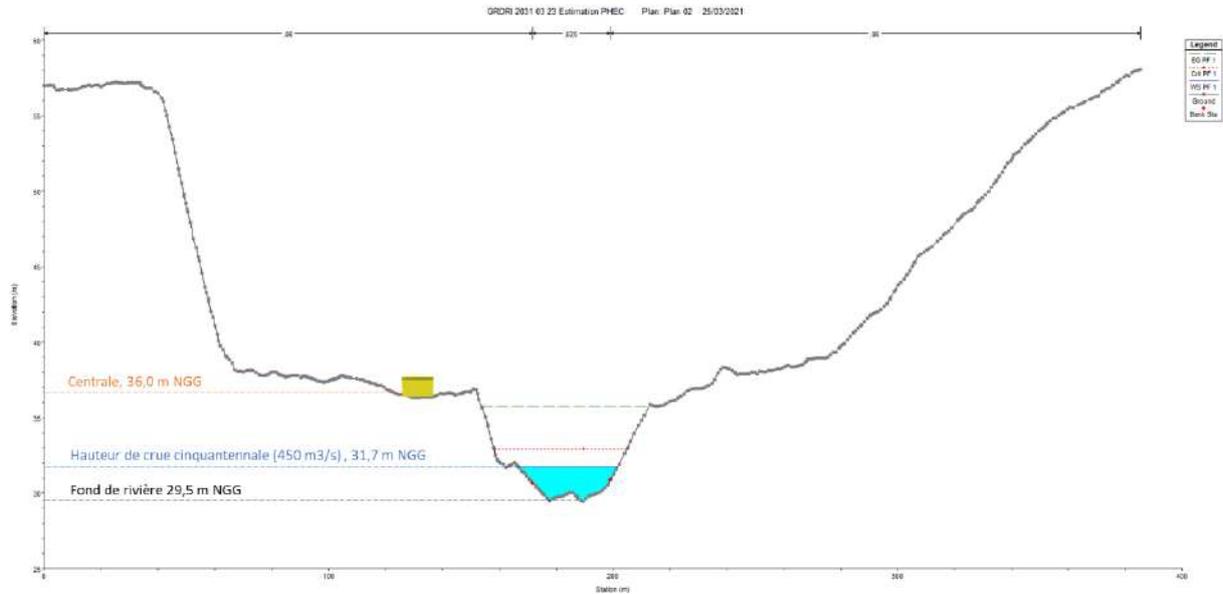
Les débits étudiés sont renseignés et un calcul en écoulement permanent et en régime torrentiel (supercritique) est effectué.

Résultats

Crue cinquantennale

Pour un débit maximal instantané de crue de 450 m³/s au droit de la centrale, **la centrale est hors d'eau de 4,3 m.**

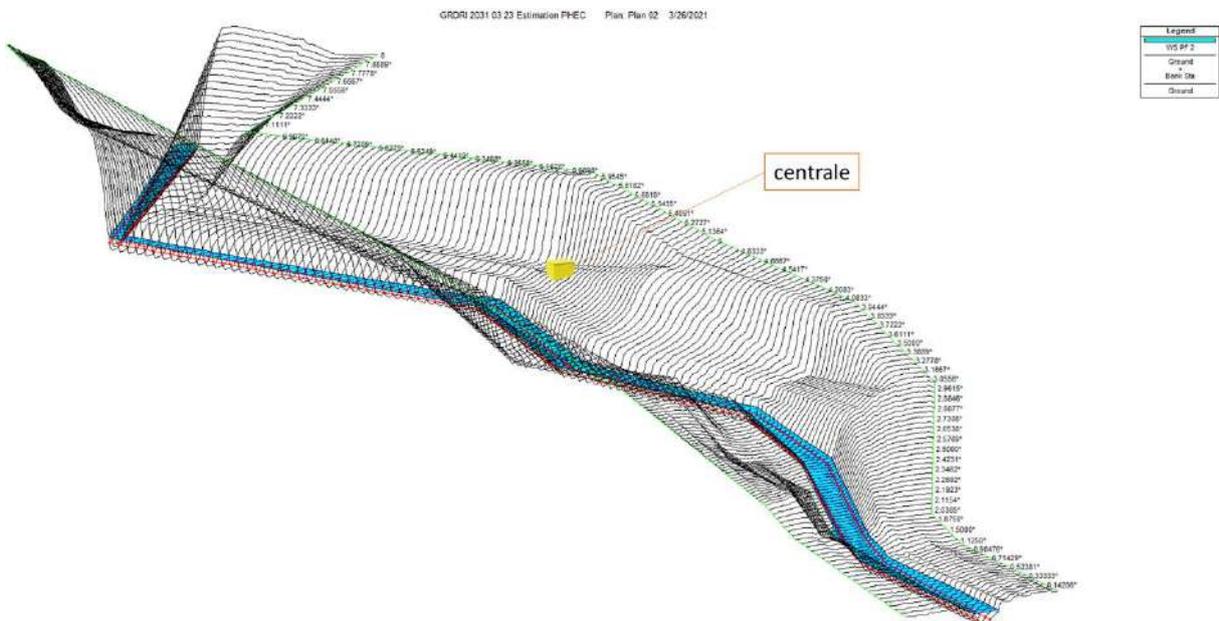
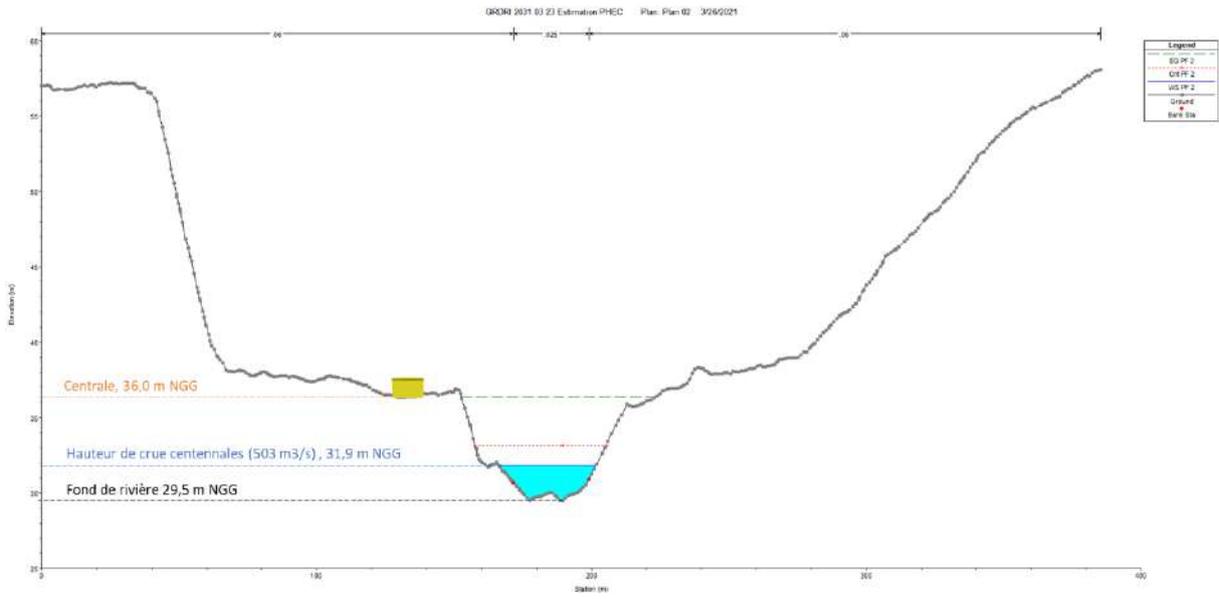
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
BoisDebout	5,9091*	PF 1	450.00	29.45	31.74	32.95	35.83	0.023591	9.02	53.04	35.48	2.15



Crue centennale

Pour un débit maximal instantané de crue de 503 m³/s au droit de la centrale, **la centrale est hors d'eau de 4,1 m.**

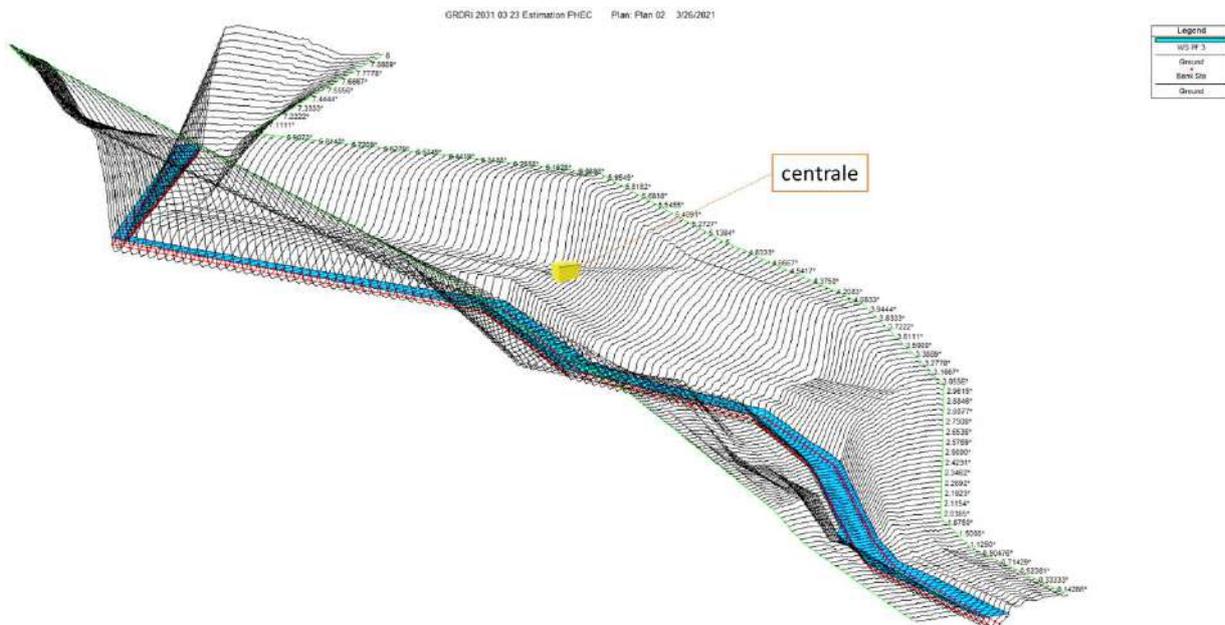
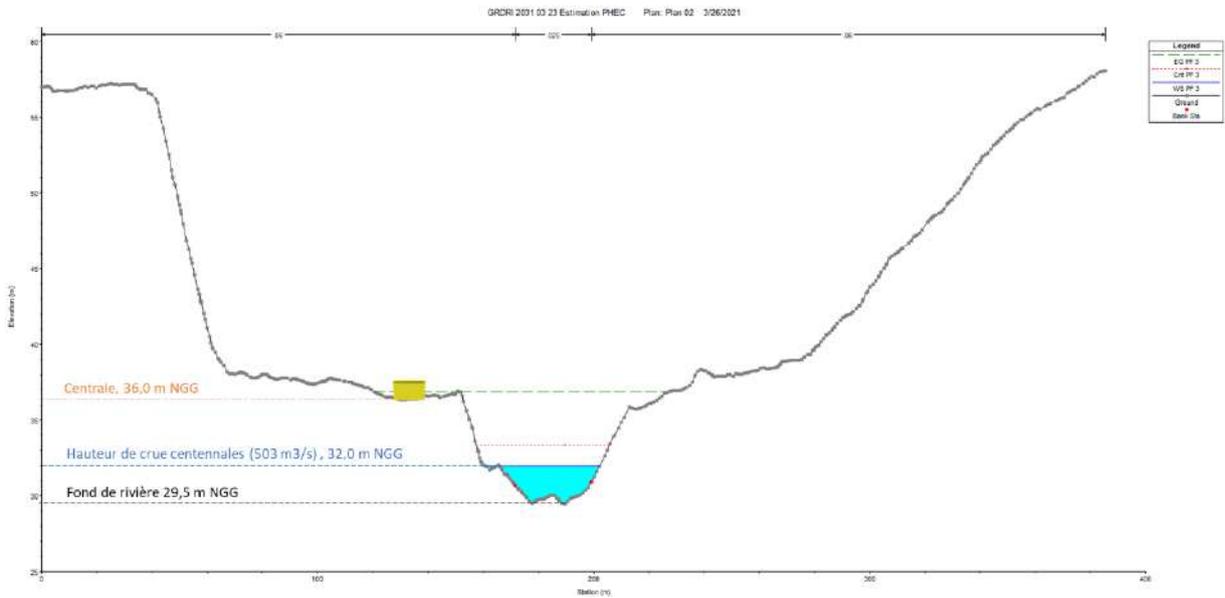
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
BoisDebout	5.9091*	PF 2	503.00	29.45	31.85	33.16	36.35	0.024020	9.47	57.09	37.60	2.19



Crue bi-centennale

Pour un débit maximal instantané de crue de 555 m³/s au droit de la centrale, **la centrale est hors d'eau de 4,0 m.**

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
BoisDebout	5.9091*	PF 3	555.00	29.45	31.95	33.34	36.85	0.024441	9.89	61.05	40.18	2.23



Synthèse

L'emplacement prévu pour le bâtiment de production du projet centrale de Grande Rivière de Capesterre ne serait pas inondé par une montée des eaux en cas de crues de la rivière.

Cela est cohérent avec la nature limoneuse du sol observée sur site lors des sondages à la pelle mécanique du 19 février 2019 effectués par ALPES INGE pour l'étude géotechnique préalable du projet.

Eau	Profondeur	Tenue parois	Nature des terrains + Observations (type de matrice, %blocs ou graviers, Dmax et Dmoy blocs, couleur, tenue des parois, ...)	Photos
Aucune venue d'eau	0 m	Moyenne à bonne	Terre végétale	
	0,50 m		Limons bruns secs. Présence de gros blocs métriques	
1 m				
1,50 m				
2 m				
	2,50 m			
	3 m			

Annexe 2 : État initial avant aménagement prise d'eau de La Digue, Capesterre, Guadeloupe ; BIOS, 2021



Bios

Bureau d'étude en environnement

Débit minimal biologique prise d'eau de la Digue, Capesterre Guadeloupe



Contributeurs

Dominique Monti

Rémy Parmentier

Elsa Beauchart

septembre 2021

SOMMAIRE

	pages
INTRODUCTION	3
I. Etat de l'art	4
I.1 Obligations légales	4
I.2 Les méthodes	4
I.2.A Historique et outils	4
I.2.B Choix de la méthode et justification	7
II. La notion de "tronçon critique"	8
III. La modélisation LSPIV	9
IV. Présentation du site d'étude	10
IV.1 Localisation	10
IV.2 Présentation	10
IV.3. Caractéristiques	11
V. Acquisition des données	12
V.1 Choix des stations	12
V.2 Capture des images utilisées pour l'estimation des champs de vitesse	13
V.3 Validation et calibration de l'outil de modélisation	13
VI. Cartographie des champs de vitesse sur le tronçon critique	14
VI.1 Etapes	14
VI.2 Résultats	15
VII. Les exigences des espèces	19
VII.1 Etat de l'art et méthode employée	19
VII.2 Préférences	20
VII.2.A Les espèces présentes sur le site de l'étude	20
VII.2.B Préférences directement liées au débit	20
VII.2.C Préférences indirectement liées au débit	22
VIII. Le couplage hydrologie/biologie/écologie pour un débit minimum	23
IX. Les impacts de la restitution de la ressource, plus en aval	27
REFERENCES	30

INTRODUCTION

Dans la Caraïbe, les récentes modélisations climatiques prévoient une diminution des précipitations sur une bonne partie de la Mer des Caraïbes, des Petites Antilles ainsi qu' autour du Golfe du Mexique et des Bahamas (figure 1). Les prévisions anticipent une diminution de

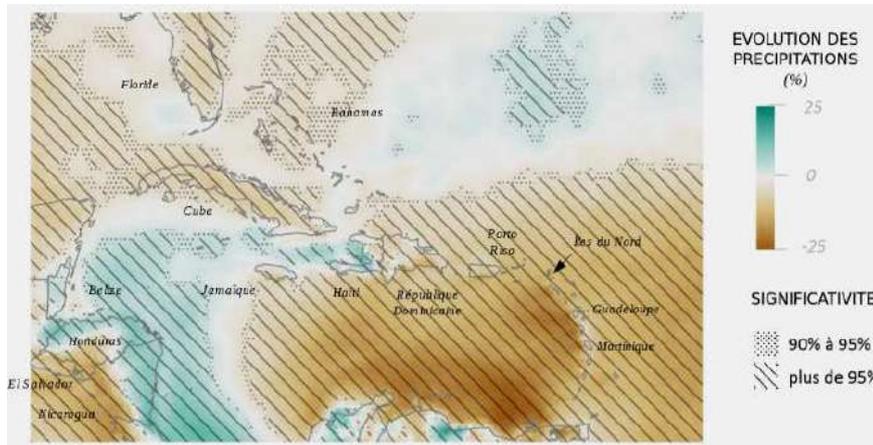


Figure 1 : Evolution des précipitations annuelles moyennes dans la Caraïbe entre 1965-2013 et prévisions 2031-2080 (scénario RCP8.5 du GIEC) vue par le modèle Arpege-Climat. Source C3AF 2019. *Tout signal en dehors des zones de significativité supérieure à 90% n'est pas statistiquement fiable et ne doit pas être pris en compte.*

la fréquence des fortes pluies et une augmentation de celle des sécheresses. Dans les zones impactées, les petits territoires insulaires cumuleraient les facteurs défavorables qui pourraient amplifier la raréfaction de la ressource : i) de petits bassins versants

compacts qui concentrent les pluies, sans étalement des crues, ii) de fortes pentes et une lame d'eau très mince qui ruisselle sans stockage. Le manque de ressource en eau est par ailleurs souvent évoqué comme l'un des facteurs principaux d'atteinte aux rivières des Antilles. En effet, la diminution de la ressource peut avoir de multiples conséquences visibles ou invisibles, dont la désoxygénation de systèmes entiers : une eau abondante et rapide réoxygène la rivière au niveau de ses radiers qui jouent alors le rôle de véritables « poumons » dont bénéficient les écosystèmes jusqu'en aval : **maintenir une ressource en eau suffisamment abondante dans les rivières est la clé primaire de leur protection.**

De façon parallèle, la Guadeloupe s'est engagée dans la lutte contre le réchauffement climatique et adopte, dès 2010, son Plan énergétique Régional pluriannuel de prospection et d'exploitation des Énergies Renouvelables et d'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (PRERURE). Celui-ci fixe les bases de la politique d'efficacité énergétique sur l'archipel, non seulement en matière de maîtrise de la demande, de développement des énergies renouvelables mais aussi d'autonomie énergétique. Le territoire s'est fixé des échéances et des quotas à respecter en termes d'énergies renouvelables avec, à l'horizon 2030, 50% d'énergie totale renouvelable et une autonomie énergétique atteinte en 2050. Parmi les sources énergétiques renouvelables et exploitables en Guadeloupe, l'hydroélectricité, production

d'électricité à partir de la force motrice de l'eau, ne représentait en 2019, que 2,6% de la production totale d'électricité avec une augmentation principalement due à la modernisation des centrales existantes (Guadeloupe Energie 2021). Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Guadeloupe (SDAGE) évalue un productible hydroélectrique estimé à 98 GWh avec, sur la Basse-Terre, des conditions de pente (hauteurs de chute) permettant une rentabilité énergétique des installations avec le turbinage de relativement faibles masses d'eau.

La conciliation de ces deux objectifs vertueux (la protection des rivières et le développement des énergies renouvelables à travers une augmentation raisonnée de l'hydroélectricité) fait appel à **des outils et techniques qui permettent** à la fois **d'évaluer 1-la quantité d'eau minimale à maintenir entre captage et restitution, mais aussi 2-les effets de la restitution d'une ressource en eau supplémentaire, plus en aval.**

← 1

I. Etat de l'art

I.1 Obligations légales

Associée à la construction d'un ouvrage soustrayant de la ressource en eau, la notion de débit minimum est une mesure censée préserver au mieux l'intégrité des populations aquatiques en place et, apparue dans la loi «pêche» du 29 juin 1984, est fortement encadrée par la législation. Cette démarche s'inscrit dans un cadre réglementaire défini à l'échelle nationale par l'article L 432-5 du Code l'Environnement et sa circulaire d'application du 5 juillet 2011. Ce débit minimum ne peut être inférieur *i*) au dixième du débit moyen interannuel (module) pour les ouvrages nouveaux situés sur un cours d'eau dont le module est inférieur à 80m³/s, *ii*) 20% si le module est supérieur à 80 m³/s et *iii*) au quarantième du module pour les ouvrages anciens datant d'avant la loi de 1984. En Guadeloupe, où l'ensemble des cours d'eau appartiennent à la première catégorie mais où les originalités biologiques ou fonctionnelles sont nombreuses entre les rivières et les cotes altitudinales, les repères manquent quant aux répercussions possibles d'une forte diminution de la ressource en eau dans les tronçons situés en aval de chaque prise d'eau et à la signification réelle fonctionnelle des 10% ou 20% légaux. Les impacts sur la présence des espèces, l'accomplissement harmonieux de leur cycle de vie, le maintien de la biodiversité aquatique en Crustacés et Poissons sont donc évalués à chaque situation.

I.2 Les méthodes

I.2.A Historique et outils

Les premières méthodes utilisées pour préserver une ressource en eau minimale en aval d'obstacles, ou débit réservé, reposaient sur deux approches simples. Une méthode «hydrologique», basée le plus souvent sur une fraction fixe du module interannuel ou sur des formules tirées des débits classés (7Q10, QMNA5...) ou une méthode «hydrologique modulée», qui établissait un séquençage des débits réservés en fonction des irrégularités naturelles (traits bleu clair dans la figure 2b ci-dessous).

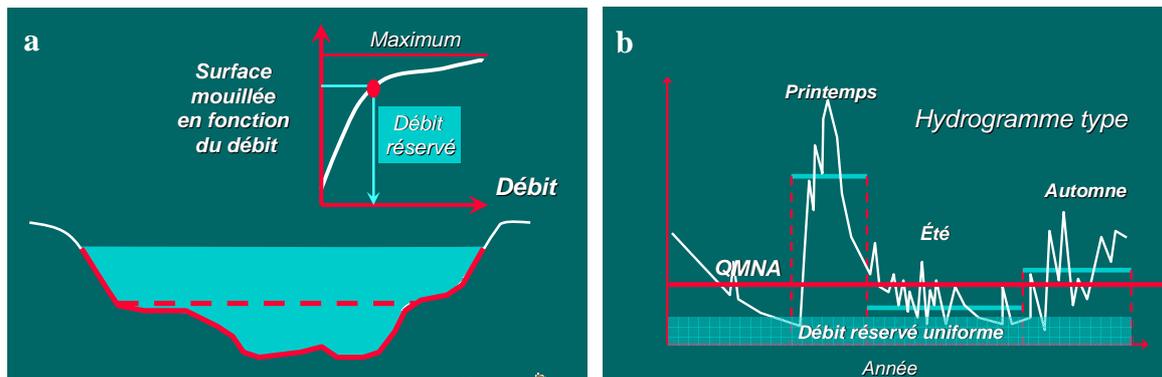


Figure 2a,b : Méthode hydrologique (a) et hydrologique modulée (b). Source Leclerc 2001, modifié in Monti 2004.

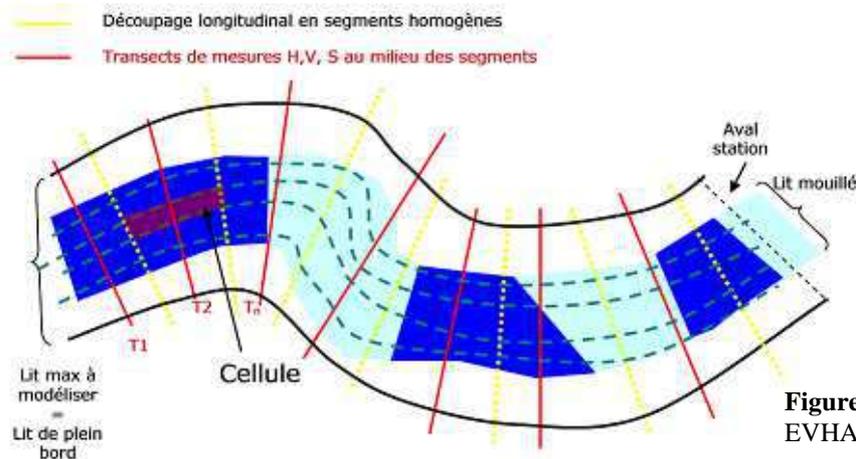
Les handicaps de ces méthodes étaient pour (a) une très forte composante locale car strictement dépendante de la morphologie du lit et pour (b) la nécessité d'avoir des séries hydrologiques fiables et très longues (30 ans *a minima*) et pour ces deux méthodes, de ne pas tenir compte des exigences des espèces.

Par la suite, dès les années 80, et testées en Guadeloupe au milieu des années 1990, les méthodes incorporant des connaissances sur la capacité des espèces à coloniser différents habitats ont vu le jour. La notion de débit minimum devient donc un "*débit minimum biologique*" (DMB) et allie les informations d'ordre biologique aux données physiques pour une appréciation plus fine des ressources en eau à ménager sur un tronçon de rivière. Pour déterminer ce niveau minimal de la ressource, trois étapes sont alors nécessaires:

- Une collecte des informations hydromorphodynamiques à travers la mesure des variables physiques dépendant du débit et les plus contributives pour définir l'habitat des espèces ;
- La définition de modèles de réponse biologiques à travers une courbe de réponse reliant la présence/absence de l'espèce à la variable retenue ;
- Un couplage des informations physiques et biologiques permettant de visualiser les incidences des modifications du débit en terme d'habitat.

Durant 30 ans, un grand nombre d'outils ont suivi qui ont été conçus pour explorer ce couplage entre biologie et physique du milieu. Le PHysical hABitat SIMulation (PHABSIM,

Bovee 1982, Raven 1998) développé par le U.S. Fish & Wildlife Service et son module d'incrémentation des débits (IFIM) qui restituait la surface d'habitat disponible pour les espèces (SPU: surface pondérée utile) en fonction des débits. En France, le logiciel EVHA (Ginot *et al.* 1998) basé sur une caractérisation des conditions hydrauliques à faible débit couplée à une description de la topographie (fond et berge) permet de mobiliser un modèle hydraulique basé sur la formule de perte de charge de Limérinos et d'estimer les conditions hydrauliques moyennes de chaque transect. L'application de cette modélisation hydraulique



couplée aux modèles biologiques définis (preferenda) permet une simulation de la capacité d'accueil du milieu en fonction du débit.

Figure 3 : Mise en oeuvre de la méthode EVHA. Source Ginot *et al.* 1998.

Ces approches nécessitent un nombre d'acquisitions importantes pour décrire toutes les variations du profil en long (ruptures de pente, ...) et l'obtention de suffisamment de données pour décrire les irrégularités du profil en travers (la réalisation de 2 à 4 transects *a minima* par faciès).

Deux handicaps concernent ces méthodes mises en œuvre dans les rivières antillaises : **1-le temps mis à l'acquisition des données, qui** confronté aux variations rapides des vitesses d'écoulements, **recueille inévitablement des données en conditions non stationnaires** **2- l'exploration des champs de vitesses par des appareils qui rencontrent les biais inhérents à la méthode lorsqu'employée dans les fonds de lit à lame d'eau très mince** (turbulence pour les courantomètres et aDcp, zones mortes pour la dilution chimique).

Pour lutter contre la lourdeur de ces protocoles, des approches encore plus simplificatrices et plus généralisantes ont été mises au point. La méthode ESTIMHAB (ESTimating Instream HABitat quality changes associated with hydraulic river management (Lamouroux 2002, Souchon *et al.* 2003) est un modèle proche de la méthode conventionnelle des micro-habitats (ex : logiciel EVHA) fonctionnant à partir de variables d'entrées simplifiées (mesures de largeur et hauteur à deux débits). **Le logiciel ESTIMHAB n'est pas utilisable ici, car il n'a pas fait l'objet d'une adaptation aux espèces des outremer.**

Le modèle STATHAB (Irstea) est composé d'un modèle hydraulique statistique qui peut être couplé à des modèles de préférences uni- ou multivariés et une version existe pour les rivières tropicales et les préférences des espèces des DOM. Pour appliquer le modèle STATHAB aux rivières antillaises, des calculs ont été menés sur un total de 8353 échantillons compilés à partir de 320 études concernant 11 taxons, 16 classes de taille et des vitesses dans le milieu s'échelonnant de 0 à 2.80ms^{-1} (Girard *et al.* 2013). **La variation expliquée par les variables d'habitat pour les espèces antillaises était limitée** et s'échelonnait entre 0% et 18.1% (pour les modèles univariés régionaux) et entre 4.1% et 30.0% (pour les modèles multivariés régionaux), l'applicabilité des modèles d'habitat étant généralement limitée par leur faible degré de transférabilité entre les cours d'eau (Lancaster et Downes 2010, Girard *et al.* 2013). Autre handicap, **le logiciel STAHAB ne permet pas la fourniture d'une cartographie 2D des habitats potentiels.**

De nombreuses options et modèles développés à l'étranger viennent encore augmenter le choix des outils disponibles et, face à cette multitude d'outils à disposition pour l'évaluation d'un débit minimum, la question n'est donc pas de savoir lequel des modèles 1D, 2D ou statistiques est le meilleur, mais, **quel type de modélisation serait la plus adaptée aux conditions de l'étude à mener** (Prost *et al.* 2014).

1.2.B Choix de la méthode et justification

La méthode retenue a été choisie pour sa capacité à remplir un certain nombre de conditions:

- conformément au **principe de précaution**, l'évaluation d'un débit minimum **dans la situation la plus défavorable pour les espèces, leur garantissant ailleurs une plus grande marge de confort** ;
- l'incorporation de **préférences d'habitat acquises dans des milieux aux débits ralentis**, mimétiques des conditions dues à l'aménagement ;
- permettre une **cartographie 2D des habitats potentiels**, de façon à pouvoir ultérieurement coupler les informations de vitesse avec des informations non dépendantes des conditions hydrauliques et pouvant intervenir dans le choix de l'habitat (trophiques ou ripisylve) ;
- fournir des valeurs de vitesses simultanées sur tout un tronçon, garantissant la **stationnarité** ;
- permettre l'acquisition de données sur des **zones difficilement accessibles** ;
- faire de la **turbulence un avantage** et non un handicap ;
- produire des **résultats facilement compréhensibles**, même pour de non-scientifiques.

II. La notion de "tronçon critique"

La question de l'échelle spatiale est trop souvent passée sous silence dans les problématiques d'évaluation de débits minima, et **conditionne pourtant très largement les conclusions obtenues**. Pour des raisons liées aux faibles épaisseurs de la lame d'eau dans ces rivières pentues et aux températures tropicales (qui favorisent la désoxygénation), la vitesse de l'eau est le facteur principal conditionnant l'habitat potentiel des poissons et crustacés aux Antilles (Gouezec 2004, Monti et Gouezec 2006, Simonnet 2008). **La soustraction de la ressource opérée par la prise d'eau n'a donc pas les mêmes effets, pour un même débit, sur un tronçon étroit où les vitesses sont accélérées ou sur un tronçon dans lequel les vitesses sont naturellement ralenties**. La pénalité maximale se fera donc sentir en aval de la prise d'eau et dans un site où les vitesses de l'eau chutent naturellement, dans un tronçon suffisamment proche pour qu'aucune amenée d'eau significative ne soit effectuée par affluent ou ruissellement.

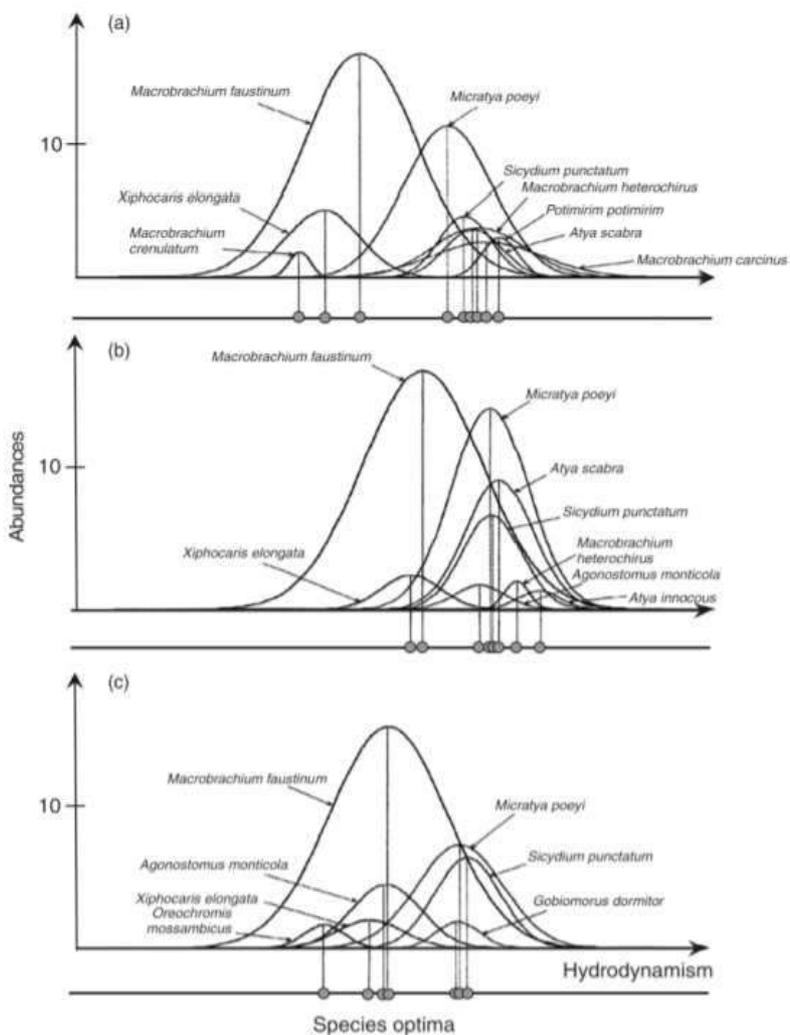


Figure 4: Séparation des niches au sein d'une même rivière (a) en vitesses élevées, (c) vitesses faibles où la concurrence est maximale. Source Monti et Legendre (2009).

L'hydrodynamisme est en effet, à travers les gradients de vitesse présents, un facteur extrêmement structurant des communautés aquatiques dans les rivières antillaises. Intervenant sur l'oxygénation et aussi sur la mise à disposition de ressources trophiques transitées ou non par le flux, il détermine non seulement l'occurrence des espèces (présence/absence) mais aussi le nombre et l'organisation des peuplements de poissons et crustacés (figure 2). Un "verrou" opéré par des conditions hydrologiques défavorables est **un passage obligé délétère pour la faune migratrice dans sa remontée.**

III. La modélisation LSPIV

La technique appelée Large Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV) est une méthode d'hydrométrie par analyse de séquences d'images et est une alternative intéressante qui permet l'accès à la mesure de vitesses de surface instantanées sur des surfaces allant jusqu'à l'hectare, et ce de façon non intrusive (Hauet 2006, Jodeau *et al.* 2020).

Principes de la LSPIV (source Jodeau *et al.* 2020)

L'analyse de séquences d'images permet de mesurer le champ 2D de vitesse d'un écoulement à condition que des traceurs visibles, tels que des particules solides (débris végétaux, petits flottants, etc.), des bulles ou des figures de turbulence soient advectés avec l'écoulement. Cette technique est dérivée de la Particle Image Velocimetry (PIV) utilisée en laboratoire, mais pour une étude sur des objets de grandes échelles de type rivière, d'où le nom de Large-Scale PIV (LSPIV, Fujita *et al.* 1998). Une mesure LSPIV comprend *i*) l'enregistrement d'une séquence d'images horodatées de l'écoulement, *ii*) une correction géométrique des images pour s'affranchir des effets de distorsion de perspective (orthorectification) et *iii*) un calcul du déplacement des traceurs de l'écoulement grâce à une analyse statistique en corrélation des motifs. On obtient ainsi un champ 2D "quasi instantané" et connaissant la bathymétrie d'une section en travers, on peut estimer le débit à partir du champ de vitesse LSPIV.

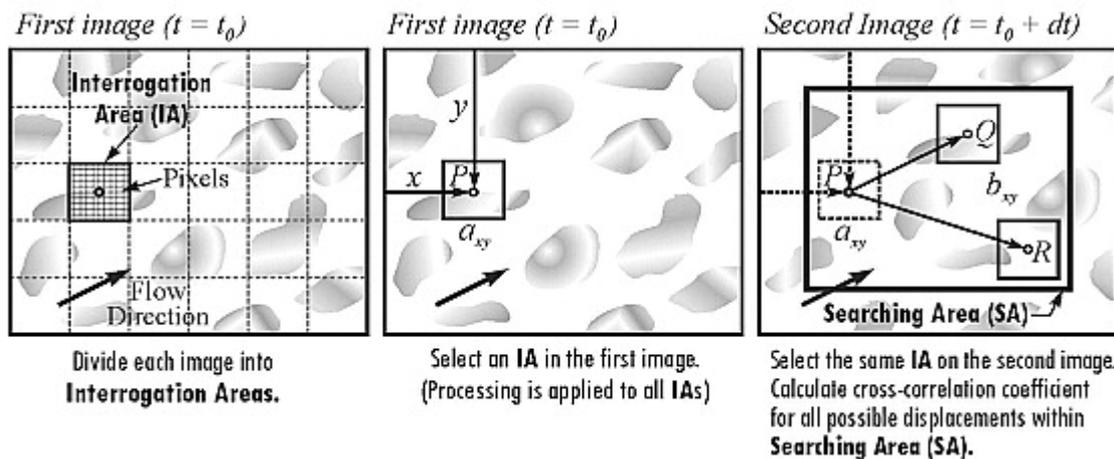


Figure 5 : Principe de la LSPIV. Source Muste *et al.* 2008.

La LSPIV a été utilisée pour estimer des débits de rivières d'échelles très différentes, des étiages aux fortes crues (Creutin *et al.* 2003, Hauet *et al.* 2008 ou Jodeau *et al.* 2008) ainsi que pour l'amélioration de courbes de tarage en régimes hydrauliques normaux (Le Coz *et al.* 2010 ou Dramais *et al.* 2011). Une revue des applications de la LSPIV pour l'estimation des débits en rivières a été proposée par Muste *et al.* (2008).

IV. Présentation du site d'étude

IV.1 Localisation

La Grande Rivière de Capesterre (16 Km) a un bassin versant d'une superficie de 16.7 km² et est issue de la convergence de plusieurs cours d'eau : les rivières Moudong et Class drainant les flancs du Mateliane, le Carmichaël, le Grand Sans Toucher et la Madeclaire, circulant dans des niveaux boisés de bonne qualité, peu anthropisés. La couverture végétale du bassin est

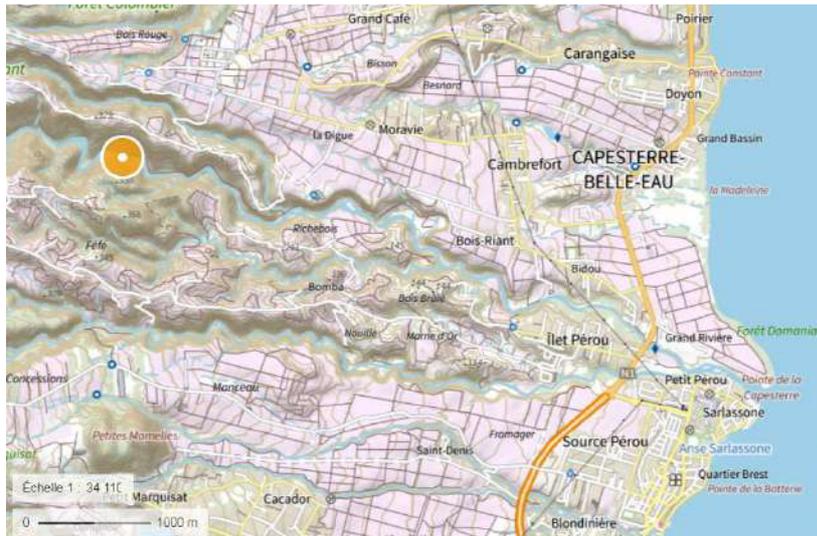


Figure 6 : Emplacement de la prise d'eau sur la Grande rivière de Capesterre, Basse-Terre, Guadeloupe. *Source IGN, Géoportail 2021.*

composée principalement de forêt hygrophile établie sur de la lave andésitique du quaternaire incorporant des produits pyroclastiques (Chaperon *et al.* 1987).

La pente moyenne de la rivière au niveau de la prise d'eau est de 45‰ (des cotes 400 à 100 NGG), ce qui en fait **une rivière pentue aux**

écoulements turbulents et faible lame d'eau sur la quasi-totalité de son cours.

IV.2 Présentation

La prise d'eau de la Digue, située à la cote 180 NGG, (figure 7) fait l'objet d'un inventaire dans le Référentiel National des Obstacles à l'Écoulement (RNOE) où elle est enregistrée sous



Figure 7 : La prise d'eau de la Digue, Grande rivière de Capesterre. *Photo R. Latchy 2021*

la rubrique "seuil" sous-type "prise d'eau", avec des usages d'alimentation en eau potable. Elle est construite à partir de ciment et **n'est toujours pas équipée de passe à poissons et crustacés.**

Cette prise d'eau se compose d'une partie inclinée sans grille, de 12,5 x 3,5 m, en rive droite. La cote du seuil amont de cette partie est plus élevée que celle de l'autre moitié avec grille et de ce fait, en dehors d'un régime de crue, la rivière est entièrement concentrée sur la grille (Toitot 2003).

IV.3 Caractéristiques

Du point de vue des écoulements, le module (écoulement moyen) au niveau de ce captage est évalué à 2570 [2390-2740] l/s (Source Hydro Eaufrance, figure 8), avec une station de mesure en continu des hauteurs d'eau et par le biais d'une courbe de tarage (exploitation des données DEAL Guadeloupe).

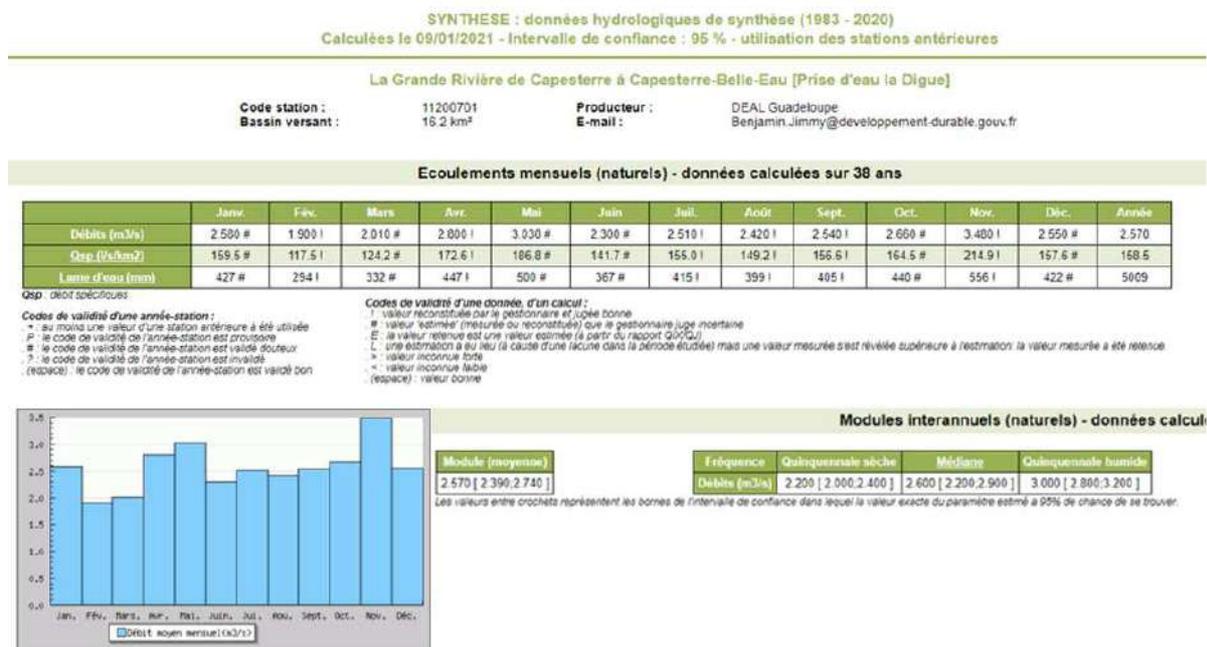


Figure 8 : Caractéristique de la ressource en eau sur la prise d'eau de la Digue. Source Hydro Eaufrance 2021.

Un état initial sur cette prise d'eau, réalisé en 2021, évaluait les caractéristiques de l'ouvrage en termes de modification des équilibres entre espèces (crustacés, poissons, biofilm épilithique, Indice de Continuité Ecologique...) entre amont et aval de l'ouvrage (Monti *et al.* 2021).

Les conclusions de cette étude étaient les suivantes :

- 1-** pour la partie captage seul, un franchissement *a priori* total (valeur 1) pour les juvéniles, sub-adultes et adultes de poissons Gobiidae et Sicydiinae, pour les sub-adultes et adultes de crustacés Grapsidae et Palaemonidae (ouassous) et pour tous les stades d'Atyidae (cacadors). Seuls les organismes appartenant aux juvéniles et sub-adultes d'Eleotridae (dormeurs) et Gobiidae hors Sicydiinae (rares ou absents sur site) seraient impactés par une barrière partielle, mais significative (ICE = 0.66) ;

- 2- Une forte similitude des peuplements de crustacés et poissons constatée *a posteriori* entre amont et aval de l'obstacle ;
- 3- Une difficulté au franchissement toutefois décelable sur les très jeunes individus de taille <30mm ;
- 4- Des différences significatives entre aval et amont dans le biofilm de milieu rapide, ressource trophique importante pour les espèces aquatiques présentes.

Ces résultats montraient un obstacle globalement bien franchi mais **un intérêt à laisser une ressource suffisante en aval de l'ouvrage, pour assurer la conservation des habitats potentiels des espèces et aussi la préservation d'une bonne qualité trophique des milieux.**

2

Ces deux points seront évalués dans la présente étude.

V. Acquisition des données

V.1 Choix des stations

Trois stations ont été retenues pour cette étude (figure 9) et échantillonnées durant le mois de juin 2021: une **station 1** (altitude 185 NGG) située à l'amont direct de l'ouvrage et utilisée pour calibrer et caler la modélisation LSPIV en profitant de la station d'enregistrement en continu de la DEAL Guadeloupe placée juste à cet endroit ; une **station 2** (altitude 164m NGG) en aval de l'obstacle au niveau du tronçon critique, endroit de diminution naturelle importante des vitesses d'écoulement sans que ne s'opère de restitution significative d'eau depuis la captation opérée par la prise ; une **station 3**, plus en aval (altitude 30 NGG), à l'endroit de la restitution prévue de la ressource, de manière à en évaluer les modifications prévisionnelles d'habitat.

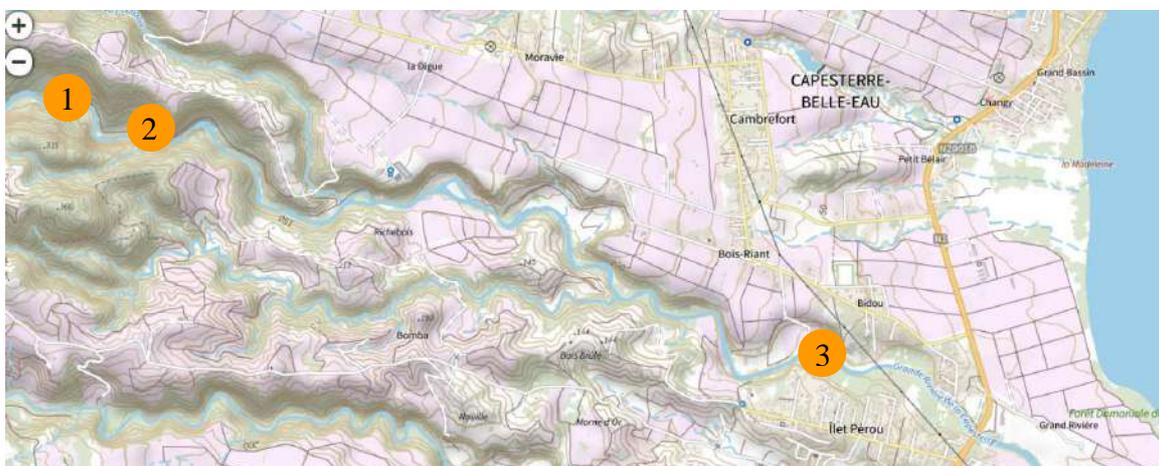


Figure 9 : Emplacement des stations. Carte IGN Géoportail 2021.

V.2 Capture des images utilisées pour l'estimation des champs de vitesse

Les séquences d'images ont été acquises avec un drone DJI MavicPro™, pourvu d'une caméra avec capteur 1/2.3" (CMOS) de nombre de pixels effectifs de 12,35 M, un objectif FOV 78,8° 26 mm (35 mm format équivalent) f/2.2, une distorsion < 1,5% et une mise au point de 0,5 m à ∞. Ce modèle est l'un des plus stables du marché et est réputé pour son excellente qualité d'image. Il a été opéré au nadir, en haute définition, par un opérateur de drone habilité de la société Omega Drone® (figure 10). Des marques sur le substrat identifiaient les échelles de référence et la position des transects de mesures de profondeur en eau.



Figure 10 : Opérateur du drone en action.
Photo Beauchart 2021.

V.3 Validation et calibration de l'outil de modélisation

Les modèles hydrologiques comportent de nombreux paramètres qui doivent être calibrés de manière à obtenir ceux qui minimiseront l'écart entre des débits mesurés et des débits simulés. L'objectif du calage est donc d'«apprendre» au modèle à identifier les propriétés hydrologiques du cours d'eau. Cette calibration a été réalisée lors d'une campagne dédiée, sur la même rivière, à l'aide de quatre transects (figure 11). Le calage des éléments suivants a été réalisé :

- paramètres du calcul des déplacements des traceurs (figures de turbulence) observées dans tous les faciès ;
- coefficients de vitesse applicable à partir des vitesses de surface.

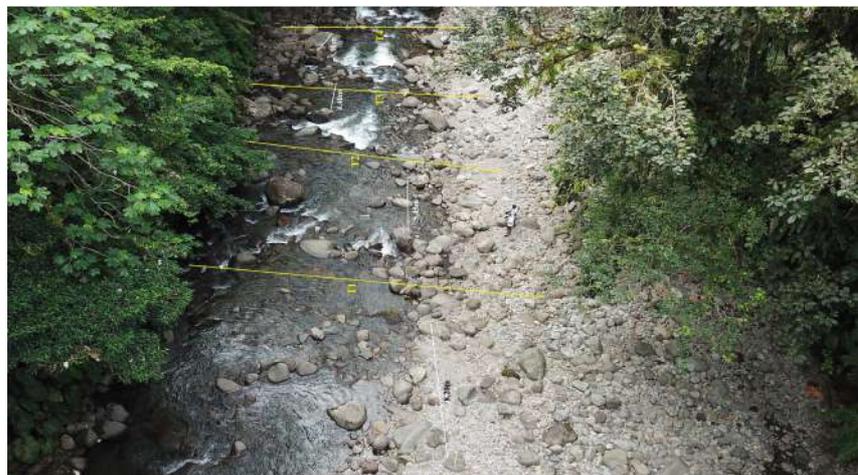


Figure 11 : Campagne dédiée au calage du modèle. *Photo Parmentier 2021.*

Après calibration et traçage des motifs de turbulence le modèle a abouti à une cartographie très réaliste des champs de vitesse sur le tronçon (figure 12) **et une excellente estimation du débit** (différence de -4,6% avec la valeur de référence DEAL, qui est, elle, obtenue à l'aide d'une courbe de tarage convertissant les hauteurs d'eau mesurées en débit (1.10 m³/s LSPIV versus 1.14 m³/s estimé DEAL)). En effet, dans les stations de référence DEAL, les valeurs mesurées ne sont que celles de la hauteur d'eau. Dans de multiples situations, la modélisation LSPIV est d'ailleurs actuellement utilisée pour affiner les courbes de tarage (Le Coz *et al.* 2010, Dramais *et al.* 2011).

3

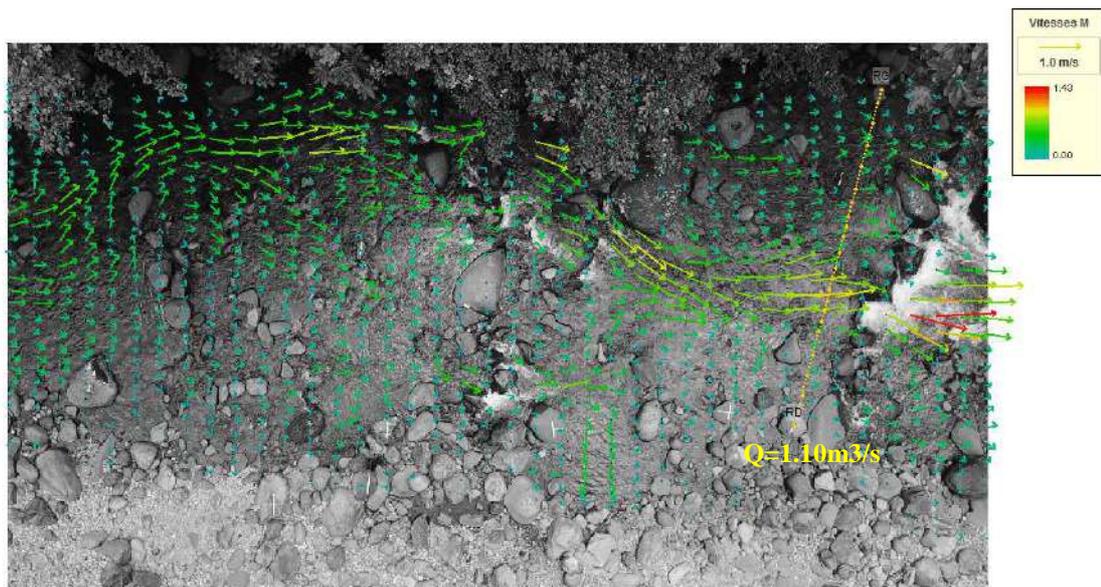


Figure 12 : Calibration, cartographie des champs de vitesse et estimation du débit sur la station test de la Digue DEAL.

VI. Cartographie des champs de vitesse sur le tronçon critique

VI.1 Etapes

Les séquences vidéo correspondant à la station 2 sont importées puis les images sont stabilisées après application d'un masque (figure 13).



Figure 13 : Masquage et stabilisation des images

Une mise à l'échelle des images est effectuée à l'aide des repères tracés à la bombe de chantier et disposés sur le site lors des prises de vues et dont l'intervalle a été mesuré. Les images stabilisées sont ensuite mises à l'échelle, les vitesses instantanées calculées pour chaque image, et enfin, la moyenne de ces images instantanées synthétisées (figure 14).

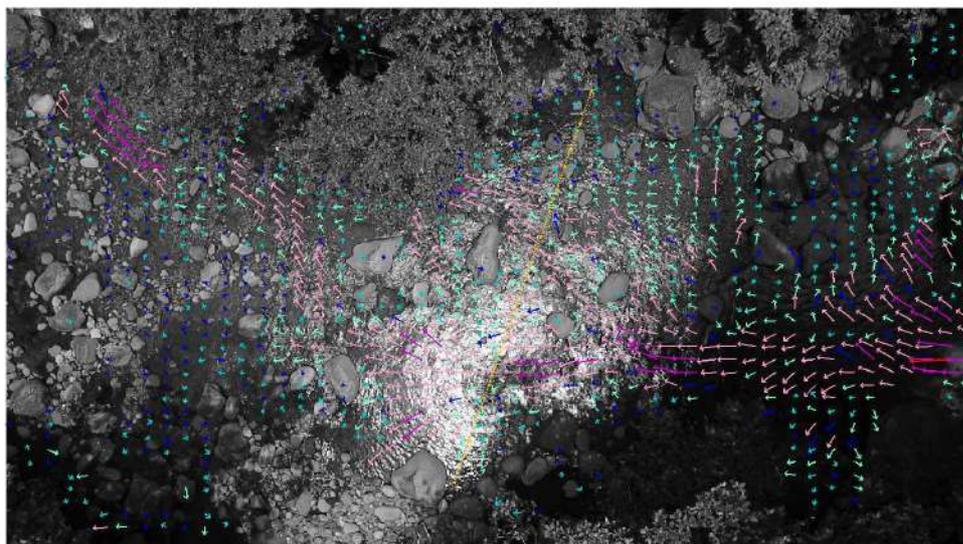
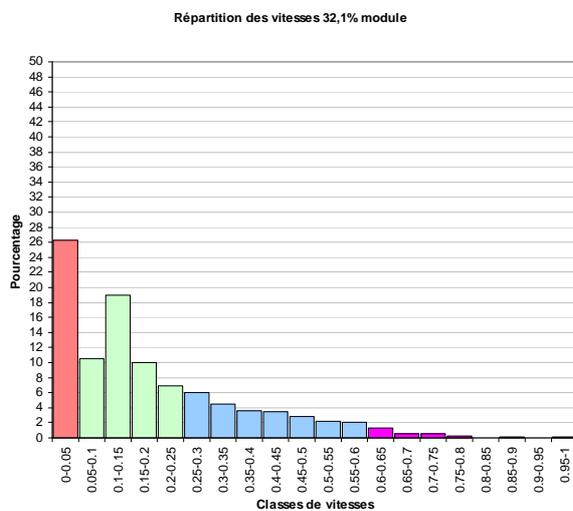


Figure 14 :
Vitesse
instantanées
moyennées sur le
tronçon. Trait
jaune : position
d'un transect de
mesure de la
profondeur.



Le fichier contenant la Norme de ces vecteurs est alors exploité pour en déduire la répartition des vitesses sur le tronçon (tableau croisé dynamique sous Excel®), et aux différents débits (figure 15).

Figure 14 : Répartition des vitesses sur le tronçon. Rouge : vitesses très faibles à nulles, vert : milieu légèrement dynamique, bleu : milieu dynamique (valeurs habituelles de radier en saison sèche), rose : milieu très dynamique (valeurs de rapides ou cascades).

VI.2 Résultats

Les cartes suivantes sont produites dans l'ordre décroissant de la ressource : 0.824m³/s soit 32.1% du module (figure 15a et b), 0.764m³/s soit 29.7% du module (figure 16a et b), 0.581m³/s soit 22.6% du module (figure 17a et b), 0.547m³/s soit 21.3% du module (figure 18a et b), 0.535m³/s, soit 20.8% du module (figure 19a et b) et 0.495 m³/s soit 19.3% du module (figure 20a et b).

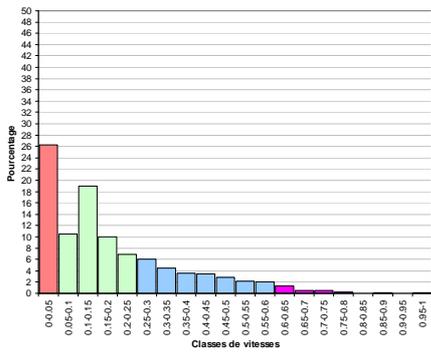
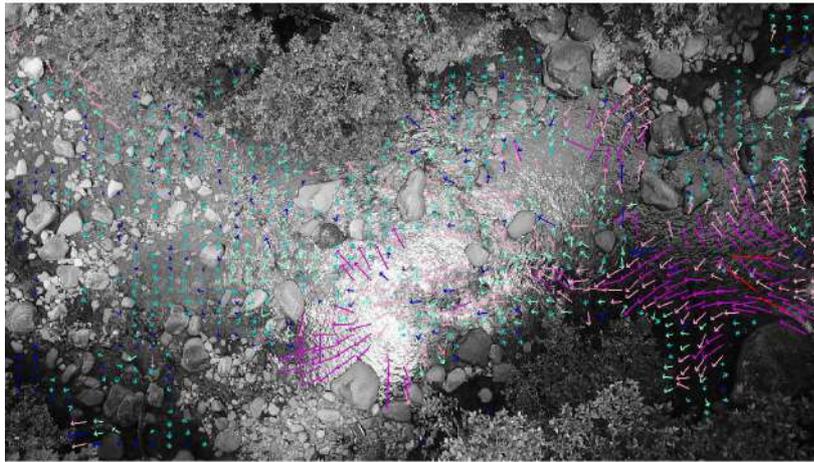


Figure 15a et b : Répartition des vitesses sur le tronçon critique, 0.824m³/s soit **32.1%** du module.

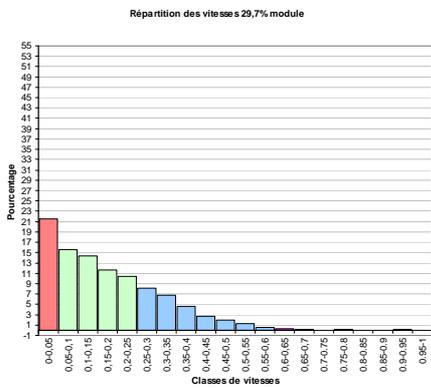
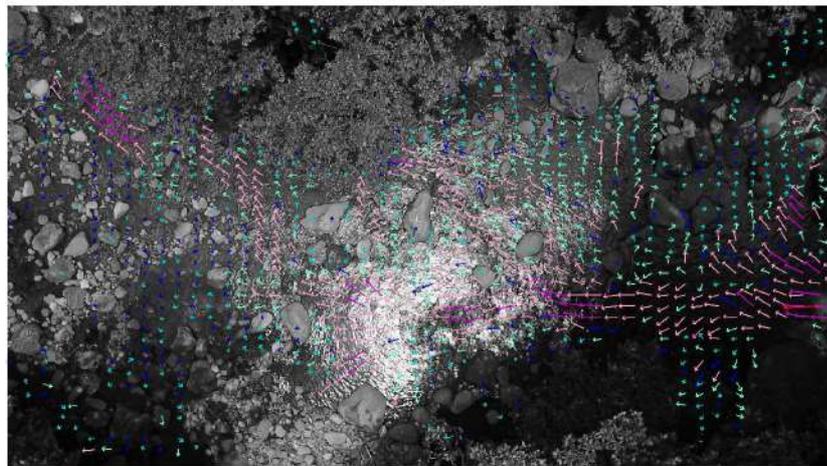


Figure 16a et b : Répartition des vitesses sur le tronçon critique, 0.764m³/s soit **29.7%** du module.

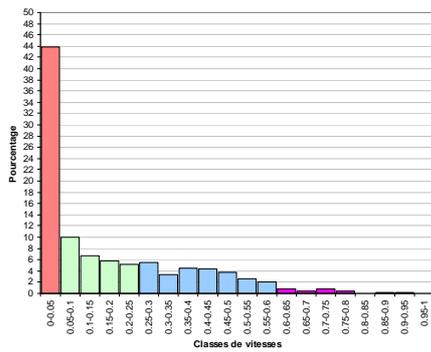
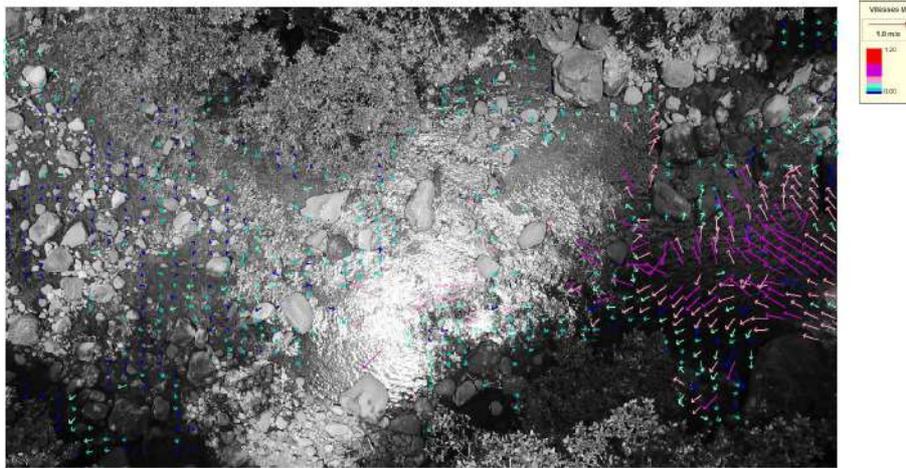


Figure 19a et b : Répartition des vitesses sur le tronçon critique, 0.535m³/s soit **22.6%** du module.

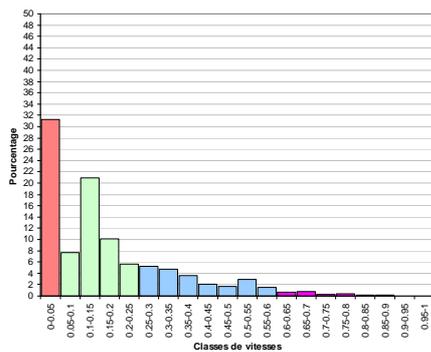
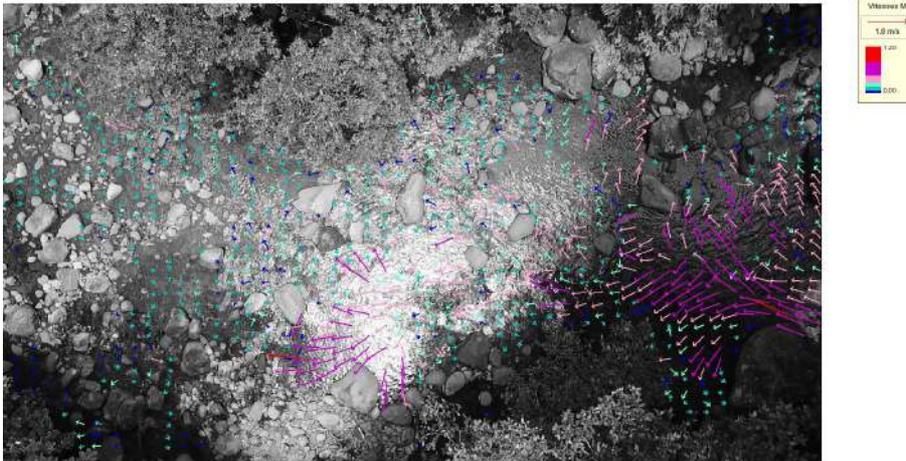


Figure 18a et b : Répartition des vitesses sur le tronçon critique, 0.547m³/s soit **21.3%** du module.

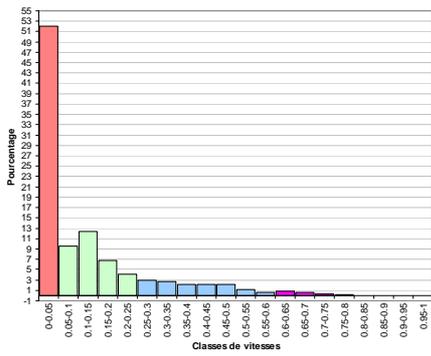
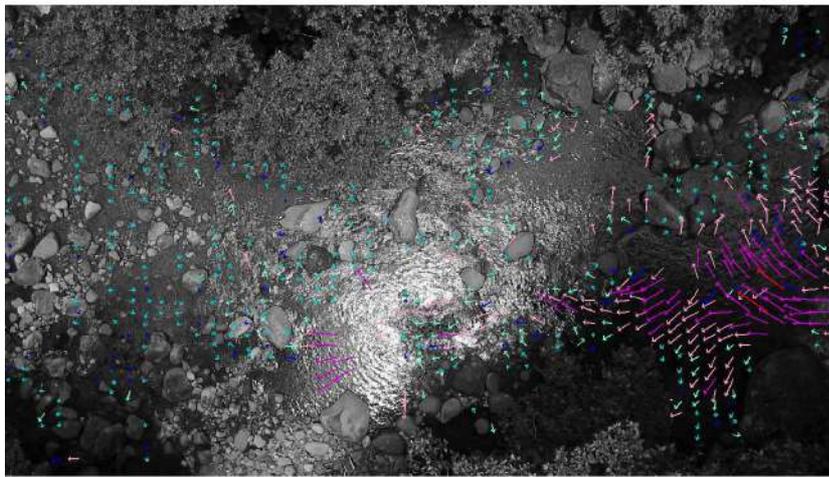


Figure 17a et b : Répartition des vitesses sur le tronçon critique, 0.581m³/s soit **20.8%** du module.

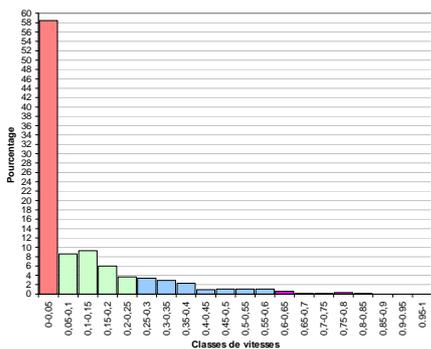
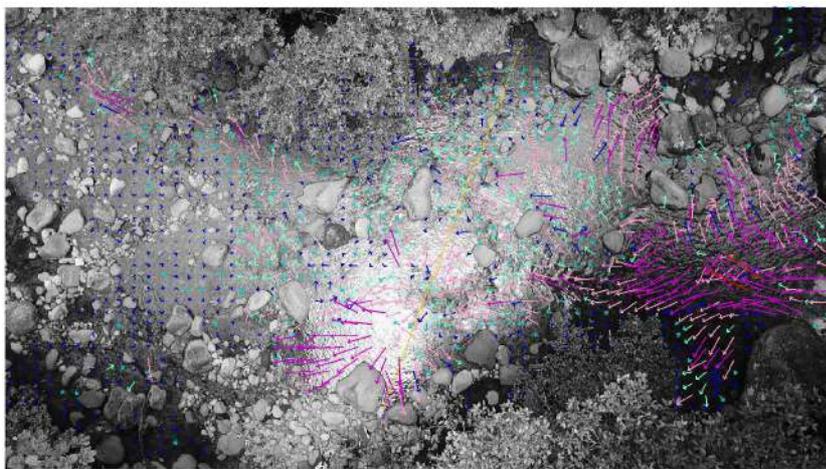


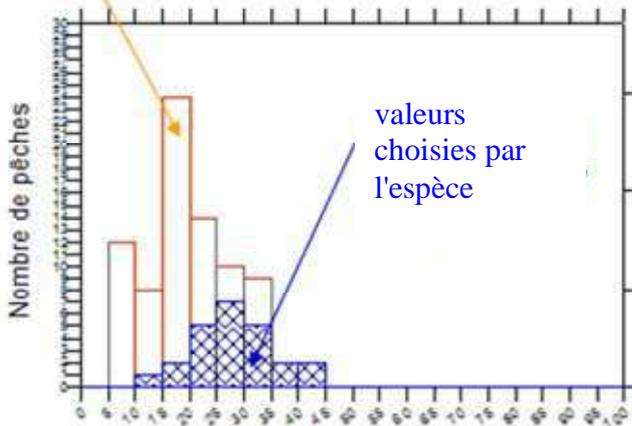
Figure 20a et b : Répartition des vitesses sur le tronçon critique, 0.495m³/s soit **19.3%** du module.

VII. Les exigences des espèces

VII.1 Etat de l'art et méthode employée

La méthode permettant d'évaluer les préférences d'une espèce repose sur la comparaison entre la distribution des valeurs mises à disposition dans le milieu et le choix de l'espèce quant à cette offre (figure 21). Cette préférence se quantifie ensuite par un "indice

valeurs mises à disposition dans le milieu



L'indice d'électivité de Vanderploeg et Scavia (1978) (E^*) est souvent utilisé car considéré comme un des calculs les plus robustes. Les valeurs positives montrent que, pour cette classe de variable l'utilisation par l'espèce est plus importante que ce qui serait attendu, compte tenu de sa disponibilité de la gamme de valeurs dans le milieu. Les valeurs négatives, au contraire, indiquent que cette classe de variable est moins utilisée par l'espèce qu'attendu. Cet indice est normé entre -1 et 1.

Ces courbes ont été établies par de très nombreuses pêches réalisées en Guadeloupe à l'échelle du microhabitat, de manière à couvrir l'ensemble des conditions possibles de la présence d'une espèce. Autant que possible, des informations sont aussi, quand cela est possible, recueillies sur la rivière où se situe l'ouvrage, sinon transposées de rivières de morphologies et positions géographiques voisines.

d'électivité" (figure 22) qui, positif marque la préférence, et négatif marque l'éviction. Porté sur un graphique, il permet une lecture visuelle rapide des valeurs d'habitat préférentiel et permet aussi de juger de la "force" de ce choix (électivité faible ou importante).

Figure 21 : préférence d'une espèce pour certaines variables du milieu.

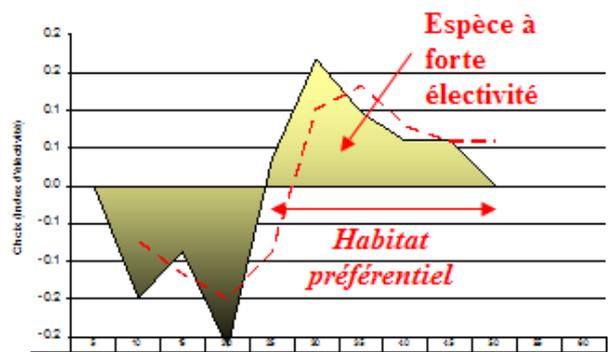


Figure 22 : Graphique représentant l'électivité d'une espèce pour certaines valeurs de gradient.

VII.2 Préférences

VII.2.A Les espèces présentes sur le site de l'étude

De nombreux relevés effectués ces 20 dernières années dans les rivières de Guadeloupe ainsi qu'une étude hydrobiologique récente (Monti *et al.* 2021) révèlent dans cette Grande rivière de Capesterre un peuplement caractéristique des zones d'altitude moyenne ou haute (peu de poissons et un peuplement constitué majoritairement de crustacés) et de richesse spécifique moyenne. Parmi les crustacés, 3 des 4 familles de crustacés rencontrées en Guadeloupe y sont observées (Atyidae, Xiphocarididae et Palaemonidae) mais les poissons sont rares et limités à un petit nombre d'individus de la seule famille des Gobiidae.

Espèces présentes	Références	
<i>S. plumieri</i>	Grondin Jonathan, Labelle Marion, Lefrançois Estelle, Marques Joevin & Robert Marie. (2019). Rapport de campagne n°1 : saison carême. Projet Guad3E. Parc national de la Guadeloupe. p.34.	
<i>S. punctatum</i>		
<i>Atya innocuus</i>		
<i>Atya juvénile</i>		
<i>Atya scabra</i>		
<i>Macrobrachium crenulatum</i>		
<i>Macrobrachium faustinum</i>		
<i>Macrobrachium heterochirus</i>		
<i>Macrobrachium juvénile</i>		
<i>Micratya poeyi</i>		
<i>Potimirim glabra</i>		
<i>Xiphocaris elongata brevirostris</i>		
<i>S. plumieri</i>		Grondin Jonathan, Labelle Marion, Lefrançois Estelle, Louiserre Willem, Marques Joevin & Robert Marie. (2019). Rapport de campagne n°2 : saison pluie. Projet Guad3E. Parc national de la Guadeloupe. p.34.
<i>S. punctatum</i>		
<i>Atya innocuus</i>		
<i>Atya juvénile</i>		
<i>Atya scabra</i>		
<i>Macrobrachium carcinus</i>		
<i>Macrobrachium crenulatum</i>		
<i>Macrobrachium faustinum</i>		
<i>Macrobrachium heterochirus</i>		
<i>Macrobrachium juvénile</i>		
<i>Micratya poeyi</i>		
<i>Xiphocaris elongata brevirostris</i>		

De plus, la recherche de l'ADN des espèces aquatiques effectuée dans la rivière, avec une méthode permettant de relever la présence d'espèces qui ne seraient pas récoltées par les pêches (Grondin *et al.* 2019), révèle une liste d'espèces similaire dans ce système (tableau I).

Tableau I : Liste d'espèces présentes dans le milieu, résultat de recherche d'ADN.
Source Programme Guad3E, PNG 2019 in Latchy 2021.

VII.2.B Préférences directement liées au débit

Comme de nombreux aspects des études ou des méthodes employées pour qualifier le fonctionnement des rivières antillaises, la prise en compte des préférences d'habitat **doit tenir compte des originalités fonctionnelles de ces milieux**. Les acquis de ces 20 dernières années ont, par exemple, montré que dans les rivières à fortes variations de débit, les forces qui déterminent la coexistence entre espèces sont principalement environnementales et liées aux écoulements, alors que dans les rivières à faibles variations de débit (petites rivières, ravines) les interactions entre les espèces étaient davantage déterminantes lors de la colonisation spatiale et l'implantation des espèces dans leurs habitats (Monti et Legendre 2009). **Les caractéristiques hydrauliques de la Grande rivière de Capesterre la placent dans la première catégorie et valident la relation essentielle entre débit et habitat.**

Parmi les variables dépendantes directement du débit, **la vitesse est essentiellement structurante** pour des raisons liées aux faibles profondeurs de la lame d'eau et aux

4

5

températures tropicales qui favorisent la désoxygénation....mais pas seulement (voir paragraphe suivant). De nombreuses études et relevés ont, par contre, montré **peu ou pas de préférence du point de vue de la profondeur pour les espèces présentes dans ce système** et portées tableau I. De façon générale et avec l'augmentation des connaissances acquises sur ces espèces, on observe *i*) une grande plasticité dans la colonisation de milieux de profondeur variable et *ii*) une assez faible variabilité des profondeurs par ailleurs mises à disposition par le milieu en condition de moyenne altitude. Le tableau II compile les préférences des espèces en termes de profondeur acquises par 1828 pêches couplées aux mesures physiques simultanées de vitesses et de profondeur dans les rivières antillaises et une synthèse de données recueillies entre 2005 et 2021. Tous les habitats choisis par les espèces le sont à partir de profondeurs situées entre 5cm et 35 cm en eau qui, compte tenu de la granulométrie du substrat de fond, se retrouvent à tous les débits.

Crustacés	
<i>Atya innocous</i>	30-
<i>Atya scabra</i>	25-45
<i>Macrobrachium carcinus</i>	25-60
<i>Macrobrachium crenulatum</i>	35-
<i>Macrobrachium faustinum</i>	15-45
<i>Macrobrachium heterochirus</i>	25-
<i>Micratya poeyi</i>	5-
<i>Potimirim glabra</i>	10-
<i>Xiphocaris elongata</i>	25-50
<i>Palaemonidae juvéniles</i>	5-20
Poissons	
<i>Sicydium punctatum</i>	10-
<i>Sicydium plumieri</i>	10-

Tableau II: Préférences d'habitat du point de vue de la profondeur (en cm) des espèces présentes dans la Grande rivière de Capesterre (source Gouezec 2006, Monti et Gouezec 2006, Monti et Legendre 2009, données Monti 2005-2021, Verhoest 2019). *La borne de gauche représente la valeur minimale, l'absence de borne de droite après le tiret indique la colonisation indifférente de toutes les profondeurs dépassant ce minimum.*

L'électivité de ces mêmes espèces en ce qui concerne les vitesses minimales nécessaires à la constitution de leur habitat potentiel figurent tableau III.

Crustacés	
<i>Atya innocous</i>	30-
<i>Atya scabra</i>	35-
<i>Macrobrachium carcinus</i>	30-80
<i>Macrobrachium crenulatum</i>	5-50
<i>Macrobrachium faustinum</i>	10-25
<i>Macrobrachium heterochirus</i>	20-
<i>Micratya poeyi</i>	15-
<i>Potimirim glabra</i>	0-15
<i>Xiphocaris elongata</i>	5-45
<i>Palaemonidae juvéniles</i>	5-15
Poissons	
<i>Sicydium punctatum</i>	10-
<i>Sicydium plumieri</i>	20-

Tableau III: Préférences d'habitat du point de vue de la vitesse (en cm/s) des espèces présentes dans la Grande rivière de Capesterre (source Gouezec 2006, Monti et Gouezec 2006, Monti et Legendre 2009, données Monti 2005-2021, Verhoest 2019). *La borne de gauche représente la valeur minimale, l'absence de borne de droite après le tiret indique la colonisation indifférente de toutes les vitesses dépassant ce minimum.*

VII.2.C Préférences indirectement liées au débit

Contrairement aux profondeurs, peu contributives dans la sélection de l'habitat de la majorité des espèces des rivières antillaises (et de celles retenues dans cette étude), les travaux menés ces 10 dernières années sur le contenu en isotopes du carbone et de l'azote de ces organismes ont progressivement montré l'influence et l'importance de **variables liées aux aspects trophiques dont certaines sont fortement dépendantes de la vitesse de la ressource en eau**. Ces études ont par exemple montré que la variation des débits impacte les flux de matière et d'énergie qui sont à la base des transferts au sein des réseaux trophiques des rivières antillaises, avec plus ou moins de modulation liée à la plasticité des stratégies alimentaires développée par les espèces.

On remarque par exemple une très forte dépendance des crustacés Atyidae (*Atya* sp. *Micratya* sp. *Potimirim* sp.) vis à vis de la matière allochtone (de provenance terrestre) amenée par le flux, avec des différences significatives dans le régime alimentaire entre faciès rapides et

faciès calmes, et une augmentation de la consommation de biofilm épilithique en milieu rapide (figure 23);

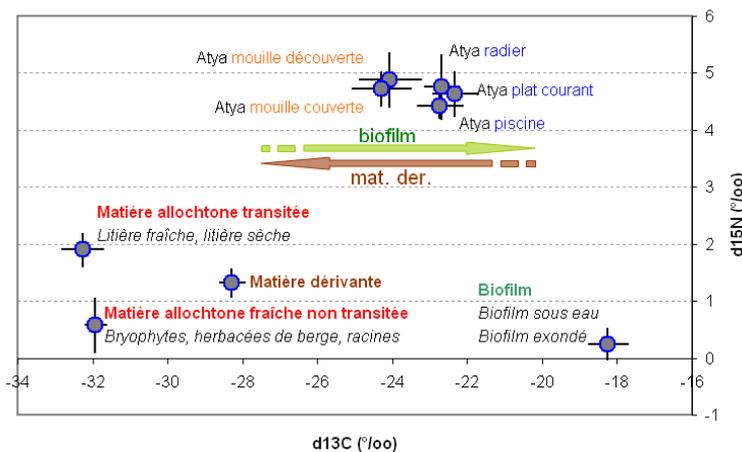


Figure 23 : Régime alimentaire d' *Atya innocuus* selon les écoulements. Source Monti *et al.* 2012.

Chez les poissons Gobiidae du genre *Sicydium* sp., une nette différence dans la part prise par le biofilm dans l'alimentation a été montrée, celle-ci étant maximale en écoulements rapides, ainsi que le choix préférentiel par le poisson de certaines diatomées du biofilm (Monti *et al.* 2018). Mais surtout, l'analyse lipidique des différents aliments consommés par ces espèces révèle que le **biofilm est une source principale d'acide eicosapentaénoïque (EPA), acide gras essentiel, pour les poissons et crustacés** (Frotté *et al.* 2021, annexe I).

En effet, dans les systèmes aquatiques en général, la Recherche a mis en évidence le rôle des acides gras polyinsaturés qui sont impliqués dans une grande variété de processus physiologiques mais ne peuvent pas être synthétisés par la plupart des animaux et doit donc provenir de leur alimentation. Ces composés essentiels sont des facteurs connus qui interviennent dans la croissance, le développement de poissons et d'invertébrés (Sargent *et*

6

al.1999 ; Wallis *et al.* 2002) ainsi que dans la qualité de leurs oeufs. **Les faibles niveaux d'EPA observés dans les crevettes antillaises suggèrent par exemple que cet acide gras essentiel pourrait être, ici aux Antilles, un sérieux facteur limitant.**

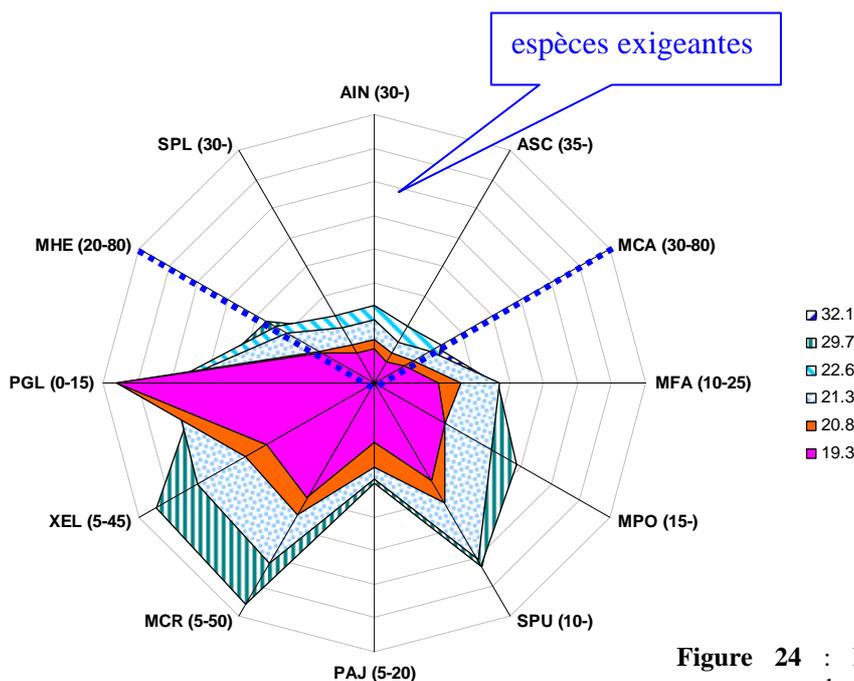
Le diagnostic de l'état initial de la prise d'eau de la Digue (Monti *et al.* 2021) ayant montré une différence très significative dans la capacité à produire de la biomasse diatomique entre amont et aval de la prise et **une abondance beaucoup plus importante de ces diatomées "de grande valeur trophique", en milieu rapide qu'en milieu lent en aval de la prise d'eau...**la question du maintien de vitesses minimales ayant un impact sur la ressource trophique se pose et sera abordée dans ce rapport.

VIII. Le couplage hydrologie/biologie/écologie pour un débit minimum

Les préférences des espèces sont mises en rapport avec le champ des vitesses produit par la ressource en eau, et ce, à différents débits (de 19.3% à 32.1% du module, tableau IV).

Tableau IV : Pourcentage d'habitat potentiel dans le tronçon critique des différentes espèces. AIN : *Atya innocous*, ASC : *Atya scabra*, MCA : *Macrobrachium carcinus*, MFA : *Macrobrachium faustinum*, MPO : *Micratya poeyi*, SPU : *Sicydium punctatum*, PAJ : Palaemonidae juvéniles, MCR : *Macrobrachium crenulatum* , XEL : *Xiphocaris elongata*, PGL : *Potimirim* sp., MHE : *Macrobrachium heterochirus*, SPL : *Sicydium plumieri*.

% module	AIN (30-)	ASC (35-)	MCA (30-80)	MFA (10-25)	MPO (15-)	SPU (10-)	PAJ (5-20)	MCR (5-50)	XEL (5-45)	PGL (0-15)	MHE (20-80)	SPL (30-)
32.1	23.01	17.00	21.19	35.83	44.29	63.30	29.47	66.61	63.73	55.71	34.35	21.45
29.7	21.45	18.68	18.22	36.36	48.56	62.86	29.90	76.11	74.19	51.44	36.97	18.31
22.6	18.31	11.60	22.87	17.58	39.36	46.09	16.79	49.06	45.30	60.64	33.57	23.01
21.3	18.92	14.12	18.74	36.79	40.02	60.94	28.68	61.81	60.16	59.58	29.82	18.92
20.8	13.00	10.11	12.94	25.44	23.99	41.02	25.19	45.16	43.97	76.01	18.28	13.00
19.3	10.36	7.24	10.26	19.01	24.10	33.41	17.58	39.45	37.05	75.90	18.10	10.36



La figure 24 présente la répartition des territoires potentiels sur ce tronçon naturellement ralenti. Les espèces aux besoins les plus "rapides" sont incluses entre les pointillés bleus. Leurs territoires sont naturellement faibles, même dans des débits réservés importants.

Figure 24 : Habitats potentiels des espèces, en pourcentage de la zone en eau. *Isolignes espacées de 10%.*

Au tiers du module, on observe toujours une forte dominance des habitats préférentiels fournis aux espèces peu exigeantes en termes de vitesse.

7

Toutefois, une contraction brutale des habitats potentiels, orientés vers les habitats les plus lents est visible à partir de 20.8% du module.

8

Les habitats potentiels, espèces par espèces, sont présentés figure 25a et 25b page suivante.

Un minimum de 10% d'habitat potentiel est matérialisé par une balise rouge.

9

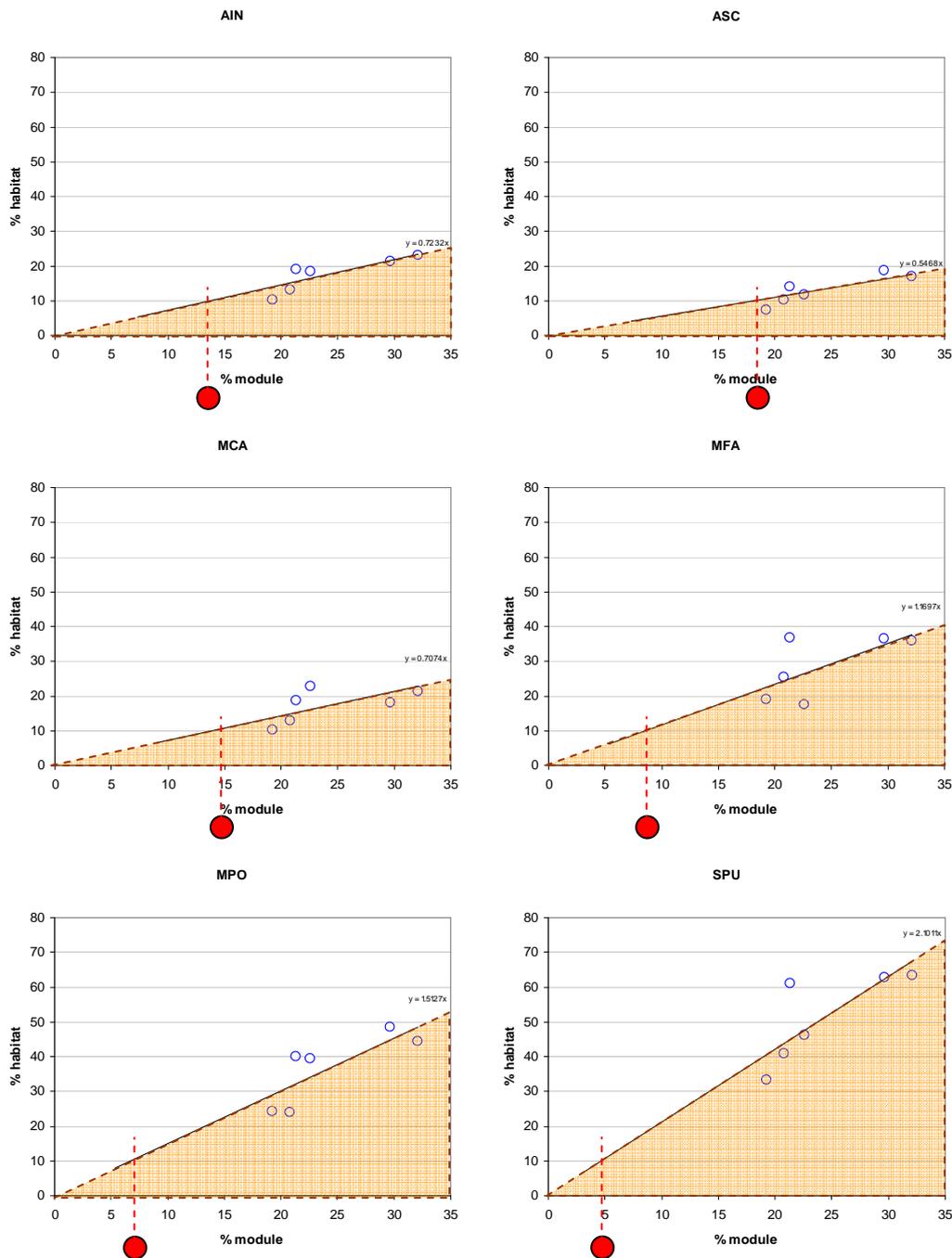


Figure 25a : Habitats potentiels d'*Atya innocous* (AIN), *Atya scabra* (ASC), *Macrobrachium carcinus* (MCA), *Macrobrachium faustinum* (MFA), *Micratya poeyi* (MPO) et *Sicydium punctatum* (SPU) en fonction des débits en pourcentages du module.

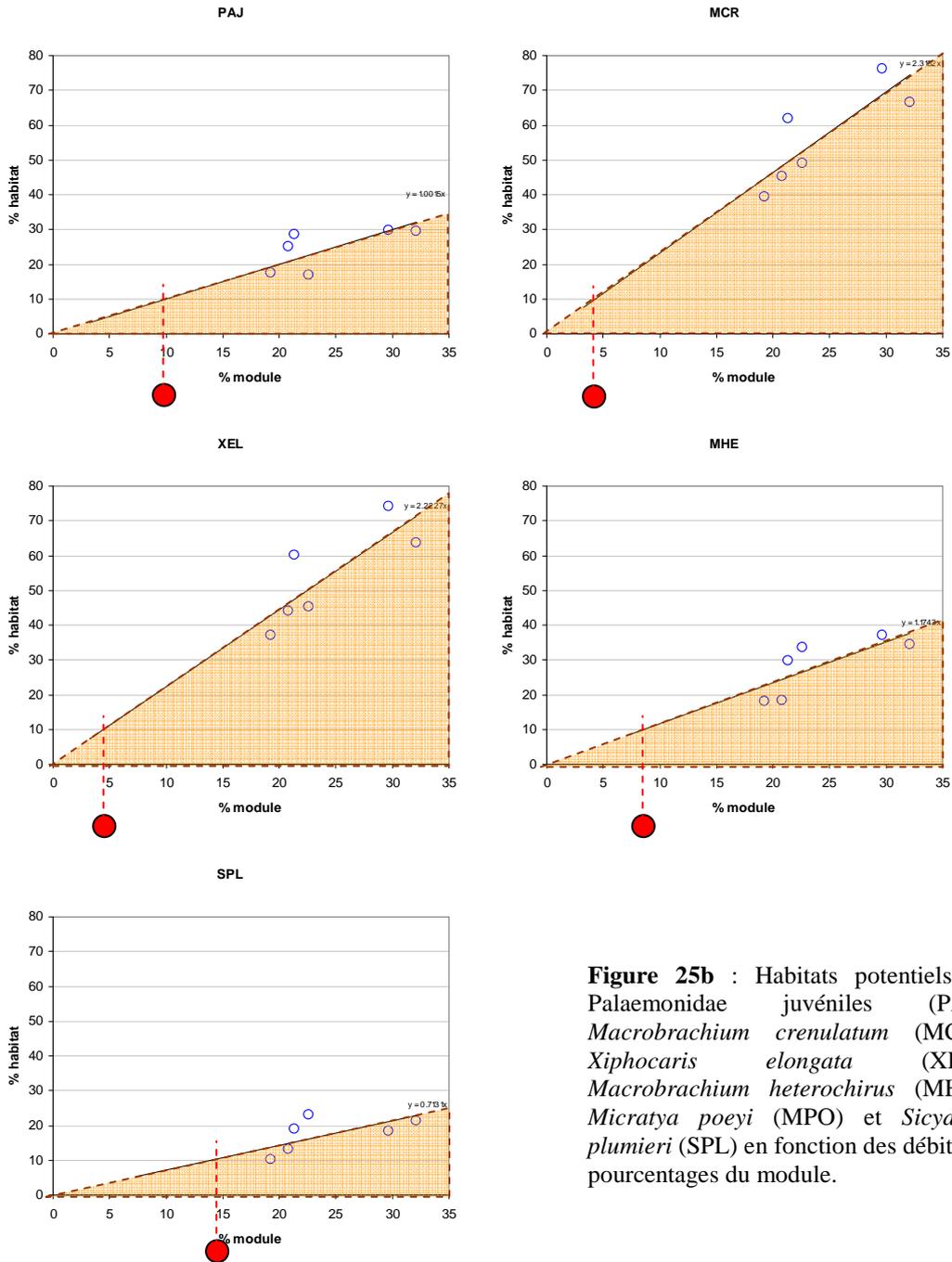


Figure 25b : Habitats potentiels de Palaemonidae juvéniles (PAJ), *Macrobrachium crenulatum* (MCR), *Xiphocaris elongata* (XEL), *Macrobrachium heterochirus* (MHE), *Micratya poeyi* (MPO) et *Sicydium plumieri* (SPL) en fonction des débits en pourcentages du module.

La surface d'habitat potentiel correspondant aux conditions permettant une croissance d'un biofilm épilithique de qualité (>25 cm/s, cf étude état initial sur la prise d'eau de la Digue 2021) est présentée figure 26. **On observe une diminution importante de la surface** (bâton brisé) **en dessous de 21.3% du module.**



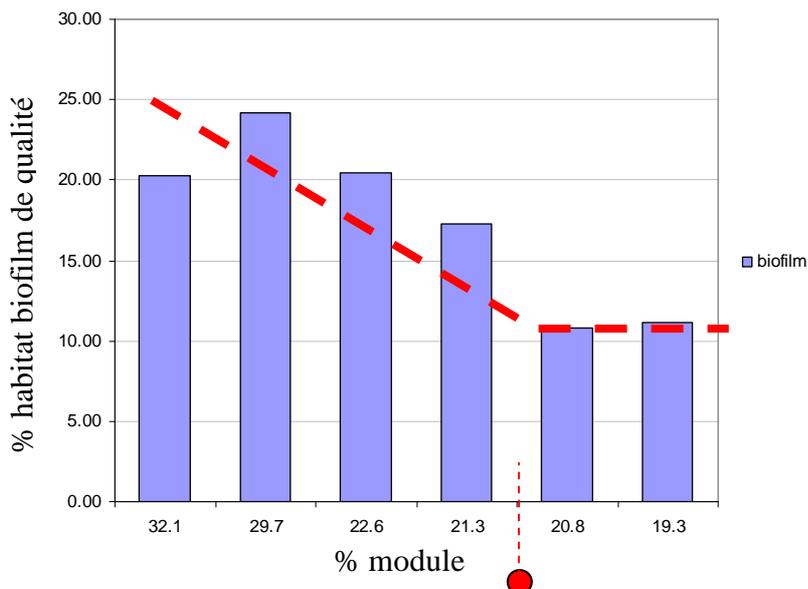


Figure 26 : Pourcentage de la zone en eau permettant le développement d'un biofilm enrichi en diatomées "de fort intérêt trophique" dans le tronçon critique, fonction du pourcentage du module.

Le récapitulatif des besoins des espèces pour que 10% de la surface de ce tronçon critique soit jugés aptes à permettre leur implantation (ou le développement d'un biofilm avec une structure enrichie en diatomées "d'intérêt trophique") figure dans le tableau V ci-dessous.

Espèce	% minimal du module pour un habitat potentiel de 10%
AIN	13
ASC	18
MCA	15
MFA	8
MPO	7
SPU	5
MCR	4
PAJ	10
XEL	5
MHE	8
SPL	15
BIOF	21

Tableau V : Pourcentage de module nécessaire à une offre de 10% d'habitat potentiel pour chaque espèce (balise rouge), au sein du tronçon critique. *Atya innocuus* (AIN), *Atya scabra* (ASC), *Macrobrachium carcinus* (MCA), *Macrobrachium faustinum* (MFA), *Micratya poeyi* (MPO), *Sicydium punctatum* (SPU), *Macrobrachium crenulatum* (MCR), Palaemonidae juvéniles (PAJ), *Xiphocaris elongata* (XEL), *Macrobrachium heterochirus* (MHE), *Sicydium plumieri* (SPL), biofilm épilithique de haute qualité trophique (BIOF).

En conclusion,

Ce tronçon, extrêmement défavorisé du point de vue de la vitesse des écoulements et situé à la fois directement sous impact de soustraction de ressource en eau et en amont de tout apport par affluent représente **l'application d'un principe de précaution maximal [1]** et **la vision la plus pénalisante en termes de maintien de débit minimum**. Le choix de prendre en compte non seulement les aspects purement physiques des habitats mais aussi une fonctionnalité importante dépendante du débit i.e. **la fourniture de ressource consommable de haute valeur trophique [2], [6]**, renforce encore les contraintes prises en compte dans

cette étude et rapproche davantage la méthode utilisée des besoins fonctionnels des espèces des rivières de la zone Antilles. Parmi les outils employés, la reconstruction des champs de vitesses dont dépendent l'évaluation des habitats a fait appel à **une méthode minimisant de nombreux biais liés à la non-stationnarité des vitesses** obtenues par d'autres méthodes d'échantillonnage par points [3] et permettant véritablement une perception instantanée des écoulements dans ce tronçon de la Grande rivière de Capesterre, rivière dans laquelle la variation des débits provoque **une organisation du vivant principalement sous dépendance de la vitesse des écoulements** [4], [5].

Ce tronçon critique, choisi pour ses écoulements ralentis, **manifeste naturellement une faible aptitude à la fourniture d'habitats pour des espèces exigeantes**, même pour des débits réservés équivalents au tiers du module [7]. Toutefois, **une contraction brutale des habitats potentiels orientés vers les espèces les moins exigeantes est visible à partir de 20.8%** du module [8].

L'examen des besoins de chaque espèce pour la maintenance de **10% de leur habitat potentiel** [9] montre des besoins plus importants en ce qui concerne *Atya innocous*, *Atya scabra*, *Macrobrachium carcinus*, *Sicydium plumieri* (entre 13 et 18% du module) et entre 4 et 10% pour les autres espèces. Toutefois, les conditions de **la production d'un biofilm de haute qualité trophique sur 10% du tronçon exige un débit minimum de 21% du module** [10]. Compte tenu de l'importance de ces aspects trophiques pour la fourniture acides gras essentiels à la croissance et à la reproduction des espèces présentes, **le choix contraignant de 21% du module est retenu.**

Cette valeur correspond à **un habitat potentiel de 16% de la surface en eau pour *Atya innocous*, 12% pour *Atya scabra*, 15% pour *Macrobrachium carcinus*, 25% pour *Macrobrachium faustinum*, 32% pour *Micratya poeyi*, 45% pour *Sicydium punctatum*, 50% pour *Macrobrachium crenulatum*, 21% pour les Palaemonidae juvéniles, 48% pour *Xiphocaris elongata*, 26% pour *Macrobrachium heterochirus* et 15% pour *Sicydium plumieri* leur apportant davantage de confort sur ce tronçon.**

IX. Les impacts de la restitution de la ressource, plus en aval

Souvent non étudiée, la restitution de la ressource dans les milieux d'aval s'accompagne aussi d'une modification des habitats potentiels pour les espèces présentes. Pour ce projet d'aménagement, la restitution est prévue au niveau d'un bras défavorisé en termes de débit (lit en tresse et rejet dans le bras le moins vivifié, voir figure 27).

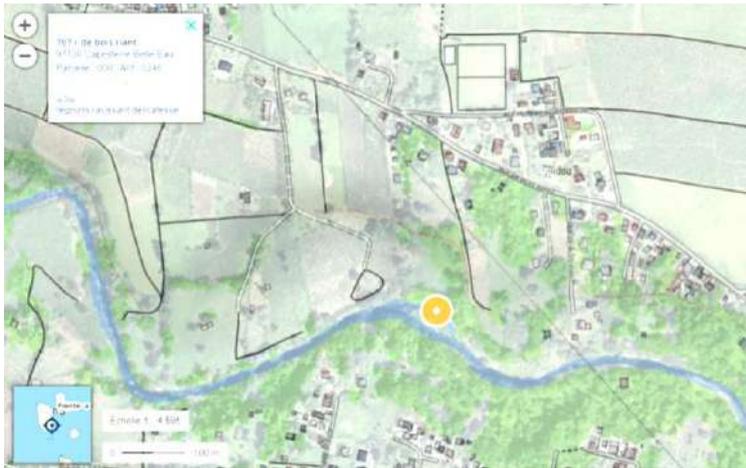
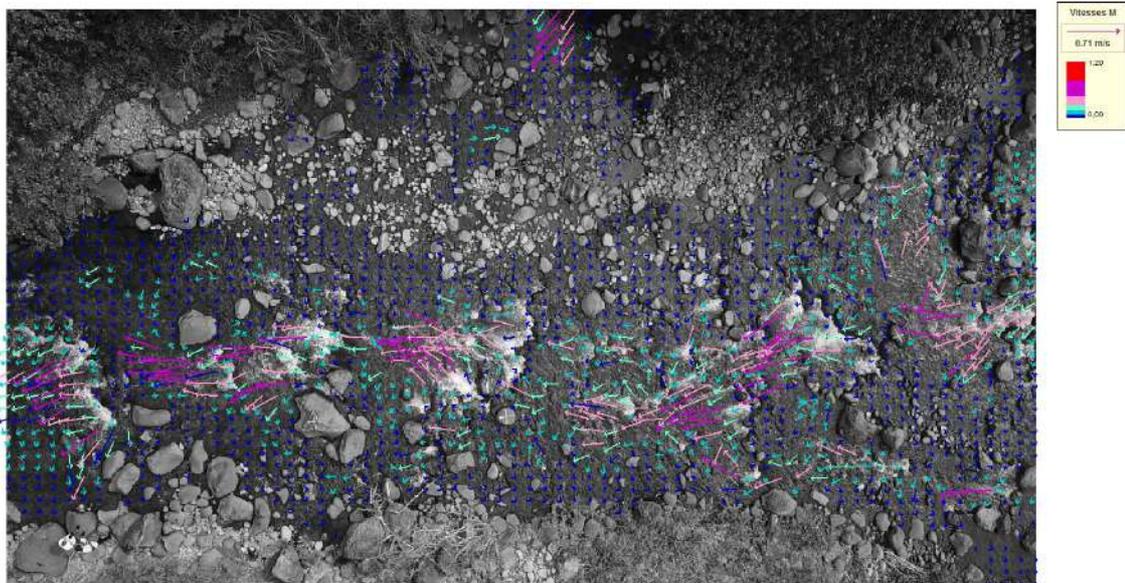


Figure 27 : Localisation de la restitution dans la Grande rivière de Capesterre.

Le débit restitué étant variable selon la saison et la quantité d'eau disponible en amont, la situation correspondant à une saison sèche dans laquelle un débit minimal nécessaire à l'amorçage des turbines sera retenu, soit 80L/s (comm. pers. Giacometti 2021). Cette situation limite ayant une faible probabilité d'être maintenue

dans la durée, les modifications du milieu correspondant à la restitution d'un débit de 0.12m³/s soit 1.5 fois la quantité d'eau minimale nécessaire à l'amorçage des turbines est examinée.



Répartition des vitesses 0.22 m³/s

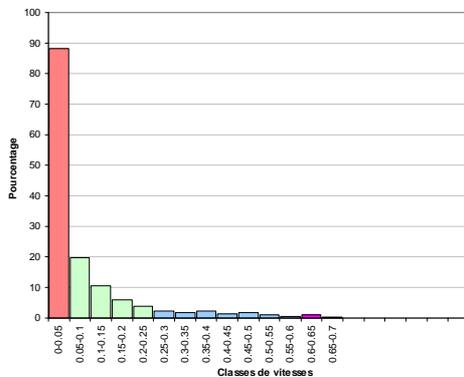


Figure 28 : Répartition des vitesses au niveau de la restitution pour un débit de 0.22m³/s, la valeur la plus faible rencontrée lors de la campagne de mesure.

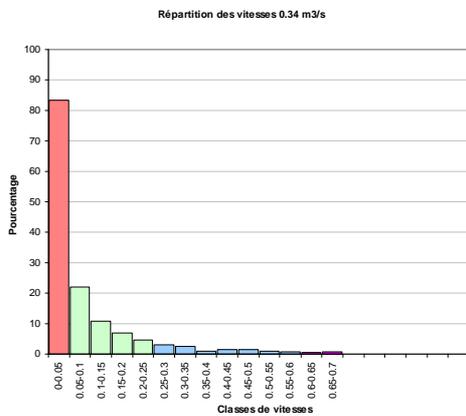
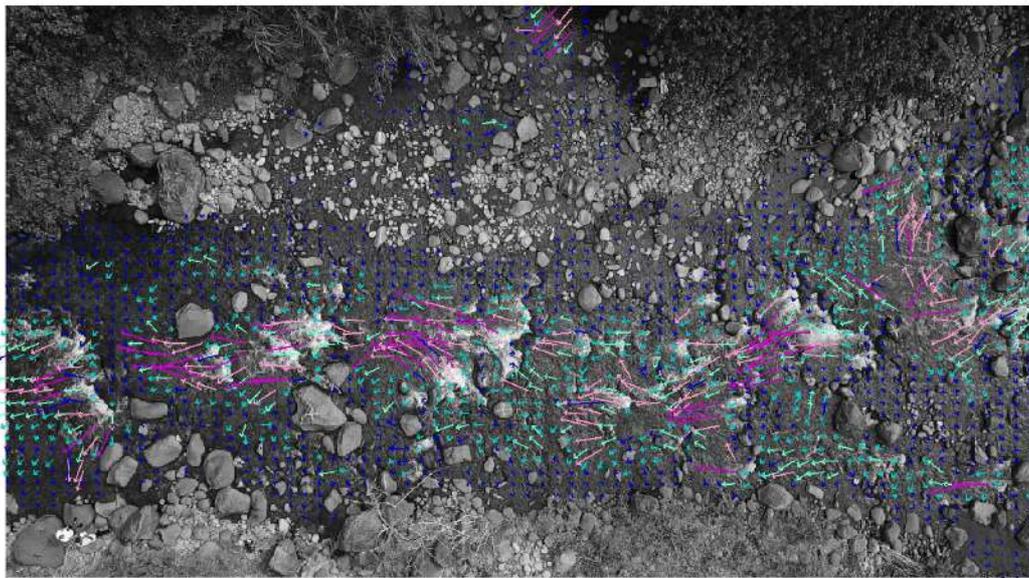


Figure 29 : Répartition des vitesses au niveau de la restitution pour un débit de 0.34m3/s, la valeur la plus grande rencontrée lors de la campagne de mesure.

Les modifications des habitats potentiels consécutives aux variations de vitesses produites au niveau de la restitution de l'eau turbinée lors d'un fonctionnement minimal des turbines sont présentées tableau VI.

Tableau VI : Pourcentage d'habitat potentiel avec une restitution de débit minimale (1.5 fois le débit d'amorçage). AIN : *Atya innocous*, ASC : *Atya scabra*, MCA : *Macrobrachium carcinus*, MFA : *Macrobrachium faustinum*, MPO : *Micratya poeyi*, SPU : *Sicydium punctatum*, PAJ : Palaemonidae juvéniles, MCR : *Macrobrachium crenulatum* , XEL : *Xiphocaris elongata*, PGL : *Potimirim* sp., MHE : *Macrobrachium heterochirus*, SPL : *Sicydium plumieri*.

Débit m3/s	30- AIN	35- ASC	30-80 MCA	5-50 MCR	10-25 MFA	20- MHE	15- MPO	0-15 PGL	5-45 XEL	5-15 PAJ	10- SPU	30- SPL
0.22	7.05	5.70	7.15	35.17	14.42	11.48	15.60	84.40	33.90	21.60	58.03	7.05
0.34	7.08	5.51	7.09	38.60	15.91	12.51	17.40	82.59	37.38	23.38	40.78	7.08

Un apport de 0.12m3/s sur le site de la restitution (1.5x le débit d'amorçage) n'est pas suffisant pour produire une augmentation des habitats potentiels d'espèces à forte demande en oxygène comme *Atya innocous*, *Atya scabra*, *Macrobrachium carcinus*, mais il bénéficie légèrement aux Palaemonidae *Macrobrachium crenulatum*, *Macrobrachium faustinum*, *Macrobrachium heterochirus*, à la Xiphocarididae *Xiphocaris elongata*, aux

11

12

juvéniles de Palaemonidae. Un accroissement de l'habitat d'espèces plus exigeantes demanderait un apport plus important et un fonctionnement à régime plus élevé.

En conclusion,

La faiblesse des débits relatifs sur ce bras de la rivière provoque une contraction des habitats potentiels en dessous de 10% de la surface en eau pour les espèces exigeantes (grands Atyidae, *Macrobrachium carcinus*, *Sicydium plumieri*). L'apport de ressource en eau qui serait effectuée lors d'un fonctionnement minimal de turbines en saison sèche ne serait pas suffisant pour produire une augmentation des habitats potentiels de ces espèces à forte demande en oxygène mais **s'accompagnerait d'une légère augmentation des habitats potentiels de Palaemonidae et Xiphocarididae , adultes et juvéniles [12].** Pour atteindre **10% d'habitat potentiel pour les espèces les plus exigeantes, le volume turbiné et restitué devra être plus important.**

REFERENCES

- Bios. 1997. Etude hydrobiologique de la rivière Bras David, Guadeloupe. Convention Conseil Général/Stucky/BIOS. 59 pages +annexes.
- Bovee K.D. 1982. A Guide to Stream Habitat Analysis Using the IFIM. Report FWS/OBS-82/26. US Fish and Wildlife Service: Fort Collins.
- Creutin J.-D., Muste M., Bradley A.A., Kim S.C., Kruger A. 2003. River gauging using PIV techniques: a proof of concept experiment on the Iowa River, *Journal of Hydrology* 277: 182–194.
- Dramais G., Le Coz J., Camenen B., Hauet A. 2011. Advantages of a mobile LSPIV method for measuring flood discharges and improving stage-discharge curves, *Journal of Hydro-Environment Research*, 5, 301-312.
- Frotté L., Bec A., Hubas C., Perrière F., Cordonnier S., Bezault E., Monti D. 2021. Upstream/downstream food quality differences in a Caribbean Island River, *Aquat. Ecol.* DOI 10.1007/s10452-021-09887-w.
- Fujita, I., Muste, M., Kruger, A. (1998) Large-scale particle image velocimetry for flow analysis in hydraulic engineering applications, *Journal of Hydraulic Research* 36(3): 397–414.

- Ginot V. , Souchon Y. , Capra H. , Breil P. , Valentin S. 1998. Evaluation de l'habitat physique des poissons en rivière. *Guide Méthodologique*. Guide de l'utilisateur. <http://docplayer.fr/140680090-Evha-version-2-0-evaluation-de-l-habitat-physique-des-poissons-en-riviere-guide-methodologique.html>
- Girard V., Monti D., Valade P., Lamouroux N., Mallet J.P., Grondin H. 2013. Generalised models of hydraulic preferences for freshwater shrimp and fish in tropical island streams. *River Research and Applications*, 30(6): 766-779.
- Gouezec E. 2004. La gestion des eaux douces de la Guadeloupe : les relations espèces milieu dans la démarche des débits biologiques minima - DESS Développement local, aménagement du territoire et Gestion des Ressources naturelles en milieu tropical, Université des Antilles et de la Guyane, 90 pages + annexes.
- Guadeloupe Energie 2021. <https://www.guadeloupe-energie.gp/energies-renouvelables/hydraulique/la-production-denergie-hydraulique/>
- Hauet A. 2006. Estimation de débit et mesure de vitesse en rivière par Large-Scale Particle Image Velocimetry, thèse de doctorat, Université de Grenoble.
- Hauet A., Kruger A., Krajewski W., Bradley A., Muste M., Creutin J.-D., Wilson, M. 2008. Experimental system for real-time discharge estimation using an image-based method, *Journal of Hydrologic Engineering* 13(2):105–110.
- Jodeau M., Bel C., Antoine G., Bodart G., Le Coz J., Faure J.-B., Hauet A., Leclercq F., Haddad H., Legout C., Marchand B. 2020. New developments of Fudaa-LSPIV, a user-friendly software to perform river velocity measurements in various flow conditions, *River Flow 2020*, Proceedings of the 10th Conference on Fluvial Hydraulics (Delft, Netherlands, 7-10 July 2020), CRC Press, eBook ISBN9781003110958.
- Jodeau M., Hauet A., Paquier A., Le Coz J., Dramais G. 2008. Application and evaluation of LS-PIV technique for the monitoring of river surface velocities in high flow conditions, *Flow Measurement and Instrumentation*, 19(2), 117-127.
- Lamouroux N. 2002. Estimhab : Estimation de l'impact sur l'habitat aquatique de la gestion hydraulique des cours d'eau. Logiciel et Guide Utilisateur. Cemagref - Onema. www.cemagref.fr, <http://www.pole-gestion.fr/uploads/ged/document/2014-10/estimhab2008.pdf>
- Lancaster J, Downes BJ. 2010. Linking the hydraulic world of individual organisms to ecological processes: putting ecology into ecohydraulics. *River Research and Applications* 26: 385–403.

- Latchy R. 2021. Trame verte et bleue, mise en œuvre du protocole ICE DOM sur deux obstacles à la continuité écologique aquatique en Guadeloupe. Master BEE Ecologie tropicale, Convention BIOS/Université des Antilles, 25pp + annexes.
- Le Coz J., Hauet A., Pierrefeu G., Dramais G., Camenen B. 2010. Performance of image-based velocimetry (LSPIV) applied to flash-flood discharge measurements in Mediterranean rivers, *Journal of Hydrology*, 394 (1-2), 42-52.
- Leclerc M. 2001. La modélisation d'habitats pour la détermination des débits réservés écologiques, *Hydrodynamique fluviale*, INRS.
- Monti D. 2004. Proposition de débits minima biologiques. Rivière Ferry (Guadeloupe). Convention BIOS/Bureau d'études Gaudriot, 24pp+ annexes.
- Monti D. et Gouezec E. 2006. Etablissement des préférences d'habitats d'espèces de Poissons et Crustacés d'eau douce. Conv. UAG/DIREN Guadeloupe et Parc National de la Guadeloupe, 151 pages + annexes.
- Monti D. et Legendre P. 2009. Shifts between biotic and physical driving forces of species organization under natural disturbance regimes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 66: 1282–1293
- Monti D., Marichal N., Doumbé O. et Lepoint G. 2012. Connectivité terre-eau : Importance des apports terrestres dans le maintien de la biodiversité en crustacés et poissons des rivières antillaises. Convention FRB/UAG/ULB, 72 pages + annexes.
- Monti, D. & Gouezec, E. (2006). Evaluation de préférences d'habitats d'espèces de Poissons et Crustacés d'eau douce en Guadeloupe, données utilisables dans la démarche de débits minima biologiques aux Antilles (version 2). Université des Antilles et de la Guyane, Pointe-à-Pitre.
- Muste M., Fujita I., Hauet A. 2008. Large-scale particle image velocimetry for measurements in riverine environments. *Water Resources Research* 44W00D19
- Prost O., Le Coarer Y., Lamouroux N., Capra H. 2014. Vers une nouvelle génération de modèles d'habitats numériques. Rapport d'étude. Convention IRSTEA - Onema 2013-2015. 34p. + ann. 5p.
- Raven PJ, Holmes NTH, Dawson FH, Kox PJA, Everard M, Fozzard IR, Rouen KJ. 1998. River Habitat Quality: The Physical Character of Rivers and Streams in the UK and Isle of Man. Report No. 2 to the Environment Agency.
- Sargent J, Bell G, McEvoy L et al (1999) Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture* 177:191–199.

- Simonnet L. 2008. Détermination des relations de préférence d'habitat dans des cours d'eau de la Martinique. Master professionnel en biodiversité tropicale, Spécialité : Écosystèmes naturels et exploités, Université des Antilles, 41 pages.
- Souchon Y. , Lamouroux N., Capra H. , Chandesris A. 2003. La méthodologie Estimhab dans le paysage de microhabitat. Cemagref Lyon.
- Verhoest L 2019. Quantification des habitats potentiels de crustacés et poissons d'eau douce en aval de la rivière La Rose. Rapport master 1 BEE-Ecotrop, université des Antilles, Guadeloupe, France, 23 p.
- Wallis JG, Watts JL, Browse J (2002) Polyunsaturated fatty acid synthesis: What will they think of next? *Trends Biochem Sci* 27:467–473.



Epilithic biofilm as a key factor for small-scale river fisheries on Caribbean islands

E. LEFRANÇOIS & S. COAT

EA 926 DYNECAR, Département de Biologie, Université des Antilles et de la Guyane, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France

G. LEPOINT

MARE Center, Laboratoire d'Océanologie, Université de Liège, Sart Tilman, Belgium

N. VACHIÉRY

UMR 15 CIRAD-INRA, Domaine Duclos, Prise d'eau, Petit Bourg, Guadeloupe, France

O. GROS

UMR-CNRS 7138, Département de Biologie, Université des Antilles et de la Guyane, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France

D. MONTI

EA 926 DYNECAR, Département de Biologie, Université des Antilles et de la Guyane, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France

Abstract Numerous freshwater species are consumed or exploited through artisanal fisheries in the rivers of the islands of Guadeloupe, French West Indies. Autochthonous production of organic matter is limited in these flowing rivers and is mainly represented by scarce filamentous green algae and an abundant epilithic biofilm growing on wet stones in the river bed. Stable isotope analysis was used to quantify the relative importance of biofilm and other riverine allochthonous and autochthonous food sources in the diet of tropical shrimps (*Palaeomonidae*, *Atyidae* and *Xiphocarididae*) and fishes (*Gobiidae* and *Eleotridae*) consumed by the local people. The epilithic biofilm was exploited by most species, constituted an important source of autochthonous carbon and was an important source of organic matter production at the base of freshwater food webs in Caribbean rivers. Biofilm percentages in the diet reached 32% for molluscs, 85% for atyid shrimps, 29% for xiphocaridid shrimps, 14% for palaemonid shrimps and 13% for fish. Assessment of biofilm in nine rivers showed that blue and red cyanobacteria were quantitatively dominant with a moderately rich diatom flora. These results address the interactions between river biofilm and Caribbean freshwater fauna where trophic links between consumers and their potential resources have poorly been documented.

KEYWORDS: crustacean, epilithic biofilm, fish, Guadeloupe, rivers, tropical.

Introduction

The aquatic fauna of mixed saline waters of river estuaries is a resource used for food in tropical islands. Transition-zone biotopes where salinity changes

according to distance from the ocean, water depth, run-off and season are among the most ecologically productive in the world (Day *et al.* 1989). According to Rothschild (1996), 70% of the global fish resources spend critical parts of their lives near the shore or near

Correspondence: E. Lefrançois, EA 926 DYNECAR, Laboratoire de Biologie Marine, UFR des Sciences Exactes et Naturelles, Département de Biologie, BP 592, 97159 Pointe-à-Pitre Cedex, Guadeloupe, France (e-mail: dominique.monti@univ-ag.fr)

river mouths. In tropical islands, people who choose to fish in river mouths have a chance of catching record-size specimens, higher quantities than in the open sea or specimens at particular life stages, especially juvenile fish and shrimp. Fourteen of the 26 native freshwater species common in Guadeloupe, French West Indies, are harvested for human consumption. The most exploited taxa are the Palaemonidae and Atyidae families of crustaceans, which are found in rivers and exhibit benthic and territorial behaviours. Fishing in rivers is usually carried out on foot, without boats or sophisticated fishing gear; and many microhabitats are exploited by the local people using a variety of simple and well-designed implements, such as bamboo baskets. The popular crustaceans of the Atyidae family [*Atya innocous* (Herbst) or *Atya scabra* (Leach)] are a category of special interest because of their lack of claws, their aggregative distribution (Monti & Legendre 2009) and non-aggressive behaviour. Atyid shrimps represent an easy-to-catch source of protein and are locally known as 'the poor man's meat'.

In the Caribbean Islands, species found in freshwater biota are practically all diadromous, with amphidromy being the most common strategy (Pringle 1997; Keith 2003). In this type of life cycle, the larvae drift towards the sea, and the post-larvae or juveniles re-enter the rivers 2–3 months later (Lord-Daunay 2009). These migrations are made on a regular basis, usually once or twice a year, in massive rhythmic inputs of live organisms from the sea (Monti 2005; Zimmermann 2009). At this time, the post-larvae and juveniles of the fish families Gobiidae and Eleotridae (locally called 'titiris' or 'tritri') are also consumed by the Guadeloupean people, as these fishes re-enter fresh waters in large numbers.

Moreover, throughout the Caribbean region, wild populations of Palaemonidae shrimps *Macrobrachium* spp. are of special interest because they often support commercial or artisanal fisheries (Holthuis 1980; Hunte & Mahon 1983). The largest individuals sometimes fetch a better price than the spiny lobster, *Panulirus argus* (Latreille). Thus, in Guadeloupe, as in developing countries (FAO 2008), small-scale fisheries based on river crustaceans and fish contribute to nutrition, to sustainable livelihoods or to poverty alleviation.

The trophic webs of these small tropical-island rivers have peculiarities caused by a unique combination of migrant species, tropical climate, steep catchment areas and strong disturbance regimes. Variation in flow regime is considered the most important source of natural disturbance in highly turbulent tropical stream systems (Jackson *et al.* 2001). Due to turbulent flows

(waves and bubbles caused by large rocks), high water velocity, frequent flood events and moderate water depths, phytoplanktonic and zooplanktonic compartments are poorly represented. Such rivers are strongly heterotrophic (Ortiz-Zayas *et al.* 2005). Autochthonous production is limited and mainly represented by scarce filamentous green algae and an epilithic biofilm growing on stones in the river bed (Coat *et al.* 2009). In such conditions of limited primary production, animals need to develop optimal strategies to catch and use allochthonous organic matter such as leaves, fruits and drifting particulate matter (DPM; Covich 1988; Henderson 1990; Iwata *et al.* 2003; Coat 2009). Moreover, species are able to adapt their diet, revealing high trophic plasticity (Winemiller 1991; Jensen & Winemiller 2002). A better knowledge of the dependence of these animals on autochthonous and allochthonous production and an evaluation of the key compartments in energy fluxes are vital for the sustainable management of small-scale river fisheries on Caribbean islands. The resilience of such aquatic ecosystems and their ability to sustain high species richness will be dependent on their capacity to assimilate energy inputs.

The objectives of this study were: (1) to quantify the incorporation of autochthonous organic production in the diets of Caribbean fish and crustacean species, with a particular focus on epilithic biofilm consumption; and (2) to couple these results with qualitative and quantitative data obtained on the composition of the biofilm (bacterial and photosynthetic elements) to be able to offer greater insight into the functioning of the Caribbean freshwater ecosystem.

Methods

Evaluation of food sources in animal diets

Sample collection Aquatic organisms were sampled in an 800-m long stretch of the lower part of the Rivière Grande Anse, Guadeloupe (16°00'N and 61°30'W, Fig. 1) during the rainy season, between September and October 2006. The lower part of the Rivière Grande Anse was chosen as being suitable for the first objective of the study due to its high aquatic biodiversity (Coat 2005). All the elements of the aquatic food web were sampled. Biofilm was scraped from the surface of submerged rocks, both in rapids and in calm biotopes. Filamentous green algae were collected from the river bed, leaf and fruit detritus were sampled from depositional areas and drifting organic matter was collected with a net (35 µm mesh) set for 1 h in the

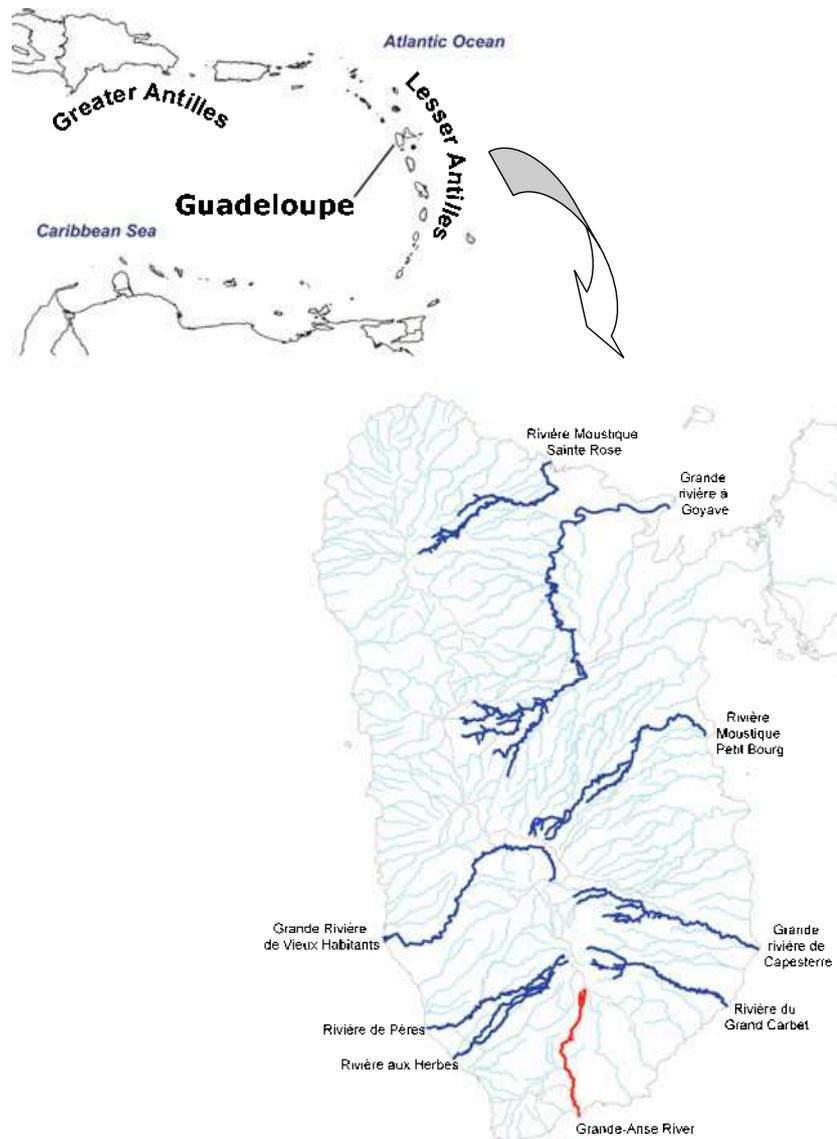


Figure 1. Location of Guadeloupe and the sampling sites in nine rivers of Basse-Terre Island.

water column. Fishes and shrimps were captured using backpack electric fishing gear (DEKA 3000; Gerätebau, Marsberg, Germany). Molluscs and crabs were picked by hand, and aquatic insects were collected using a hand-made Surber sampler. Plants and animals were frozen at $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ before being identified, enumerated and prepared for isotopic measurements.

Isotopic measurements Muscle tissue of fishes, shrimps and crabs was dissected, and molluscs were analysed whole (shell excluded). Samples were oven dried for 48 h at $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ and then ground to a homogenous powder using a pestle and mortar.

Measurements of carbon and nitrogen isotopic ratios were carried out with a mass spectrometer (Optima; GV Instruments, Cambridge, UK) coupled to a C-N-S elemental analyser (Carlo Erba, Pisa, Italy) for combustion and automated analysis. Isotopic ratios were presented as δ values (‰) expressed in relation to the vPDB (Vienna PeeDee Belemnite) standard and to atmospheric N_2 for carbon and nitrogen, respectively. Reference materials were IAEA-N1 ($\delta^{15}\text{N} = 0.4 \pm 0.2\text{‰}$) and IAEA CH-6 ($\delta^{13}\text{C} = -10.4 \pm 0.2\text{‰}$). Experimental precision (based on the standard deviation of replicates of an internal standard) was 0.3‰ and 0.4‰ for carbon and nitrogen, respectively. A lipid

normalisation procedure, essential for lipid-rich tissues (C:N > 4), was used to take into account the effects of lipid isotopes (DeNiro & Epstein 1977).

Data analysis and food source modelling $\delta^{13}\text{C}$ vs $\delta^{15}\text{N}$ values were plotted to determine the trophic linkages between producers and consumers. For each species, the potentially exploited diet items (identified from isotopic signatures and literature) were tested with the Isosource 1.3 software (Phillips & Gregg 2003), a program used to estimate the proportion of the multiple potential food sources in the consumers' diets when n isotopes are being used and more than $n + 1$ sources are likely to be contributing to a mixture. Isosource uses stable isotope data to calculate feasible ranges of source contributions through the following procedure. First, all possible combinations of source proportions that sum to 100% were calculated in user-specified increments (set at 1%). Second, the predicted isotope values of each animal were computed using linear mixing-model equations that preserve mass balance. Isotope values of computed mixtures are then compared with the observed isotope values, and the range of combinations that match within a user-specified tolerance value (set at 0.4%) was then described. Trophic fractionation for C (i.e. the shift in stable isotope ratio between a consumer and its diet) was set at 1‰ for all consumers (DeNiro & Epstein 1981; Rau *et al.* 1983). Trophic fractionation for N is greater and increases with high-protein diets (McCutchan *et al.* 2003). Fractionation values for N were assumed to be 2‰ for molluscs, 2.5‰ for detritivorous shrimps and algivorous fishes and 3‰ for omnivorous shrimps, crabs and fishes. These presumed feeding modes are based on dietary data from the literature coupled with the interpretation of the $\delta^{13}\text{C}$ vs $\delta^{15}\text{N}$ plot. The mass balance tolerance was set at 0.4‰ and the source increment was set at 1%. A spreadsheet available from the U.S. Environmental Protection Agency (<http://www.epa.gov/wed/pages/models.htm>) was used to perform calculations for the Isosource model. Differences between the isotopic signatures of sources and consumers were tested using the Mann–Whitney or Kruskal–Wallis nonparametric tests (XLSTAT-PRO version 7-5-2; AddinSoft, Paris, France).

Determination of epilithic biofilm components

Sample collection Biofilm was concurrently sampled in the downstream reaches of nine rivers, including Rivière Grande Anse. At each site, five

previously cleaned natural stones were placed in riffles to constitute replicates. Riffles were selected to avoid sediment deposition. After 3 weeks of colonisation, the biofilm was collected according to the European standardised method NF T90-354 (AFNOR 2007). Briefly, this procedure included the collection of the biofilm sample from 100 cm² artificial or natural substrate placed in a sunny riffle. Samples were stored in flasks containing 40 mL of river water at 4 °C. Half of each sample was processed by flow cytometry within 3 h of collection. The other half of each sample was fixed in formaldehyde at a final concentration of 3% for species identification.

Flow cytometry analyses After filtration through a 40 µm nylon filter (Becton Dickinson, San Jose, CA, USA), samples were analysed on a FACSCalibur flow cytometer equipped with an argon-ion excitation laser (blue light, 488 nm) and the CellQuest 3.01 software (Becton Dickinson). A forward and side scatter gate was set to exclude events characterised by very low forward light intensity caused by the abundance of dispersed particles resulting from the biofilm suspension. One hundred thousand events within this gate were acquired per sample.

Aliquots were taken from each sample and stained with propidium iodide (PI) and Syto 9 (Molecular Probes, Invitrogen, Cergy-Pontoise, France) at a final concentration of 3‰ for 20 min at room temperature and in the dark. The fluorescence of cells stained with PI and Syto 9 was measured to study cell viability; Syto 9 produces green fluorescence when excited by blue light and PI suppress this fluorescence specifically in dead or damaged cells. It follows that green fluorescence identifies the living part of the cell population.

Measurement of the forward light-scatter signal (correlated with the size of the cells) and of the side light-scatter signal (correlated with the granularity of the cells) allowed the identification of several groups of cells. The size scatter was calibrated using 1 µm fluorescent polystyrene balls. Cytometric analysis of a pure *Nitzschia palea* diatom culture was undertaken to confirm that diatoms result in large size and high granularity events and that they produce a red fluorescence under a 488 nm incident light due to chlorophyll *a* and carotenoid pigments. The only other auto-fluorescent pigments are phycobilins found in cyanobacteria and cryptomonads (Gregor & Marsálek 2005).

All cyanobacteria species synthesise phycocyanin (non-fluorescent under blue light); but only a few and mostly marine species ('red cyanobacteria'; Parésys *et al.* 2005) synthesise phycoerythrin, which emits an

orange fluorescence ($\lambda = 575$ nm) under green light (optimum $\lambda = 532$ nm). Several measurements were, therefore, carried out: (1) the proportion of red and orange auto-fluorescence in the subset characterised by large size and high granularity events; (2) the mean fluorescence intensity of each subset, which depends on the number of pigment molecules per cell; and (3) cell viability (green fluorescence after staining) expressed as the percentage of viable cells in all the events analysed by flow cytometry.

Species identification Species were identified according to European standardised methods NF EN-14407 (AFNOR 2004). Diatom identification was based on microscopic observation of the frustule. Samples preserved in formaldehyde solution were first processed with boiling hydrogen peroxide (30%) and, when necessary, with hydrochloric acid to eliminate cell protoplasm. They were then centrifuged and rinsed. After dehydration, a drop of the pellet was included in a very highly refractive medium (Naphrax; Brunel Microscopes Ltd, Chippenham, UK) between the slide and coverslip. Four hundred valves per sample were observed using a polarising microscope at 1000 \times and determined to species level. Some samples were analysed with a scanning electron microscope to assist taxonomic identification. Formalin-preserved diatoms were rinsed three times in distilled water before dehydration through an ascending series of acetone, critical-point dried in CO₂ and sputter-coated with gold before observation under a Hitachi S 2500 scanning electron microscope (Hitachi France, Paris, France) at an accelerating voltage of 20 kV.

Results

Food web structure and contributions of food sources to animal diets

Algae, biofilm, leaves, fruits and DPM made up the basal resources of the food web. Insect biomass was found to be negligible in the Rivière Grande Anse. The consumer community included molluscs (Neritidae, Thiaridae and Ampullaridae), shrimps (Atyidae, Xiphocarididae and Palaemonidae), crabs (Pseudothelphusidae) and fishes (Gobiidae and Eleotridae). Figure 2 illustrates the food web structure, with nitrogen isotopic ratios ($\delta^{15}\text{N}$) indicating the trophic levels of organisms and carbon isotopic ratios ($\delta^{13}\text{C}$) estimating the energy links between basal food sources and consumers. The dominant carbon sources of producers (squares in Fig. 2) displayed the lowest $\delta^{15}\text{N}$ values, indicating their basal positions in the food

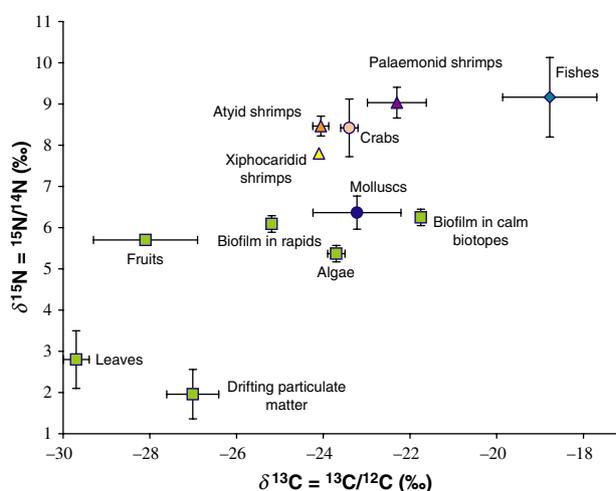


Figure 2. Isotopic signatures (mean \pm 95% CI) of animals and their potential food sources collected.

web. Isotopic signatures of these dominant carbon sources were distinguished, including DPM, biofilm and algae. The proximity between DPM and leaves originating from terrestrial ecosystem suggested that DPM was mainly composed of plant fragments. $\delta^{15}\text{N}$ signatures of consumers were higher and were found to increase from mollusc to fish species. Crustaceans displayed intermediate nitrogen signatures.

Relative contributions of the food sources calculated using the Isosource model revealed that biofilm was commonly and heavily exploited by the freshwater fauna (Fig. 3). All but the crab species appeared to consume this autochthonous resource. The mean proportion of biofilm in the consumers' diets varied among groups and ranged from 32% for molluscs to 13% for fishes. Focusing on crustacean species targeted by small-scale fisheries, the mean proportion of biofilm in the diet reached 96% for *Atya innocous* (Herbst), 73% for *Atya scabra* (Leach), 29% for *Xiphocaris elongata* (Guérin-M neville), 13% for *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann), 15% for *Macrobrachium crenulatum* Holthuis, 16% for *Macrobrachium faustum* (De Saussure) and 12% for *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann).

Biofilm composition

The identification and assessment of the relative abundance of biofilm components were performed through flow cytometry. Three subsets (R1, R2 and R3 regions) were distinguished according to size, granularity and fluorescence measurements. Only events of a size between 1 and 100 μm (belonging to

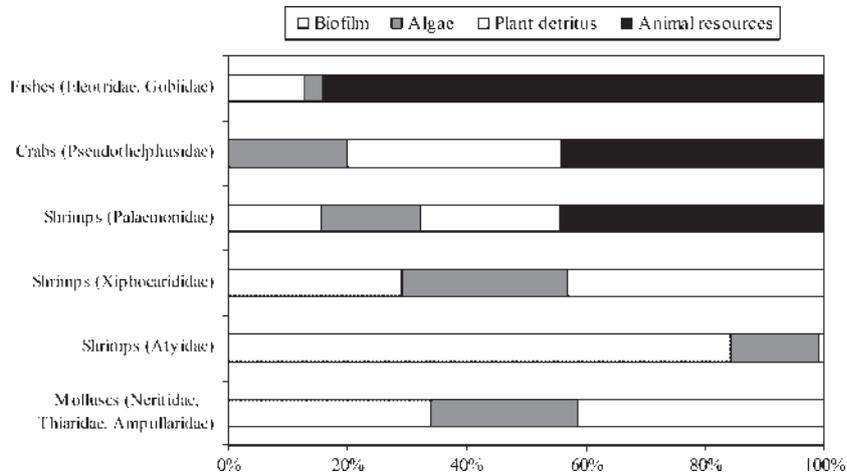


Figure 3. Mean contribution of biofilm, algae, plant detritus and animal resources to the diet of freshwater consumers in the Rivière Grande Anse.

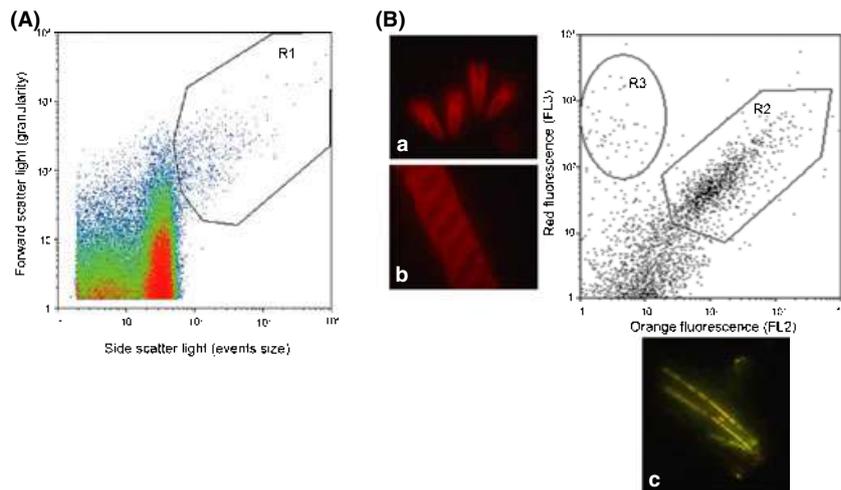


Figure 4. (A) Cytometric profile of epilithic biofilm. (B) Fluorescence under blue light of R1 events: (a) chloroplasts of diatoms (*Gomphonema* sp.); (b) chloroplasts of chlorophyta; (c) protoplasm of cyanobacteria (fluorescence microscopy, $\times 1000$).

the R1 region) can be defined as eukaryotic cells. These cells are also characterised by a high granularity (Fig. 4A). Events smaller than $1 \mu\text{m}$ include debris and some prokaryotes, and these were not analysed by fluorescence. Among these events (R1 region), photosynthetic cells exhibited a red fluorescence (R3 region), while some other events displayed an orange fluorescence (R2 region) (Fig. 4B). The orange fluorescence was confirmed by fluorescence microscopy, and the cells were, therefore, considered to be cyanobacteria. The other events of the R1 region were not fluorescent under blue light and included empty frustules and blue cyanobacteria (those containing only phycocyanin).

The biofilm analysed for the nine rivers showed a strong dominance of cyanobacteria among fluorescent

cells. Although blue cyanobacteria are usually found in rivers (Parésys *et al.* 2005), cytometric analysis revealed a high proportion of red cyanobacteria, which varied from 77% of all fluorescent cells in Rivière Moustique Sainte Rose to nearly 100% in Grande Rivière de Vieux-Habitants (Fig. 5).

The biofilm diatom community in the nine sampled river mouths was made up of both cosmopolitan taxa and those that are specific to the region. The results revealed low diversity, with only 58 species, and a strong dominance of a few taxa. Three families of pennate diatoms (Naviculaceae, Nitschiaceae, Monoraphideae) made up 99% of the diatom community, and Araphideae and Epithemiaceae were scarce. *Cymbella tropica* Krammer, *Eolimna verecundaeformis* (Manguin), *Gomphonema brasiliense* ssp. *pacificum*

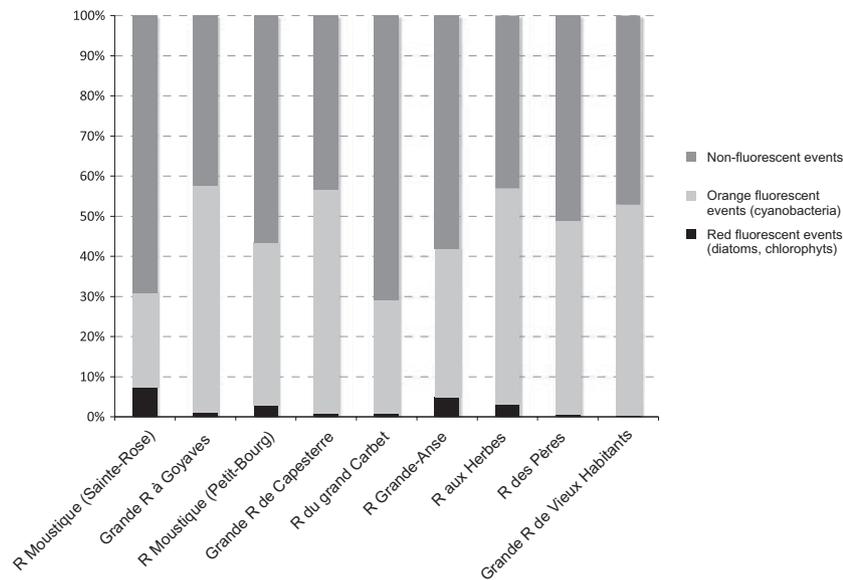


Figure 5. Attribution of fluorescence among large size and high granularity events.

Moser, *Navicula incarum* Lange-Bertalot & Rumrich, *Navicula quasidisjuncta* Lange-Bertalot & Rumrich, *Naviculadicta nanogomphonema* Lange-Bertalot & Rumrich were the main taxa found in Guadeloupe rivers.

Discussion

Biofilm as a significant food source

Food webs in the rivers of Caribbean islands are essentially based on biofilm, filamentous algae and terrestrial or plant detritus (Coat *et al.* 2009). In these rivers, flow is a major factor in aquatic ecosystem organisation due to the limitation of allochthonous food source residence time (litter, fruits or terrestrial products) and the negatively affected capacity for development of macroalgae under high velocity conditions. The results obtained during this study show that epilithic biofilm is the autochthonous producer most exploited by a wide range of freshwater species, and that it could even constitute the dominant resource for some species, such as atyid shrimps, in running waters. One reason why biofilm production supports an important part of animal biomass in these systems could be that allochthonous carbon is mostly recalcitrant (i.e. it resists bioactivity). On the other hand, carbon from autochthonous primary production, although much less plentiful, is generally more labile (easier to assimilate), contains more energy per unit mass and is typically preferred by metazoans (Thorp & Delong 2002).

Another reason could be that the biofilm, tightly affixed to the stony substrate, is one of the few perennial resources available. Considering the extreme variability of floods determining allochthonous inputs in Guadeloupean rivers (Chaperon *et al.* 1985), epilithic biofilm could be considered pivotal to the sustainability of aquatic biodiversity. This greater-than-expected trophic role of biofilms in animal diets is supported by research on aquatic ecosystems that has demonstrated unexpected biofilm grazing behaviours in species other than invertebrates or fish, as observed in shorebirds (Kuwae *et al.* 2008).

Scarcity of microalgae

The biofilm composition (i.e. the proportion of each of its components: heterotrophic bacteria, cyanobacteria, microalgae and extracellular matrix) and its nutritional quality are well known in temperate aquatic systems (Liess & Kahlert 2009) and in some tropical areas (Pringle 1996; Burns & Ryder 2001), but little is known about the biofilm composition in the Caribbean islands. The results obtained on the epilithic biofilm of nine rivers located in Guadeloupe Island show a relative scarcity of diatomic compartments. One consequence is that the use of diatomic richness and diversity as a biological indicator of trophy and pollution of running waters (Prygiel & Coste 1999; Prygiel *et al.* 2002) may be less powerful in these Islands than in other countries.

Abreu *et al.* (2007) demonstrated that biofilm is an important food source, especially as a nitrogen

source, for juvenile penaeid shrimp. These authors also showed that juvenile shrimp preferentially consume centric diatoms, and they assume that this selective consumption stimulates biofilm chlorophyll *a*. This study found that centric diatoms were scarce in the biofilm, and the diatoms were mostly pennates. These results could be because of selective grazing of centric diatoms, but, unfortunately, the impact of animal behaviours on biofilm components and diatom species selection is still undocumented in Caribbean rivers. Another reason for the scarcity of centric diatom could be the influence of the strong hydrological disturbance regimes of the Caribbean rivers. Lopes Thompson *et al.* (2002) demonstrated that during the colonisation of biofilm on the substrate, which takes 2–3 weeks in these tropical rivers (Monti & Lefrançois 2010), bacterial populations and pennate diatoms first colonise the stones of the river bed. Perpetually exported by hydrological pressures and sediment abrasions, the epilithic biofilm of these rivers could be considered as being maintained in a non-mature state of colonisation. In Caribbean rivers, the enrichment and diversity of diatomic populations included in epilithic biofilm could have consequences for animal feeding and for the sustainability of the aquatic biodiversity. This needs to be evaluated.

Importance of cyanobacteria in biofilm

In the present study, the high proportion of cyanobacteria in the biofilm linked to the low fraction of microalgal components calls for additional studies to improve the identification of the epilithic cyanobacteria populations consumed by aquatic species, including the evaluation of a possible toxicity risk. Cyanobacteria are opportunistic organisms with high adaptive capacities, and some species are likely, under still poorly understood circumstances, to synthesise toxic metabolites called cyanotoxins (Araoz *et al.* 2007). Usually, among aquatic species, zooplankton is considered as one of the main targets of cyanotoxins Lampert 1981; De Bernardi & Guissani 1990; Ferrão-Filho *et al.* 2009), with proven ecophysiological consequences on planktonic crustaceans affecting motility, reproduction, filtering rates and growth (DeMott *et al.* 1991; Lurling 2003). In humans, cyanotoxins provoke health disorders depending on the route of exposure, the quantities absorbed and the toxicity of the cyanobacterial strain (Cecchi *et al.* 2009). Freshwater contamination by cyanobacteria and the toxins they synthesise can limit utilisation of water resources (Chorus & Bartram 1999). In Guadeloupe Island,

84.6% of the tap water comes from water abstraction points located directly in rivers (DIREN 2010). Given the importance of cyanobacteria in river biofilms, the level of cyanotoxins in tropical fresh waters should be of interest.

Acknowledgments

This research was funded by a grant to D. Monti from the Ministère de l'Outre-Mer (grant 07GUA6). G. Lepoint is research associate at FRS-F.N.R.S. The experiments comply with the current laws of the country in which they were performed.

References

- Abreu P.C., Ballester E.L.C., Odebrecht C., Wasielesky W., Cavalli R.O., Graneli W. & Anesio A.M. (2007) Importance of biofilm as food source for shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **347**, 88–96.
- AFNOR (2004) *Qualité de l'Eau - Guide pour l'Identification et le Dénombrement des Echantillons de Diatomées Benthiques de Rivières, et Leur Interprétation, Norme NF EN-14407*. Saint-Denis La Plaine, France: Association Française de Normalisation, 11 pp.
- AFNOR (2007) *Qualité de l'Eau-Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD), Norme NF T90-354*. Saint-Denis La Plaine, France: Association Française de Normalisation, 79 pp.
- Araoz R., Benoit E. & Molgo J. (2007) Cyanobacterial darkside: toxin production. In: Lavoisier (ed.) *Toxines Émergentes: Nouveaux Risques. Rencontres en Toxinologie*. Cachan, France: Lavoisier, pp. 123–138.
- Burns A. & Ryder D.S. (2001) Potential for biofilms as biological indicators in Australian riverine systems. *Ecological Management & Restoration* **2**, 53–63.
- Cecchi P., Arfi R., Berger C., Couté A., Gugger M. & Zongo F. (2009) Cyanobacteria, cyanotoxins and potential health hazards in small tropical reservoirs. In: M. Andreini, T. Schuetz & L. Harrington (eds) *Small Reservoirs Toolkit*. Battaramulla, Sri Lanka: International Water Management Institute, pp. 1–12.
- Chaperon P., L'Hôte Y. & Vuillaume G. (1985) Les ressources en eau de surface de la Guadeloupe. *Monographies Hydrologiques, Vol. 7*. Paris, France: Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), 834 pp.
- Chorus I. & Bartram J. (eds) (1999) *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. London: Edward & Francis N. Spon, 400 pp.

- Coat S. (2005) *Eléments sur la Contamination par les Pesticides de la Faune Aquatique des Rivières de Guadeloupe. Recherche d'Incidences sur l'Écologie d'une Espèce de Crustacé Palaemonidae: Macrobrachium faustinum*. Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France: Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies (DEA), Université des Antilles et de la Guyane, 40 pp.
- Coat S. (2009) *Identification du Réseau Trophique de Rivière et Étude de sa Contamination par les Pesticides Organochlorés (Chlordécone et β -HCH) en Guadeloupe*. PhD Dissertation, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France: Université des Antilles et de la Guyane, 209 pp.
- Coat S., Monti D., Bouchon C. & Lepoint G. (2009) Trophic relationships in a tropical stream food web assessed by stable isotope analysis. *Freshwater Biology* **54**, 1028–1041.
- Covich A.P. (1988) Atyid shrimps in the headwaters of the Luquillo Mountains, Puerto Rico: filter feeding in natural and artificial streams. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* **23**, 2108–2113.
- Day J.W., Hall C., Kemp W.M. & Yanez-Arancibia A. (eds) (1989) *Estuarine Ecology*. New York: Wiley Interscience, 576 pp.
- De Bernardi R. & Guissani G. (1990) Are blue-green algae a suitable food for zooplankton? An overview. *Hydrobiologia* **200/201**, 29–41.
- DeMott W.R., Zhang Q.-X. & Carmichael W.W. (1991) Effects of toxic cyanobacteria and purified toxins on the survival and feeding of a copepod and three species of *Daphnia*. *Limnology and Oceanography* **36**, 1346–1357.
- DeNiro M.J. & Epstein S. (1977) A mechanism of carbon isotope fractionation associated with lipid synthesis. *Science* **197**, 261–263.
- DeNiro M.J. & Epstein S. (1981) Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **45**, 341–351.
- DIREN (2010) *Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux 2010-2015*. Basse-Terre, Guadeloupe, France: Direction Régionale de l'Environnement de la Guadeloupe, 380 pp.
- FAO (2008) *Proceedings of the Global Conference on Small-Scale Fisheries. Securing Sustainable Small-Scale Fisheries: Bringing Together Responsible Fisheries and Social Development*, 13–17 October 2008. Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization, 190 pp.
- Ferrão-Filho A., Soares M.C., Freitas Magalhães V. & Azevedo S.M. (2009) Biomonitoring of cyanotoxins in two tropical reservoirs by cladoceran toxicity bioassays. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **72**, 479–489.
- Gregor J. & Marsálek B. (2005) A simple in vivo fluorescence method for the elective detection and quantification of freshwater cyanobacteria and eukaryotic algae. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* **33**, 142–148.
- Henderson P.A. (1990) Fish of the Amazonian Igapó: stability and conservation in a high diversity-low biomass system. *Journal of Fish Biology* **37**(Suppl. A), 61–66.
- Holthuis L.B. (1980) *FAO Species Catalogue. Vol. 1: Shrimps and Prawns of the World*. FAO Fisheries Synopsis 125. 271 pp.
- Hunte W. & Mahon R. (1983) Life history and exploitation of *Macrobrachium faustinum* in a tropical high-gradient river. *Fishery Bulletin* **81**, 1–11.
- Iwata T., Inoue M., Nakano S., Miyasaka H., Doi A. & Covich A.P. (2003) Shrimp abundance and habitat relationships in tropical rain-forest streams, Sarawak, Borneo. *Journal of Tropical Ecology* **19**, 387–395.
- Jackson D.A., Peres-Neto P.R. & Olden J.D. (2001) What controls who is where in freshwater fish communities – the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **58**, 157–170.
- Jensen D.B. & Winemiller K.O. (2002) Structure of tropical river food webs revealed by stable isotope ratios. *Oikos* **96**, 46–55.
- Keith P. (2003) Biology and ecology of amphidromous Gobiidae in the Indo-Pacific and the Caribbean regions. *Journal of Fish Biology* **63**, 831–847.
- Kuwae T., Beninger P.G., Decottignies P., Mathot K.J., Lund D.R. & Elner R.W. (2008) Biofilm grazing in a higher vertebrate: the western sandiper, *Calidris mauri*. *Ecology* **89**, 599–606.
- Lampert W. (1981) Inhibitory and toxic effects of blue green algae on *Daphnia*. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* **66**, 285–298.
- Liess A. & Kahlert M. (2009) Gastropod grazers affect periphyton nutrient stoichiometry by changing benthic algal taxonomy and through differential nutrient uptake. *Journal of the North American Benthological Society* **28**, 283–293.
- Lopes Thompson F., Abreu P.C. & Wasielesky W. (2002) Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture* **203**, 263–278.
- Lord-Daunay C. (2009) *Amphidromie, Endémisme et Dispersion: Traits d'Histoire de Vie et Histoire Évolutive du genre Sicyopterus (Teleostei : Gobioidae : Sicydiinae)*. PhD Dissertation, Paris, France: Muséum National d'Histoire Naturelle, 238 pp.
- Lurling M. (2003) Effects of microcystin-free and microcystin-containing strains of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* on growth of the grazer *Daphnia magna*. *Environmental Toxicology* **18**, 202–210.
- McCutchan J.H.J., Lewis W.M., Kendall C. & McGrath C.C. (2003) Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulphur. *Oikos* **102**, 378–390.

- Monti D. (2005) *Les Flux Biologiques à l'Échelle d'une Rivière: Éléments d'Écologie Fonctionnelle Destinés à la Gestion des Cours d'Eau, en Guadeloupe*. Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, France: Rapport Convention Bios Environnement, Parc National de la Guadeloupe, 38 pp.
- Monti D. & Lefrançois E. (2010) *Le Biofilm Épilitique, un Élément Fondamental du Fonctionnement des Milieux d'Eau Douce Antillais: Recherche de Bioindicateurs dans un Contexte de Pollution par les Pesticides*. Paris, France: Rapport Ministère de l'Outre Mer, 60 pp.
- Monti D. & Legendre P. (2009) Shifts between biotic and physical driving forces of species organization under natural disturbance regimes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **66**, 1282–1293.
- Ortiz-Zayas J.R., Lewis W.M. Jr, Saunders J.F. III, McCutchan J.H. Jr & Scatena F.N. (2005) Metabolism of a tropical rainforest stream. *Journal of the North American Benthological Society* **24**, 769–783.
- Parésys A., Rigart C., Rousseau B., Wong A.W.M., Fan F., Barbier J.-P. & Lavaud J. (2005) Quantitative and qualitative evaluation of phytoplankton communities by trichromatic chlorophyll fluorescence excitation with special focus on cyanobacteria. *Water Research* **39**, 911–921.
- Phillips D.L. & Gregg J.W. (2003) Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. *Oecologia* **136**, 261–269.
- Pringle C.M. (1996) Atyid shrimps (Decapoda: Atyidae) influence the spatial heterogeneity of algal communities over different scales in tropical montane streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology* **35**, 125–140.
- Pringle C.M. (1997) Exploring how disturbance is transmitted upstream: going against the flow. *Journal of the North American Benthological Society* **16**, 425–438.
- Prygiel J. & Coste M. (1999) Progress in the use of diatoms for monitoring rivers in France. In: J. Prygiel, B.A. Whitton & J. Bukowska (eds) *Use of Algae for Monitoring Rivers III*. Douai, France: Agence de l'Eau Artois Picardie, pp. 165–179.
- Prygiel J., Carpentier P., Almeida S., Coste M., Druart J.-C., Ector L., Guillard D., Honoré M.-A., Iserentant R., Ledeganck P., Lalanne-Cassou C., Lesniak C., Mercier I., Moncaut P., Nazart M., Nouchet N., Peres F., Peeters V., Rimet F., Rumeau A., Sabater S., Straub F., Torrisi M., Tudesque L., Van de Vijver B., Vidal H., Vizinet J. & Zydek N. (2002) Determination of the biological diatom index (IBD NF T 90-354): results of an intercomparison exercise. *Journal of Applied Phycology* **14**, 27–39.
- Rau G.H., Mearns A.J., Young D.R., Olson R.J., Schafer H.A. & Kaplan I.R. (1983) Animal $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ correlates with trophic level in pelagic food webs. *Ecology* **64**, 1314–1318.
- Rothschild B.J. (1996) How bountiful are ocean fisheries? *Consequences* **2**, 1–12.
- Thorp J.H. & Delong M.D. (2002) Dominance of autochthonous autotrophic carbon in food webs of heterotrophic rivers. *Oikos* **96**, 543–550.
- Winemiller K.O. (1991) Ecomorphological diversification of freshwater fish assemblages from five biotic regions. *Ecological Monographs* **61**, 343–365.
- Zimmermann G. (2009) *Variabilité Morphologique et Génétique des Macrobrachium (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) de l'Indo-ouest Pacifique : Évolution des Peuplements et Applications à la Gestion*. PhD Dissertation, Paris, France: Museum National d'Histoire Naturelle, 258 pp.

Annexe 3 : Selectivity on epilithic diatom consumption for two tropical sympatric gobies : *Sicydium oubctatum* Perugia, 1986 and *Sicydium plumieri* (Bloch, 1786)

Selectivity on epilithic diatom consumption for two tropical sympatric gobies: *Sicydium punctatum* Perugia, 1896 and *Sicydium plumieri* (Bloch, 1786)

by

Dominique MONTI^{*+} (1), Estelle LEFRANÇOIS^{*+} (2), Clara LORD (3), Jean-Michel MORTILLARO (3), Pascal Jean LOPEZ (3) & Philippe KEITH (3)



© SFI
Received: 31 Oct. 2016
Accepted: 30 May 2018
Editor: R. Causse

Abstract. – Rivers of the Caribbean islands harbour a freshwater fauna mainly constituted of migrant diadromous species. In these hyperturbulent ecosystems, the primary producers are mostly represented by a thin epilithic biofilm, mainly composed of diatoms. Comparison of the diatoms available from the environment with the ones consumed and located in the digestive tracts of two gobiid fish, *Sicydium punctatum* Perugia, 1896 and *Sicydium plumieri* (Bloch, 1786) were made at twelve sampling locations, located upstream or downstream of six rivers, in Guadeloupe. One hundred and ninety-one epilithic diatom species were identified. A statistical approach was used to determine diatoms that best characterize the two species digestive tracts content (*i.e.* “diagnostic species”) and to evaluate the statistical relationship between species abundances and groups of sites or conditions. Eight taxa belonging to five families were considered as significant diagnostic species of digestive tracts from fish collected upstream (*Achnanthydium subhudsonis*, *Achnanthes rupestoides*, *Diademsis contenta*, *Diademsis* sp., *Eolimna* sp., *Navicula (dicta) seminulum*, *Navicula difficillima* and *Nupela* sp.), and five taxa belonging to three families were considered as significant diagnostic species for fish collected downstream (*Gomphonema parvulum*, *Navicula arvensis*, *Navicula cruxmeridionalis*, *Nitzschia frustulum* and *Navicula incarum*). Results indicate selective consumption of epilithic diatoms by the two major fish observed in the mid and upper stream of Caribbean rivers

Key words
Bioindication
Caribbean Islands
Biofilm
Gobiidae
Tropical rivers

Résumé. – Consommation sélective de diatomées épilithiques chez deux espèces tropicales sympatriques : *Sicydium punctatum* Perugia, 1896 et *Sicydium plumieri* (Bloch, 1786).

Les rivières des îles des Caraïbes abritent une faune essentiellement composée d'espèces diadromes, migratrices. Dans ces écosystèmes hyperturbulents, le compartiment producteur est principalement constitué par un biofilm épilithique où les diatomées sont majoritaires. Une comparaison des assemblages diatomiques présents dans l'environnement avec ceux situés dans les tubes digestifs de deux Gobiidae, *Sicydium punctatum* Perugia, 1896 et *Sicydium plumieri* (Bloch, 1786) a été réalisée sur douze stations localisées en amont ou en aval de six rivières, en Guadeloupe. Cent quatre-vingt-onze taxons de diatomées épilithiques ont été identifiés. Une approche statistique a été utilisée pour déterminer les diatomées qui caractérisaient le mieux les contenus digestifs des deux poissons (*i.e.* “espèce indicatrice”) et évaluer la relation statistique entre les abondances diatomiques, les sites ou encore les conditions amont/aval. Huit taxons appartenant à cinq familles de diatomées se sont révélés indicateurs des contenus digestifs de poissons situés en amont des rivières (*Achnanthydium subhudsonis*, *Achnanthes rupestoides*, *Diademsis contenta*, *Diademsis* sp., *Eolimna* sp., *Navicula (dicta) seminulum*, *Navicula difficillima* et *Nupela* sp.), et cinq taxons appartenant à trois familles se sont révélés indicateurs chez les poissons pêchés en aval des rivières (*Gomphonema parvulum*, *Navicula arvensis*, *Navicula cruxmeridionalis*, *Nitzschia frustulum* et *Navicula incarum*). Les résultats ont montré une consommation sélective de certaines espèces de diatomées par les deux espèces de poissons majeurs des cours d'eau moyens et supérieurs aux Antilles.

The rivers of Guadeloupe and Martinique islands (French West Indies) are influenced by steep slopes and have hyperturbulent flows with a bed composed of large andesitic blocks, which only move under exceptionally high discharge. The organization of the foodwebs is distinct compared to most European rivers, with a scarcity of phy-

toplanktonic, zooplanktonic, and macroalgal components (Coat *et al.*, 2009) as well as a limited aquatic insect fauna in the most turbulent reaches of the rivers, from mid to high elevations (Touron-Poncet, 2014). Autochthonous production consists of an epilithic biofilm growing on stones in the river bed. This biofilm, tightly affixed to the stony substrate,

- (1) UMR BOREA, UA, MNHN, CNRS 7208, IRD 207, Sorbonne Université, UCBN, Campus de Fouillole, 97159 Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, FWI.
(2) 5 imp. Les Lambrusques, 34 980 Montferrier-sur-Lez, France.
(3) UMR BOREA, MNHN, CNRS 7208, IRD 207, Sorbonne Université, UCBN, Département des Milieux et Peuplements Aquatiques, Muséum national d'Histoire naturelle, 57 rue Cuvier, CP26, 75231 Paris cedex 05, France. [Clara.lord@mnhn.fr] [Email Jean-Michel Mortillaro] [Email Pascal Jean Lopez] [keith@mnhn.fr]

* Corresponding authors [dominique.monti@univ-antilles.fr] [estellelefrancois82@gmail.com]

+ These authors contributed equally to this work

Cybiu proofs: 1-9.

is one of the few perennial resources available. Considering the extreme variability of allochthonous inputs in these rivers, epilithic biofilm and diatoms therein could be regarded as pivotal for the sustainability of freshwater biodiversity in these regions (Burns and Keith 2000; Brito *et al.*, 2006; Lefrançois *et al.*, 2010).

Rivers on Guadeloupe and Martinique are inhabited by sympatric Sicydiinae gobies (genus *Sicydium*: *S. punctatum* and *S. plumieri*; Teleostei: Gobioidi). These species are prominent in the Caribbean region, the Greater Antilles and the Bahamas (Lyons, 2005; Monti *et al.*, 2010; Keith *et al.*, 2011; Tabouret *et al.*, 2011, 2015). Sicydiinae gobies are amphidromous, *i.e.* they migrate from freshwater to saltwater (seawater or mangrove) at different moments of their life cycle (Lejeune *et al.*, 2016). The adults live and reproduce in rivers and the larvae hatch in freshwaters (Bell *et al.*, 1995, 1997), then drift downstream in generally less than three days (Ellien *et al.*, 2011). After a dispersal phase, larvae return to freshwater where they undergo a true metamorphosis (Taillebois *et al.*, 2011) and immediately migrate upstream in a schooling behaviour, until they find a territory to settle and reproduce (Bell and Brown, 1995; Blob *et al.*, 2006; Maie *et al.*, 2007; Kawano *et al.*, 2013). These two species are the only fish found in the Caribbean rivers that have a trophic specialization so high, as they only scrape epilithic biofilm and diatoms off the substrate to feed (Erdmann, 1961, 1986; Coat *et al.*, 2009; Barbeyron *et al.*, 2017).

This study aims to analyse, by determining diatoms in the environment and in the gut tubes of *S. punctatum* and *S. plumieri*, whether (1) the two fish exhibit selective feeding within the available diatoms in their environment; (2) if there are any differences in available diatoms species and their consumption between upstream and downstream habitats and (3) whether these two sympatric gobies exploit the same diatom species from the biofilm.

MATERIALS AND METHODS

Samples were collected in February and March 2013, in six rivers of Guadeloupe Island (Fig. 1; Tab. I) known for their pristine or polluted contexts (OEG databases, 2013). In each river, the biofilm and fish were sampled upstream and downstream in riffles. At these twelve sampling locations, epilithic biofilm was scraped from the surface of submerged rocks with a knife and a brush, according to standard NF T 90-354 (20 cm under the surface and 100 cm² collected

on at least five stones), and each sample was fixed in buffered formaldehyde at a final concentration of 10 percent. The preparation and mounting of diatoms were also made in accordance with standard protocol NF T 90-354. Because identification of diatoms is based on microscopic examination of their siliceous frustules, samples were treated with hot concentrated hydrogen peroxide (H₂O₂ 30%) to eliminate protoplasm and, when appropriate, with hydrochloric acid (removal of carbonates). After drying, the diatoms were mounted in refractive resin, Naphrax (Northern Biological Supplies Ltd., England – Refractive index = 1.74) and then identified. The counting protocol and identification of diatom valves is defined by the European Standard EN 14407 2004 (see also Stoermer *et al.*, 1996). Four hundred diatom valves were counted and identified to the species level for each sample.

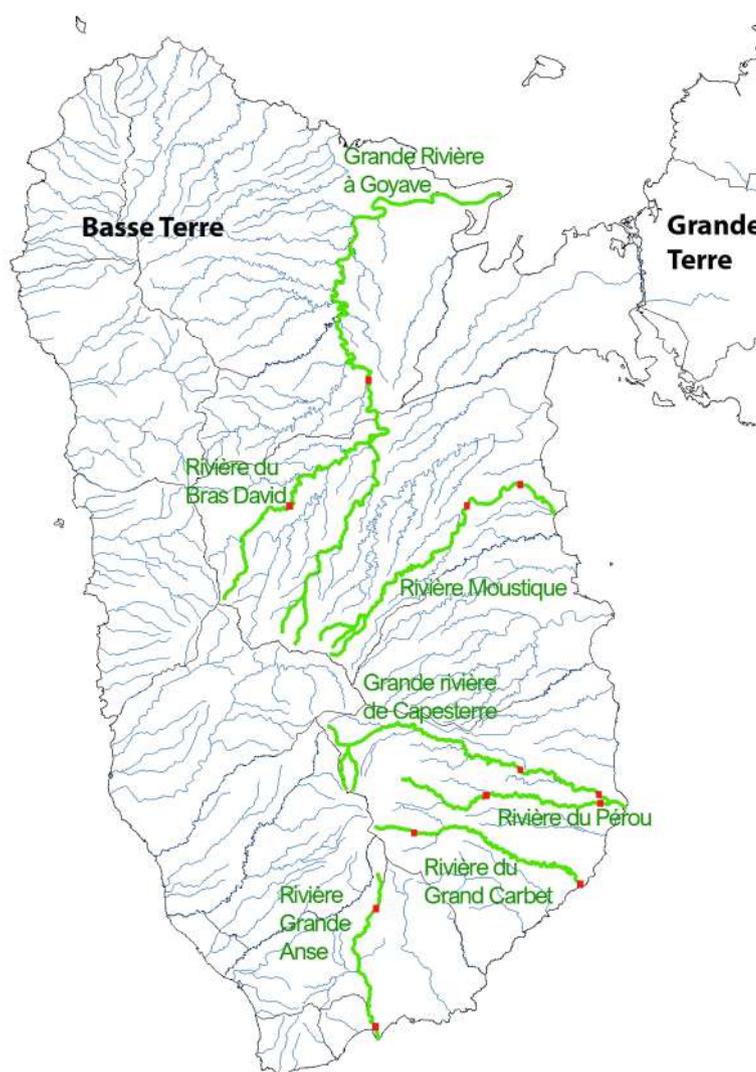
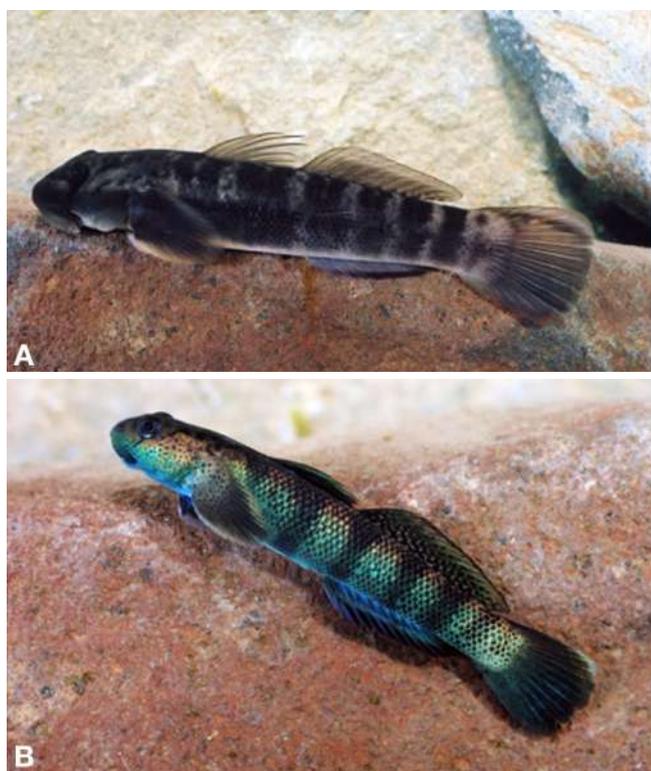


Figure 1. – Locations of the upstream and downstream sampling sites.

Table I. – Rivers, sites and number of fish sampled. Pu: *Sicydium punctatum*, Pl: *Sicydium plumieri*.

River	Site	N	Location WGS84 (UTM-UPS)
Grande Rivière à Goyave	Upstream	5 Pu	648418/1775875
	Downstream	5 Pu	653283/1775472
Rivière Moustique	Upstream	8 Pu, 3 Pl	647422/1788595
	Downstream	8 Pu, 3 Pl	649799/1789578
Grande Rivière de Capesterre	Upstream	5 Pu, 10 Pl	649550/1777258
	Downstream	15 Pu, 5 Pl	653197/1775959
Rivière du Grand Carbet	Upstream	8 Pl	645062/1774248
	Downstream	13 Pu, 3 Pl	652422/1771991
Rivière du Pérou	Upstream	5 Pu, 8 Pl	648418/1775875
	Downstream	13 Pu, 8 Pl	653283/1775472
Rivière Grande Anse	Upstream	0	643411/1770863
	Downstream	5 Pu	643210/1765781

Figure 2. – *Sicydium plumieri* (A) and *Sicydium punctatum* (B). Pictures and copyright Erick Vigneux.

Fish were captured using a backpack electrofishing device (DEKA 3000 Gerätebau, Marsberg, Germany). Individuals were kept alive in ice, then killed and dissected the same day in the laboratory. Fish bodies were preserved in ethanol and digestive parts in formaldehyde solution to determine the diatom communities in diets. Because of a strong morphological convergence between the two-targeted Sicydiinae species at a juvenile stage, species identifications for the smallest individuals (under 50 mm in total length)

were genetically determined by amplifying and sequencing part of the mitochondrial Cytochrome Oxidase I (COI) according to the method described in Lord *et al.* (2012). The diatom assemblages of the entire digestive tract of the fish (*i.e.* oesophagus to anus) were analyzed, as described above for epilithic diatom communities. No methodological difficulties have been encountered with regard to the identification of diatoms ingested by fish. Sixty-two quantitative lists of diatoms were thus obtained, both for diatoms on stones and for diatoms located in the digestive tracts of the fish.

The statistical approach used to determine diatoms that best characterize the two species digestive tracts content (*i.e.* “diagnostic species”), and evaluate the statistical relationship between species abundances and groups of sites or conditions, is described in De Cáceres *et al.* (2012). The method uses two data elements: (1) a community data matrix (here, the abundances of diatoms); and (2) a vector that describes the classification of samples into groups. This latter vector was made by their distribution in six predetermined groups obtained independently of species data: upstream stones, downstream stones, and digestive tracts of *Sicydium punctatum* located upstream, of *S. punctatum* located downstream, of *Sicydium plumieri* located upstream, and of *S. plumieri* located downstream. The package *indicpecies* (De Cáceres and Jansen, 2014) and its function *multi-patt* developed for the R environment (R Development Core Team, 2008) were used to measure the association between each diatom species and each group. This function calculates an *IndVal* index, which is the product of two components: ‘A’, the probability that the sample belongs to the target group, given the fact that the species has been found, and named *positive predictive value*; and ‘B’, the probability of finding the species in elements belonging to the group, and named *sensitivity*. Finally, the statistical significance of this relationship was tested using a permutation test (De Cáceres, 2013).

RESULTS

The results of these analyses are presented in Table II and coupled with indications on, first, diatom species biovolumes (μm^3 , Lecoine *et al.*, 1993; Rimet and Bouchez, 2012). For undetermined species, biovolumes have been calculated according to their shape and mathematical equations (Hillebrand *et al.*, 1999). The second information is on the diatom status (abundance of species in Diatom Index of water quality database for French West Indies (Gueguen *et al.*, 2013) with $\geq 10\%$: dominant taxon, $[5\%-10\%]$: main taxon, $[2.5\%-5\%]$: secondary taxon, $< 2.5\%$: rare taxon. The third information is the type of association, and the fourth the shape of the diatoms. The two latest criteria are presented in Table III.

Table II. – A: Diatom species found in *Sicydium* species guts in the upstream locations, a) biovolumes (μm^3), b) diatom status (abundance of species in Diatom Index of water quality database for French West Indies (Gueguen et al., 2013) with $\geq 10\%$: dominant taxon, [5%-10%]: main taxon, [2.5%-5%]: secondary, < 2.5%: rare, c) type of association, and d) shape. B: Diatom species found in *Sicydium* species guts, in the downstream locations, a) biovolumes (μm^3), b) diatom status (abundance of species in Diatom Index of water quality database for French West Indies (Gueguen et al., 2013) with $\geq 10\%$: dominant taxon, [5%-10%]: main taxon, [2.5%-5%]: secondary, < 2.5%: rare, c) type of association, and d) shape.

Code	Fish species	Biovolume	Diatom species	Upstream					p-value	
				Family	Status	Association	Shape	A		B
ADSH	<i>S. punctatum</i>	66	<i>Achnanthyidium subhudsonis</i>	Achnanthydiaceae	dominant	solitary	pedunculate	0.358909	1.0000	0.0332
ARPU	<i>S. punctatum</i>	191	<i>Achnanthes rupestoides</i>	Achnantheaceae	dominant	solitary	pedunculate	0.480083	0.7273	0.0295
DCOT	<i>S. plumieri</i>	129	<i>Diademsis contenta</i>	Diademsidaceae	dominant	colonial	ribbon-shaped	0.452786	0.8889	0.0307
DI05	<i>S. plumieri</i>	30	<i>Diademsis</i> sp. 5	Diademsidaceae	main	colonial	ribbon-shaped	0.794521	0.3333	0.0228
EO06	<i>S. plumieri</i>	88	<i>Eolimna</i> sp. 6	Sellaphoraceae	dominant	solitary	motile	0.337014	1.0000	0.0489
ND02	<i>S. plumieri</i>	69	<i>Navicula (dicta) seminulum</i>	Sellaphoraceae	dominant	solitary	motile	0.390477	0.8889	0.0194
NDIF	<i>S. plumieri</i>	55	<i>Navicula difficillima</i>	Naviculaceae	secondary	solitary	motile	0.954344	0.4445	0.0166
NUPI	<i>S. plumieri</i>	89	<i>Nupela sp1</i>	Diademsidaceae	dominant	solitary	motile	0.433017	1.0000	0.0125
Downstream										
GPAR	<i>S. punctatum</i>	331	<i>Gomphonema parvulum</i>	Gomphonemataceae	dominant	solitary	pedunculate	0.479289	0.7895	0.0461
NARI	<i>S. plumieri</i>	51	<i>Navicula arvensis</i>	Naviculaceae	secondary	solitary	motile	0.743709	0.3636	0.024
NCXM	<i>S. plumieri</i>	113	<i>Navicula cruxmeridionalis</i>	Naviculaceae	dominant	solitary	motile	0.455251	0.7273	0.0234
NIFR	<i>S. plumieri</i>	258	<i>Nitzschia frustulum</i>	Bacillariaceae	dominant	solitary	motile	0.39144	0.9091	0.0173
NINK	<i>S. plumieri</i>	325	<i>Navicula incarum</i>	Naviculaceae	dominant	solitary	motile	0.533299	0.6364	0.0313

In total, one hundred and ninety-one epilithic diatom species were identified (App. I) and numbered according to the classification and criteria used in the Caribbean area (Asconit consultants, 2014). Within these 191 species, only

eight belonging to five families were considered as significant diagnostic species of digestive tracts from fish collected upstream (*Achnanthyidium subhudsonis*, *Achnanthes rupestoides*, *Diademsis contenta*, *Diademsis* sp5, *Eolimna* sp6, *Navicula (dicta) seminulum*, *Navicula difficillima* and *Nupela* sp1). Five species belonging to three families were considered as significant diagnostic species of digestive tracts from fish collected downstream (*Gomphonema parvulum*, *Navicula arvensis*, *Navicula cruxmeridionalis*, *Nitzschia frustulum* and *Navicula incarum*). The significant results ($p < 0.05$) mean that these diatom species can be interpreted as taxonomic signatures of the fish digestive tract contents.

Additional information is given by the examination of the A and B components of the diatom species indicative value. Some of these species indicate a feeding choice general to a group because they appear in all digestive tracts of a defined group of fish (*i.e.* B = 1). This is the case, upstream, of *Achnanthyidium subhudsonis* for *S. punctatum* and also *Eolimna* sp. 6 and *Nupela* sp1 for *S. plumieri*, but are not restricted to it (A = 0.358909, 0.337014 and 0.433017, respectively). These species could be defined as a common (A \neq 1) and very appreciated (B = 1) food source upstream.

DISCUSSION

When looking at the biovolumes, the results show smaller species consumed upstream, which is consistent with the results obtained by Passy (2007), who showed that species of short stature are highly correlated to high current velocity. From our analyses we found that whether upstream or downstream, *S. punctatum* appear more specialized than *S. plumieri*, which feed significantly on more taxonomically variable and less dominant species.

The diatom morphotypes show neat differences between the two fish species, with an apparent preference (either upstream or downstream) for pedunculate species by *S. punctatum*. *Sicydium plumieri*, on the contrary, fed significantly on ribbon-shaped diatoms upstream. These results can be compared with previous research done on the teeth of these tropical gobies, which have been qualified as having “the most remarkable dentitions in the animal kingdom” (Berkovitz, 2013) because of the huge replacement processes occurring on teeth worn on the rocks during scraping. *Sicydium plumieri* was defined as a “stone biting goby”, scraping algae from rock surfaces with his strong unicuspid teeth and *S. punctatum* as an “algae eating goby”, feeding on filamentous algae and other soft vegetation because of its more fragile tricuspid teeth extremities (Watson, 2000). Our results partially corroborate this latter hypothesis, with *S. punctatum* selecting pedunculate cells,

Table III. – Type of association and shape of diatom taxa.

Life form		Shape	Commentary
Type of association			
Solitary	Free	Planktonic Moving cell	
	Fixed	Prostrated Adnate Tuft forming Stalk forming	Patched on the substratum by the whole cell Mucilage pad and patched on the substratum Mucilage pad Mucilage stalk
Colonial		Chain colony Ribbon colony Zig-zag colony Rosette colony Star colony Arbuscular colony Mucous tubule colony	

less firmly attached to the substrate.

The ecological profiles of common ($A \neq 1$) and very appreciated ($B = 1$) diatom species in upstream locations (*Achnanthydium subhudsonis* for *S. punctatum* and *Eolimna* sp6 and *Nupela* sp1 for *S. plumieri*), when compared with the analysis of 458 pairs of diatom inventory/physico-chemical data (Gueguen *et al.*, 2013), reveal that they are more commonly found in high quality sites. On the contrary, no diatom was consumed exclusively by a group (*i.e.* occurs in sites or species belonging to this group only, with $A = 1$), which means that trophic niche of these two fish is, at least partially, overlapping. These elements are consistent with the general ecological conclusion that grazers are typically generalist feeders (Cummins, 1973). When looking at the proportion of samples of a given group where one or another indicative species is found (*coverage*), the values indicate full coverage for *S. punctatum* upstream and downstream (with values of 1 and 1) and partial fulfilment of the mission for the indicative species regarding *S. plumieri* (with 0.789473 and 0.909091, respectively). These elements could be linked with the greater number of indicative species in the digestive tract of this latter species, suggesting more extensive feeding territories or more efficient scraping strategy.

The notion of relative availability of food resources actively searched by species in the upper parts of the rivers has been evoked to play a key role in the migration of amphidromous species (Gross *et al.*, 1988). Amphidromy represents a successful adaptation to the colonisation of tropical island systems (McDowall, 2007; Keith and Lord, 2011). Sicydiinae gobies, as well as other taxonomic groups (molluscs, crustaceans) living in swiftwater, show the ability to adapt to varying environments by selecting their food based on the abundance and composition of stream algae

(Kido, 1996; this study). Moreover, the climbing aptitude of these Sicydiinae is closely linked to the oral movements made when grazing biofilm. This hypothesis of possible coopting of similar movements, named *exaptation*, has been evidenced on a relative, *Sicyopterus stimpsoni* in Hawai'i, and generalized to Sicydiinae (Cullen *et al.*, 2013). The relative order in the emergence of the evolutionary forces that led to the actual mechanisms of climbing and grazing is currently unknown, but may relate to the origin of these abilities in species found at high altitudes in the French Caribbean. Our results identify several species of diatoms particularly consumed by these fish upstream, and their spa-

tial repartition and nutritive characteristics would be interesting to assess, specially the species-specific capacity of diatoms to survive fish ingestion (Grubach, 2010). Diet gaps or shifts have been demonstrated to have ecological and evolutionary consequences for gobies because a failure of food availability and changes in diets could cause a decrease in reproductive fitness (Jackson *et al.*, 2002; review in Jackson and Rundle, 2008).

Bioindication based on epilithic diatomic counts is the most powerful tool used for ecological management in this region where the complexity of freshwater ecosystem function leads to a scarcity of other bioindication candidates. Taking into account its good integration capabilities and a pivotal role in the input of energy in aquatic ecosystems, the biofilm (and its diatomic component) is found to be highly consumed and therefore *biologically redesigned* (redesigned by the selective trophic exploitation of some of its components). Our work shows selective consumption of diatom taxa by the two major fish observed in the mid and upper stream of Caribbean rivers. In addition, some research done on tropical crustaceans showed that these species could be also selective in their diatom consumption (Abreu *et al.*, 2007) with an unknown impact on biofilm structure and components. These are crucial elements that need to be further studied in order to refine bioindicative conclusions based on diatom assemblages in these regions.

Acknowledgments. – The authors thank Sébastien Cordonnier, Béatrice Lauga, Cédric Hubas, Nathalie Tapie and Robert Duran for assistance during fieldwork. This research was funded by grants from the Agence Nationale de la Recherche (CHLORINDIC project) to D. Monti. The experiments comply with the current laws of the country in which they were performed.

REFERENCES

- ABREU P.C., BALLESTER E.L.C., ODEBRECHT C., WASIELESKY W., CAVALLI R.O., GRANALI W. & ANESIO A.M., 2007. – Importance of biofilm as food source for shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 347: 88-96.
- ASCONIT CONSULTANTS, 2014. – Mise au point d'un indice de bioindication de la qualité de l'eau des cours d'eau antillais à partir des diatomées: l'IDA – Programme d'étude et de recherche 2009-2012. In: Guide méthodologique pour la Mise en Œuvre de l'IDA, volumes 1 & 2 (Asconit, ed.), Vol. 1: 536 p.; Vol. 2: 474 p.
- BARBEYRON C., LEFRANÇOIS E., MONTI D., KEITH P. & LORD C., 2017. – Gardening behaviour of *Sicydium punctatum* (Gobioidei: Sicydiinae): *in vitro* experiments in the context of chlordecone pollution in Guadeloupe Island rivers. *Cybium*, 41(2): 85-92.
- BELL K.N.I. & BROWN J.A., 1995. – Active salinity choice and enhanced swimming endurance in 0-d-old to 8-d-old larvae of diadromous gobies, including *Sicydium punctatum* (Pisces), in Dominica, West-Indies. *Mar. Biol.*, 121: 409-417.
- BELL K.N.I., PEPIN P. & BROWN J.A., 1995. – Seasonal, inverse cycling of length and age-at-recruitment in the diadromous gobies *Sicydium punctatum* and *Sicydium antillarum* in Dominica, West Indies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 1535-1545.
- BELL K.N.I., PEPIN P. & BROWN J.A., 1997. – Variation in age-at-recruitment can drive recruitment dynamics: the example of *Sicydium* spp. (Pisces: Gobiidae) in Dominica, West Indies. *Micronesica*, 30: 25.
- BERKOVITZ B.K.B., 2013. – Teeth of rock-climbing gobies: the most remarkable dentitions in the animal kingdom? *Nothing but the Tooth*, 2013: 113-118.
- BLOB R.W., RAI R., JULIUS M.L. & SCHOENFUSS H.L., 2006. – Functional diversity in extreme environments: effects of locomotor style and substrate texture on the waterfall climbing performance of Hawaiian gobiid fishes. *J. Zool.*, 268: 315-324.
- BRITO E.F., MOULTON T.P., SOUZA M.L. & BUNN S.E., 2006. – Stable isotope analysis indicates microalgae as the predominant food source of fauna in a coastal forest stream, south-east Brazil. *Austral Ecol.*, 31: 623-633.
- BURNS A. & KEITH F.W., 2000. – Biofilms as food for decapods (Atyidae, Palaemonidae) in the River Murray, South Australia. *Hydrobiologia*, 437(1-3): 83-90.
- COAT S., MONTI D., BOUCHON C. & LEPOINT G., 2009. – Trophic relationships in a tropical stream food web assessed by stable isotope analysis *Freshw. Biol.*, 54(5): 1028-1041.
- CULLEN J.A., MAIE T., SCHOENFUSS H.L. & BLOB R.W., 2013. – Evolutionary novelty versus exaptation: Oral kinematics in feeding versus climbing in the waterfall-climbing Hawaiian goby *Sicyopterus stimpsoni*. *PLOS ONE*, 8(1): e53274.
- CUMMINS K.W., 1973. – A Worldwide Directory of Stream Ecologists. 67 p. Michigan State University Institute of Water Research Ed. Technical Report No. 28.
- DE CÁCERES M., 2013. – How to use the indicpecies package (ver. 1.7.1). – Centre Tecnologic Forestal de Catalunya, Ctra. St. Llorenç de Morunys, 25280, Solsona, Catalonia, Spain. 29 p. <https://cran.r-project.org/web/packages/indicpecies/vignettes/indicpeciesTutorial.pdf>
- DE CÁCERES M. & JANSEN F., 2014. – The indicpecies package. R CRAN library, <http://www.r-project.org>.
- DE CÁCERES M., LEGENDRE P., WISER S.K. & BROTONS L., 2012. – Using species combinations in indicator value analyses. *Methods Ecol. Evol.*, 3(6): 973-982.
- ELLIEN C., VALADE P., BOSMAN J. & KEITH P., 2011. – Influence of salinity on larval development of *Sicyopterus lagocephalus* (Pallas, 1770) (Gobioidei). *Cybium*, 35(4): 381-390.
- ERDMAN D.S., 1961. – Notes on the biology of the gobiid fish *Sicydium plumieri* in Puerto Rico. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb.*, 11: 448-456.
- ERDMAN D.S., 1986. – The green stream goby, *Sicydium plumieri*, in Puerto Rico. *Trop. Fish Hobbyist*, 2: 70-74.
- GROSS M.R., COLEMAN R.M. & McDOWALL R.M., 1988. Aquatic productivity and the evolution of diadromous fish migration. *Science*, 239: 1291-1293.
- GRUBACH P.G., 2010. – The capacity of diatom species to survive ingestion by the algivorous minnow, *Pimephales notatus*. Masters Thesis, 70 p. John Carroll University.
- GUEGUEN J., EULIN A., LEFRANÇOIS E., BOUTRY S., ROSEBERY J., COSTE M. & DELMAS F., 2013. – Mise au point d'un indice de bioindication de la qualité de l'eau des cours d'eau antillais à partir des diatomées: l'IDA. Rapport final du programme d'étude et de recherche 2009-2012. Asconit Ed., 249 p.
- HILLEBRAND H., DÜRSELEN C.D., KIRSCHTEL D., POLLINGER U. & ZOHARY T., 1999. – Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *J. Phycol.*, 35: 403-424.
- JACKSON A.C. & RUNDLE S.D., 2008. – Diet-shifts by an estuarine goby (*Pomatoschistus microps*) in the face of variable prey availability. *J. Exp. Mar. Biol. and Ecol.*, 361(1): 1-7.
- JACKSON A.C., RUNDLE S.D. & ATTRILL M.J., 2002. – Fitness consequences of prey depletion for the common goby *Pomatoschistus microps*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 242: 229-235.
- KAWANO S.M., BRIDGES W.C., SCHOENFUSS H.L., MAIE T. & BLOB R.W., 2013. – Differences in locomotor behavior correspond to different patterns of linear and nonlinear morphological selection in two species of waterfall-climbing gobiid fishes. *Evol. Ecol.*, 27: 949-969.
- KIDO H.M., 1996. – Diet and food selection in the endemic Hawaiian amphidromous goby, *Sicyopterus stimpsoni* (Pisces: Gobiidae). *Environ. Biol. Fish.*, 45: 199-209.
- KEITH P. & LORD C., 2011. – Tropical freshwater gobies: amphidromy as a life cycle. In: *The Biology of Gobies* (Patzner R.A., Van Tassel J.L., Kovacic M. & Kapoor B.G., eds), pp. 243-268. Science Publishers Inc.
- KEITH P., LORD C., LORION J., WATANABE S., TSUKAMOTO K., COULOUX A. & DETTAI A., 2011. – Phylogeny and biogeography of Sicydiinae (Teleostei: Gobiidae) inferred from mitochondrial and nuclear genes. *Mar. Biol.*, 158: 311-326.
- LECOINTE C., COSTE M. & PRYGIEL J., 1993. – Omnidia software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, 269-270: 509-513.
- LEJEUNE L., TABOURET H., TAILLEBOIS L., MONTI D. & KEITH P., 2016. – Larval traits of the Caribbean amphidromous goby *Sicydium punctatum* (Gobioidei: Sicydiinae) in Guadeloupe. *Ecol. Freshw. Fish*, 25: 272-280.
- LEFRANÇOIS E., COAT S., VACHIÉRY N., LEPOINT G., GROS O. & MONTI D., 2010. – Epilithic biofilm as key factor for small-scale fisheries in river mouths of Caribbean Islands. *Fish. Manage. Ecol.*, 18: 211-220.
- LORD C., LORION J., DETTAI A., WATANABE S., TSUKAMOTO K., CRUAUD C. & KEITH P., 2012. – From endemism to widespread distribution: phylogeography of three amphidromous *Sicyopterus* species (Teleostei: Gobioidei: Sicydiinae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 455: 269-285.
- LYONS J., 2005. – Distribution of *Sicydium valenciennes* 1837 (Pisces: Gobiidae) in Mexico and Central America. *Hidrobiologica*, 15: 239-243.

- McDOWALL R.M., 2007. – On amphidromy, a distinct form of diadromy in aquatic organisms. *Fish Fish.*, 8(1): 1-13.
- MAIE T., SCHOENFUSS H.L. & BLOB R.W., 2007. – Ontogenetic scaling of body proportions in waterfall-climbing gobiid. *Copeia*, 3: 755-764.
- MONTI D., KEITH P. & VIGNEUX E., 2010. – Atlas des Poissons et des Crustacés d'eau douce de la Guadeloupe. Collection Patrimoines naturels 69, 128 p. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- OEG DATABASE, 2013. – Analyses des polluants dans les rivières de Guadeloupe, 2010-2012, available at http://www.eauguadeloupe.com/jupgrade/telechargements/cat_view/17-donnees/7-donnees-milieux-micropolluants.html.
- PASSY S.I., 2007. – Diatom ecological guilds display distinct and predictable behaviour along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquat. Bot.*, 86: 171-178.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008. – R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at <http://www.r-project.org>.
- RIMET F. & BOUCHEZ A., 2012. – Life-forms, cell-sizes and ecological guilds of diatoms in European rivers + appendix 1 (Excel file). *Knowl. Manage. Aquat. Ecosyst.*, 406(1): 1-14.
- STOERMER E.F., EMMERT G., JULIUS M.L. & SCHELSKE C.L., 1996. – Paleolimnological evidence of rapid recent change in Lake Erie's trophic status. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53: 1451-1448.
- TABOURET H., LORD C., BAREILLE G., PECHEYRAN C., MONTI D. & KEITH P., 2011. – Otolith microchemistry in *Sicydium punctatum*: indices of environmental condition changes after recruitment. *Aquat. Living Resour.*, 24: 369-378.
- TABOURET H., MONTI D., MARTIN J., BERAIL S., PECHEYRAN C., KEITH P. & BAREILLE G., 2015. – Do *Sicydium punctatum* adults move in the Caribbean estuaries? New insight from strontium isotopes. *Vie Milieu*, 65: 85-89.
- TAILLEBOIS L., KEITH P., VALADE P., TORRES P., BALOCHE S., DUFOUR S. & ROUSSEAU K., 2011. – Involvement of thyroid hormones in the control of larval metamorphosis in *Sicyopterus lagocephalus* (Teleostei: Gobioidi) at the time of river recruitment. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 173(2): 281-288.
- TOURON-PONCET H., 2014. – Biodiversité des communautés d'invertébrés benthiques des rivières de la Guadeloupe et réponses aux perturbations anthropiques. Thèse de Doctorat, 236 p. Université Toulouse III, France.
- WATSON R.E., 2000. – *Sicydium* from the Dominican Republic with description of a new species Teleostei Gobiidae. *Stuttg. Beitr. Naturk.*, Ser. A Biol., 608: 1-31.

Appendix I. – List of diatoms species found.

ACHD	ACHNANTHIDIUM F.T. Kützing	BR01	<i>Brachysira</i> sp1
AD05	<i>Achnantheidium</i> sp5	CA01	<i>Caloneis</i> sp1
AD07	<i>Achnantheidium</i> sp7	CAGR	<i>Cyclotella atomus</i> var. <i>gracilis</i> Genkal & Kiss
AD11	<i>Achnantheidium</i> sp11	CEUG	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg
AD13	<i>Achnantheidium</i> sp13	CLCT	<i>Caloneis lancettula</i> (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski
AD14	<i>Achnantheidium</i> sp14	CMLF	<i>Craticula molestiformis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot
AD15	<i>Achnantheidium</i> sp15	CPL1	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula sensu</i> Jahn et al. (2009)
AD18	<i>Achnantheidium</i> sp18	CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>
AD19	<i>Achnantheidium</i> sp19	CPLI	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>lineata</i> (Ehr.) Van Heurck
ADCT	<i>Achnantheidium catenatum</i> (Bily & Marvan) Lange-Bertalot	CRA4	<i>Craticula</i> sp4
ADEG	<i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	CTRO	<i>Cymbella tropica</i> Krammer var. <i>tropica</i> Krammer
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	CYC1	<i>Cyclostephanos</i> sp1
ADSH	<i>Achnantheidium subhudsonis</i> (Hustedt) H. Kobayasi	CYM1	<i>Cymbella</i> sp1
AFON	<i>Amphora fontinalis</i> Hustedt	DCOF	<i>Diadsmis confervacea</i> Kützing var. <i>confervacea</i>
AM10	<i>Amphora</i> sp10	DCOT	<i>Diadsmis contenta</i> (Grunow ex V. Heurck) Mann
AMMO	<i>Amphora montana</i>	DCRS	<i>Diadsmis confervacea</i> Kützing f. <i>rostrata</i> (Krasske) Metzeltin & Lange-Bertalot
AMUS	<i>Adlafia muscora</i> (Kocielek & Reviere) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	DEN1	<i>Denticula</i> sp1
APED	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	DI05	<i>Diadsmis</i> sp5
ARPU	<i>Achnanthes rupestoides</i> Hohn var. <i>uniseriata</i> Lange-Bertalot & Monnier	EADN	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brebisson
ASTG	<i>Amphora subturgida</i> Hustedt	EEX1	<i>Eunotia exigua</i> forme 1
BNE1	<i>Brachysira neoexilis</i> forme 1		
BNE2	<i>Brachysira neoexilis</i> forme 2		

ELEP	<i>Eolimna lepidula</i> (Manguin) Metzeltin & Lange-Bertalot	GO68	<i>Gomphonema</i> sp68
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann	GO71	<i>Gomphonema</i> sp71
EO01	<i>Eolimna</i> sp1	GO76	<i>Gomphonema</i> sp76
EO02	<i>Eolimna</i> sp2	GO77	<i>Gomphonema</i> sp77
EO03	<i>Eolimna</i> sp3	GO79	<i>Gomphonema</i> sp79
EO05	<i>Eolimna</i> sp5	GO80	<i>Gomphonema</i> sp80
EO06	<i>Eolimna</i> sp6	GO81	<i>Gomphonema</i> sp81
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	GO82	<i>Gomphonema</i> sp82
EORH	<i>Eolimna rhombelliptica</i> Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	GO85	<i>Gomphonema</i> sp85
EORU	<i>Eolimna ruttneri</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Monnier	GO89	<i>Gomphonema</i> sp89
ESBM	<i>Eolimna subminuscula</i> (Manguin) Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	GO91	<i>Gomphonema</i> sp91
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D.G. Mann	GO92	<i>Gomphonema</i> sp92
ESUB	<i>Eunotia subarcuatoides</i> Alles Nörpel & Lange-Bertalot	GO96	<i>Gomphonema</i> sp96
EUNO	EUNOTIA C.G. Ehrenberg	GOMP	GOMPHONEMA C.G. Ehrenberg
FCRS	<i>Frustulia crassinervia</i> (Breb.) Lange-Bertalot & Krammer	GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing var. <i>parvulum f. parvulum</i>
FFON	<i>Fragilaria fonticola</i> Hustedt	GPP1	<i>Gomphosphenia</i> sp1
FGOU	<i>Fragilaria goulardii</i> (Brébisson) Lange-Bertalot	GPUM	<i>Gomphonema pumilum</i> (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot
FGRA	<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup	GYRE	<i>Gyrosigma reimeri</i> Sterrenburg
FMUD	<i>Fallacia muraloides</i> (Hustedt) D. Mann	LAEQ	<i>Luticola aequatorialis</i> (Heiden) Lange-Bertalot & Ohtsuka
FR01	<i>Fragilaria</i> sp1	LU01	<i>Luticola</i> sp1
FSAP	<i>Fistulifera saprophila</i> (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot	LUTI	LUTICOLA D.G. Mann
FSBH	<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow in V. Heurck) D.G. Mann	MAPE	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot
FTNR	<i>Fallacia tenera</i> (Hustedt) Mann in Round	MRCO	<i>Mayamaea recondita</i> (Hustedt) Lange-Bertalot
GAFF	<i>Gomphonema affine</i> Kützing	NA46	<i>Navicula</i> sp46
GBOB	<i>Gomphonema bourbonense</i> E. Reichardt & Lange-Bertalot	NA58	<i>Navicula</i> sp58
GBPA	<i>Gomphonema brasiliense</i> ssp. <i>pacificum</i> Moser Lange-Bertalot & Metzeltin	NA62	<i>Navicula</i> sp62
GDEC	<i>Geissleria decussis</i> (Ostrup) Lange-Bertalot & Metzeltin	NACD	<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot
GDES	<i>Gomphonema designatum</i> E. Reichardt	NACI	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.M. Smith
GE01	<i>Geissleria</i> sp1	NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow f. <i>amphibia</i>
GEXL	<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt	NANT	<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot
GLGN	<i>Gomphonema lagenula</i> Kützing	NAR1	<i>Navicula arvensis</i> forme 1
GO48	<i>Gomphonema</i> sp48	NARV	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt
GO49	<i>Gomphonema</i> sp49	NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch
GO51	<i>Gomphonema</i> sp51	NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot
GO53	<i>Gomphonema</i> sp53	NCXM	<i>Navicula cruxmeridionalis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez
GO54	<i>Gomphonema</i> sp54	ND02	<i>Navicula (dicta) seminulum</i> forme 2
GO58	<i>Gomphonema</i> sp58	ND03	<i>Navicula (dicta) seminulum</i> forme 3
GO59	<i>Gomphonema</i> sp59	NDEN	<i>Nitzschia denticula</i> Grunow
GO61	<i>Gomphonema</i> sp61	NDIF	<i>Navicula difficillima</i> Hustedt
GO62	<i>Gomphonema</i> sp62	NDMA	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow fo. <i>maewensis</i> Foged
GO64	<i>Gomphonema</i> sp64	NER2	<i>Navicula erifuga</i> forme 2
GO67	<i>Gomphonema</i> sp67	NER3	<i>Navicula erifuga</i> forme 3
		NERI	<i>Navicula erifuga</i> Lange-Bertalot
		NESC	<i>Navicula escambia</i> (Patrick) Metzeltin & Lange-Bertalot

NFIC	<i>Nitzschia filiformis</i> var. <i>conferta</i> (Richter) Lange-Bertalot	NSRH	<i>Navicula subrhynchocephala</i> Hustedt
NFIL	<i>Nitzschia filiformis</i> (W.M. Smith) Van Heurck var. <i>filiformis</i>	NSUA	<i>Nitzschia subacicularis</i> Hustedt in A. Schmidt et al.
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	NTEN	<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt
NHUB	<i>Navicula humboldtiana</i> Lange-Bertalot & Rumrich	NTER	<i>Nitzschia terrestris</i> (Petersen) Hustedt
NI41	<i>Nitzschia</i> sp41	NTPT	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory
NI43	<i>Nitzschia</i> sp43	NUP1	<i>Nupela</i> sp1
NI47	<i>Nitzschia</i> sp47	NUP2	<i>Nupela</i> sp2
NI73	<i>Nitzschia</i> sp73	NURU	<i>Nupela rumrichorum</i> Lange-Bertalot
NI76	<i>Nitzschia</i> sp76	PACR	<i>Pinnularia acrospheria</i> W. Smith var. <i>acrospheria</i>
NIFR	<i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow var. <i>frustulum</i>	PI40	<i>Pinnularia</i> sp50
NIGE	<i>Nitzschia ingenua</i> Hustedt	PLBI	<i>Planothidium biporum</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot
NIGR	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch	PLEV	<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compere f. <i>laevis</i> Ehrenberg
NINC	<i>Nitzschia inconspicua</i> Grunow	PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot
NINK	<i>Navicula incarum</i> Lange-Bertalot & Rumrich	PRBU	<i>Planothidium robustius</i> (Hustedt) Lange-Bertalot
NINT	<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow	PTS1	<i>Platessa</i> sp1
NITZ	NITZSCHIA A.H. Hassall	RGIB	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) O. Muller var. <i>gibba</i>
NLGC	<i>Navicula longicephala</i> Hustedt var. <i>longicephala</i>	RH01	<i>Rhopalodia</i> sp1
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M. Smith var. <i>linearis</i>	RH04	<i>Rhopalodia</i> sp4
NLOR	<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow in Cleve et Möller	RHOP	RHOPALODIA O Müller
NMIC	<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow in Cleve & Moller	ROPE	<i>Rhopalodia operculata</i> (Agardh) Hakansson
NNGO	<i>Naviculadicta nanogomphonema</i> Lange-Bertalot & Rumrich	SDRO	<i>Simonsenia delognei</i> Lange-Bertalot ssp. <i>rossii</i>
NPA2	<i>Nitzschia palea</i> forme 2	SE02	<i>Sellaphora</i> sp2
NPA3	<i>Nitzschia palea</i> forme 3	SMST	<i>Seminavis strigosa</i> (Hustedt) Danieleedis & Economou-Amilli
NPA5	<i>Nitzschia palea</i> forme 5	SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowksy
NPA6	<i>Nitzschia palea</i> forme 6	SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G. Mann
NPAE	<i>Nitzschia paleacea</i> (Grunow) Grunow in van Heurck	STAU	STAURONEIS C.G. Ehrenberg
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	STHE	<i>Stauroneis thermicola</i> (Petersen) Lund
NQDJ	<i>Navicula quasidisjuncta</i> Lange-Bertalot & Rumrich	TDEB	<i>Tryblionella debilis</i> Arnott ex O'Meara
NROS	<i>Navicula rostellata</i> Kützing	ULAN	<i>Ulnaria lanceolata</i> (Kütz.) Compère
NRVL	<i>Navicula rivulorum</i> Lange-Bertalot & Rumrich	UPSG	<i>Ulnaria pseudogaillonii</i> (Kobayasi & Idei) Idei
NSIA	<i>Navicula simulata</i> Manguin		
NSLC	<i>Navicula salinicola</i> Hustedt		

Annexe 4 : Inventaire floristique – Index des espèces observées sur le terrain par habitat

Tableau 30 : Liste d'espèces de flore vasculaire présentes sur l'aire d'étude. Catégorie de menace selon UICN (2019). Statut géographique selon TAXREF14. Présent (indigène ou indéterminé) de la Guadeloupe. LC – Préoccupation mineure ; VU – vulnérable ; NT- quasi menacé

CD_RE F	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 3-4 Empris e 1	Zone 3-4 Empris e 2	Zone 4	Zone 4 à l'est	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9
630943	Fabaceae	Abarema jupunba (Willd.) Britton & Killip, 1936		Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1								
629014	Solanaceae	Acnistus arborescens (L.) Schltdl., 1832	Siyo	Indigène	LC								1	1	1		
731331	Cyatheaceae	Alsophila imrayana (Hook.) D.S.Conant, 1983	Fougère arborescente	Indigène	LC	1	1										
446893	Anacardiaceae	Anacardium occidentale L., 1753	Noix de Cajou	Introduit	Cultivé												1
446899	Annonaceae	Annona muricata L., 1753	Corossol	Introduit	Cultivé												1
447718	Araceae	Anthurium hookeri Kunth, 1841	Signin blanc	Présent (indigène ou indéterminé)	LC			1									
447363	Moraceae	Artocarpus altilis (Parkinson) Fosberg, 1941	Arbre à pain	Introduit	Cultivé					1	1	1	1	1	1	1	
629123	Cyclanthaceae	Asplundia insignis (Duchass. ex Griseb.) Harling, 1954	Kachibou	Subendémique	LC	1	1		1		1	1					
629124	Cyclanthaceae	Asplundia rigida (Aubl.) Harling, 1954	Zèl (a) mouch,	Subendémique	LC	1	1		1			1					
447898	Poaceae	Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C.Wendl., 1810	Bambou commun	EEE							1	1					

CD_RE F	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 3-4 Empris e 1	Zone 3-4 Empris e 2	Zone 4	Zone 4 à l'est	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9
629153	Begoniaceae	Begonia hirtella Link, 1822		Introduit						1							
85972	Asteraceae	Bidens pilosa L., 1753	Bident poilu	Présent (indigène ou indéterminé)	LC			1	1	1	1			1		1	1
629291	Urticaceae	Cecropia schreberiana Miq., 1853	Bwa kanon	Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
780427	Poaceae	Cenchrus polystachios (L.) Morrone, 2010	Crimson	Présent (indigène ou indéterminé)	DD			1	1	1	1						1
447167	Fabaceae	Centrosema molle Mart. ex Benth., 1837		Présent (indigène ou indéterminé)						1	1				1		1
629316	Rubiaceae	Chimarrhis cymosa Jacq., 1763	Résolu	Présent (indigène ou indéterminé)	LC		1		1		1	1					
629334	Sapotaceae	Chrysophyllum argenteum Jacq., 1760	Kayimit bwa	Présent (indigène ou indéterminé)	LC									1			
839340	Gesneriaceae	Chrysothemis melittifolia (L.) M.M.Mora & J.L.Clark, 2016	Zèb a miyèl	Présent (indigène ou indéterminé)	LC		1										
447272	Lauraceae	Cinnamomum verum J.Presl, 1825	Cannellier	Introduit													1
639451	Asteraceae	Clibadium erosum (Sw.) DC., 1836	Bwa annivré	Présent (indigène ou indéterminé)	LC		1										
447749	Arecaceae	Cocos nucifera L., 1753	Cocotier	Introduit	cultivé	1	1			1	1	1		1	1	1	1

CD_RE F	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 3-4 Empris e 1	Zone 3-4 Empris e 2	Zone 4	Zone 4 à l'est	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9
447722	Araceae	Colocasia esculenta (L.) Schott, 1832	Dachin, madè, taro	Introduit	cultivé											1	1
446169	Commelinaceae	Commelina diffusa Burm.f., 1768	Kiraj	Introduit	LC			1	1	1	1					1	1
629423	Boraginaceae	Cordia sulcata DC., 1845	Maho gran fèy	Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1		1			1		1	1	1	1	1
629516	Cyperaceae	Cyperus luzulae (L.) Retz., 1786		Présent (indigène ou indéterminé)	LC			1	1	1							
446179	Cyperaceae	Cyperus odoratus L., 1753		Présent (indigène ou indéterminé)	LC			1	1	1							
447568	Burseraceae	Dacryodes excelsa Vahl, 1810	Gonmyé blan	Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1	1		1			1					
898059	Lauraceae	Damburneya coriacea (Sw.) Trofimov & Rohwer, 2016		Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1	1							
447726	Araceae	Dieffenbachia seguine (Jacq.) Schott, 1829	Kann dlo	Présent (indigène ou indéterminé)	LC		1	1	1	1	1	1	1				1
447694	Asparagaceae	Dracaena fragrans (L.) Ker Gawl., 1808	Dragonnier	Introduit	cultivé								1			1	1
629592	Fabaceae	Dussia martinicensis Krug & Urb. ex Taub., 1892	Gran savonnèt.	Présent (indigène ou indéterminé)	VU				1	1							
731658	Arecaceae	Elaeis oleifera (Kunth) Cortés, 1897	Palmier à huile	Introduit	cultivé										1		

CD_RE F	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 3-4 Empris e 1	Zone 3-4 Empris e 2	Zone 4	Zone 4 à l'est	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9
630180	Araceae	Monstera adansonii Schott, 1830	Siguine couleuvre	Présent (indigène ou indéterminé)	LC									1			
447855	Musaceae	Musa x paradisiaca L., 1753	Bananier	Introduit	cultivé								1		1	1	
630200	Myrtaceae	Myrcia deflexa (Poir.) DC., 1828		Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1								
630237	Lauraceae	Ocotea cernua (Nees) Mez, 1888		Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1	1							
731366	Dryopteridace ae	Olfersia cervina		Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1	1										
630276	Fabaceae	Ormosia krugii Urb., 1899	Kakonyé	Présent (indigène ou indéterminé)	LC		1				1	1					
630361	Piperaceae	Peperomia rotundifolia (L.) Kunth, 1816		Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1	1							
447273	Lauraceae	Persea americana Mill., 1768	Avocatier, Avocat (fruit)	Introduit	cultivée					1						1	
113075	Fabaceae	Phaseolus vulgaris L., 1753	Haricot, Haricot commun	Introduit	cultivée									1			1
630377	Araceae	Philodendron giganteum Schott, 1856	Gwo signin	Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1	1	1	1	1	1	1					
630427	Piperaceae	Piper dilatatum Rich., 1792	Malenbé	Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1	1		1	1	1	1	1		1		

CD_RE F	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 3-4 Empris e 1	Zone 3-4 Empris e 2	Zone 4	Zone 4 à l'est	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9
630442	Bromeliaceae	Pitcairnia angustifolia Sol., 1789	Zannana falèz	Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1											
630480	Sapotaceae	Pouteria multiflora (A.DC.) Eyma, 1936		Présent (indigène ou indéterminé)	NT				1								
630492	Burseraceae	Protium attenuatum (Rose) Urb., 1912	Bwa lansan	Subendémique	LC				1								
447405	Myrtaceae	Psidium guajava L., 1753	Goyavier	Introduit	cultivée				1	1							
729279	Rubiaceae	Psychotria berteroana DC., 1830		Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1	1							
117806	Euphorbiaceae	Ricinus communis L., 1753	Ricin	Introduit	LC										1		1
446334	Poaceae	Saccharum officinarum L., 1753	canne-sucre	Introduit	cultivé												1
845181	Fabaceae	Schnella guianensis (Aubl.) Wunderlin, 2010	Lyann gran bwa	Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1	1							
630675	Simaroubaceae	Simarouba amara Aubl., 1775	Akajou blan	Présent (indigène ou indéterminé)	LC			1	1	1		1					
630681	Elaeocarpaceae	Sloanea dentata L., 1753	Chatennyé gran fèy	Subendémique	LC	1	1		1	1							
884612	Solanaceae	Solanum bahamense L., 1753	Picranier	Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1	1				1	1				1	

CD_RE F	Famille	Taxon valide (TaxRef14.0)	Nom vernaculaire	Statut géographique	UICN Cat.	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 3-4 Empris e 1	Zone 3-4 Empris e 2	Zone 4	Zone 4 à l'est	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9
447560	Rubiaceae	Spermacoce remota Lam., 1792	Zèb a chyen	Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1	1	1					1				
446896	Anacardiaceae	Spondias mombin L., 1753	Mobin	Introduit	cultivée										1		
732397	Poaceae	Steinchisma laxum (Sw.) Zuloaga, 2003	Zèb rid	Présent (indigène ou indéterminé)	LC			1			1				1		1
630742	Malvaceae	Sterculia caribaea R.Br., 1852	Mapou baril	Subendémique	LC	1	1		1			1					
630752	Primulaceae	Stylogyne lateriflora (Sw.) Mez, 1901		Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1								
447411	Myrtaceae	Syzygium jambos (L.) Alston, 1931	Pomme rose	Introduit	EEE				1	1		1					
630772	Apocynaceae	Tabernaemontana citrifolia L., 1753	Bwa lèt (mal)	Présent (indigène ou indéterminé)	LC												1
833870	Thelypteridace ae	Thelypteris reticulata (L.) Proctor, 1953		Présent (indigène ou indéterminé)	LC	1	1	1	1	1							
630831	Cannabaceae	Trema micrantha (L.) Blume, 1856	Bwa lòm	Présent (indigène ou indéterminé)	LC								1				
630898	Asteraceae	Wedelia calycina Rich., 1807	Zèb solèy	Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1	1		1					
630913	Rutaceae	Zanthoxylum caribaeum Lam., 1786		Présent (indigène ou indéterminé)	LC				1	1							