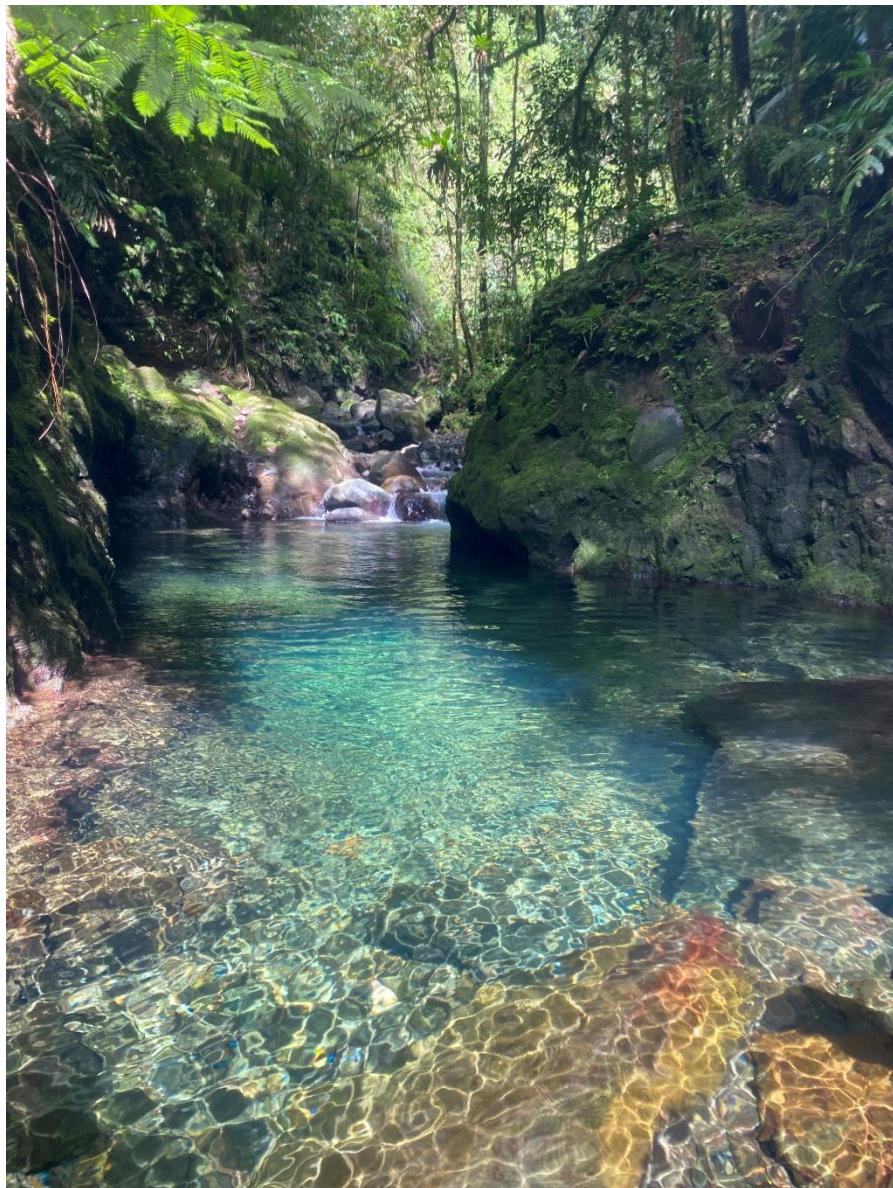


Projet ComHypho : Communautés d’hyphomycètes aquatiques de la Basse-Terre (Guadeloupe), variabilité spatiale et temporelle



Jérémy Jabiol & Marion Labeille

Rapport Final 02/07/2025

Introduction

Les hyphomycètes aquatiques sont un groupe de champignons essentiels au fonctionnement écologique des cours d'eau. Ils y sont en effet les principaux acteurs de la décomposition des débris végétaux (feuilles mortes, bois mort) (Gessner & Chauvet, 1994) sur lesquels ils se développent. Ils sont également un maillon indispensable du réseau trophique car leur activité de dégradation des détritus végétaux permet leur consommation par un ensemble d'invertébrés décomposeurs. Ces décomposeurs se nourrissent en fait d'un mélange de tissus végétaux et de mycelium fongique (Graça et al., 1993), dont la biomasse peut atteindre 20 % de la masse de la feuille (Gulis & Suberkropp, 2006). Ces champignons partagent aussi la particularité de produire des spores asexuées (conidies) qui sont dispersées dans l'eau de la rivière. Ces spores présentent pour la plupart des formes spécifiques, variant d'une espèce à l'autre et permettant leur identification à l'espèce (Descals, 2005 ; Gulis et al., 2020).

Malgré leur rôle essentiel pour les cycles biogéochimiques et les réseaux trophiques des cours d'eau, les communautés d'hyphomycètes aquatiques restent relativement peu étudiées et documentées. Ainsi, l'influence des facteurs environnementaux sur leur biodiversité ou sur la répartition des espèces est encore méconnue, et les connaissances actuelles concernent essentiellement les rivières tempérées de l'hémisphère Nord (Duarte et al. 2016). La température semble jouer un rôle essentiel dans la répartition biogéographique de certaines espèces d'hyphomycètes aquatiques. Si certaines s'avèrent cosmopolites, la répartition géographique de la plupart d'entre elles est contrainte à certaines latitudes, avec par exemple un certain nombre d'espèces typiquement tropicales, et d'autres restreintes aux cours d'eau tempérés (Wood-Eggenschwiler & Bärlocher, 1985). A l'échelle locale, on sait des études réalisées en milieu tempéré que la composition spécifique des communautés varie le long de gradients d'altitude (Fabre, 1998) et entre saisons (Suberkropp, 1984), ce qui peut être interprété comme le résultat des variations de température. Aucune étude à notre connaissance n'a porté spécifiquement sur l'effet de gradients locaux de température (ex : altitude) sur les communautés d'hyphomycètes aquatiques tropicaux. Du fait de l'influence de la température, on peut par exemple s'attendre à ce que les cours d'eau tropicaux d'altitude présentent des similitudes à des cours d'eau localisés à de plus hautes latitudes (voir Graça et al., 2016). De plus, les variations saisonnières de température sont plus faibles que sous des latitudes tempérées, et la phénologie des communautés d'hyphomycètes aquatiques n'est pas connue. Enfin, la chimie des cours d'eau influence également la composition des communautés d'hyphomycètes aquatiques. La dureté de l'eau par exemple tend à favoriser la diversité fongique (Wood-Eggenschwiler & Bärlocher, 1983), alors que certaines pollutions peuvent avoir un impact négatif sur la biodiversité - ce qui souligne l'utilisation potentielle de ces organismes comme bio-indicateurs (Solé et al., 2008 ; Barros et al., 2024). Par exemple, la pollution métallique (Krauss et al., 2003 ; Pascoal et al., 2003) ou encore des teneurs élevées en nutriments (Gulis & Suberkropp, 2003) altèrent la diversité et la composition spécifique de ces communautés.

Cette étude porte sur les communautés d'hyphomycètes aquatiques de la Basse-Terre (Guadeloupe), qui constitue un système pertinent pour tester l'influence locale de la température et des caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau. La saisonnalité de la

Guadeloupe est caractérisée par l’alternance d’une saison sèche et une saison humide, avec relativement peu de variations de température. La Basse Terre culmine à 1467 m (Soufrière) et présente un relief accidenté, offrant des gradients altitudinaux importants entre la source et l’embouchure des rivières. Enfin, l’ancienneté du volcanisme sur Basse-Terre offre une diversité de contextes géologiques, avec des bassins versants sous l’influence de volcans actifs (Soufrière), d’autres sous l’influence de volcans éteints ou fossiles. Ces différents contextes influencent les propriétés physico-chimiques des rivières (Dessert et al., 2015) avec de possibles répercussions sur les communautés microbiennes. Si la température est le paramètre structurant les communautés d’hyphomycètes aquatiques, on s’attend donc à observer de faibles fluctuations saisonnières dans la composition des communautés, mais des variations importantes le long du gradient d’altitude. Enfin, les fortes variations de la chimie de l’eau liées au contexte géologique devraient influencer la diversité et/ou la composition taxonomique des communautés. Cette étude fait suite à un premier inventaire des hyphomycètes aquatiques (Jabiol & Labeille, 2022 ; Jabiol et al., 2024) financé dans le cadre du projet DELICE par le Museum National d’Histoire Naturelle.

Méthodes

Chaque échantillon consiste en un prélèvement d’écume ([Annexe 1](#)), qui se forme naturellement à la surface de l’eau et s’accumule généralement dans les zones de faible courant en sortie de radier. L’écume est prélevée et placée dans une boîte de Pétri puis fixée avec un mélange d’acide acétique, de formaldéhyde et d’éthanol. L’écume ainsi fixée est transférée dans un tube de 2 mL. Au laboratoire, le contenu du tube est filtré sur une membrane en ester de cellulose de 5 µm de porosité qui permet de retenir des spores d’hyphomycètes aquatiques. L’échantillon est ensuite coloré au bleu Trypan (5% de bleu Trypan dans de l’acide lactique à 60%) puis monté entre lame et lamelle. Le comptage et l’identification des spores se font au microscope à un grossissement de × 200. Sur chaque échantillon, 200 spores sont comptées et identifiées lorsque cela est possible. Comme certains échantillons contenaient un nombre moindre de spores, nous avons calculé une richesse spécifique raréfiée pour 90 spores. Cet indice correspond à une estimation du nombre d’espèces observées dans un échantillon pour un nombre donné d’individus comptés (en l’occurrence 90). Il permet de comparer la diversité entre stations en standardisant l’effort d’échantillonnage. L’identification des spores a été réalisée à l’aide de différents ouvrages et articles, en particulier les travaux de Santos-Flores & Betancourt-López (1997) et de Fiúza et al. (2017) traitant respectivement des hyphomycètes aquatiques de Puerto Rico et du Brésil.

L’étude de la **variabilité saisonnière** des communautés d’hyphomycètes aquatiques a été réalisée sur la rivière Bras David à proximité de la Maison de la Forêt. Les prélèvements sur cette station ont été réalisés dans la première moitié (entre le 2 et le 15) de chaque mois, en évitant les périodes de fortes crues. Sur cette station, des enregistrements continus de la température et du débit ont été obtenus via l’observatoire de l’Eau et de l’Erosion aux Antilles (OBSERA¹).

¹ <https://www.ipgp.fr/observation/obsera/>

L'étude de la **variabilité altitudinale** a été réalisée entre le 28 et le 30 avril 2024. Le cours de la Grande Rivière de Vieux-Habitants a été parcouru de l'embouchure de la rivière jusqu'à une altitude d'environ 820 m. Le long de ce parcours, 12 prélèvements d'écume ont été réalisés ([Figure 1, Annexe 2](#)). Sur 8 de ces stations incluant la station la plus à l'amont, un enregistreur de température (HOBO UA 001-64) a été placé dans le cours d'eau permettant l'acquisition d'une valeur toutes les $\frac{1}{2}$ h. Ce déploiement permettra d'obtenir une valeur de température enregistrée à un temps donné (en l'occurrence le 29/04/2024 à 15h30) sur l'ensemble des stations. De plus, un prélèvement d'eau a été réalisé sur 7 stations afin de déterminer la concentration de l'eau en ions majeurs.

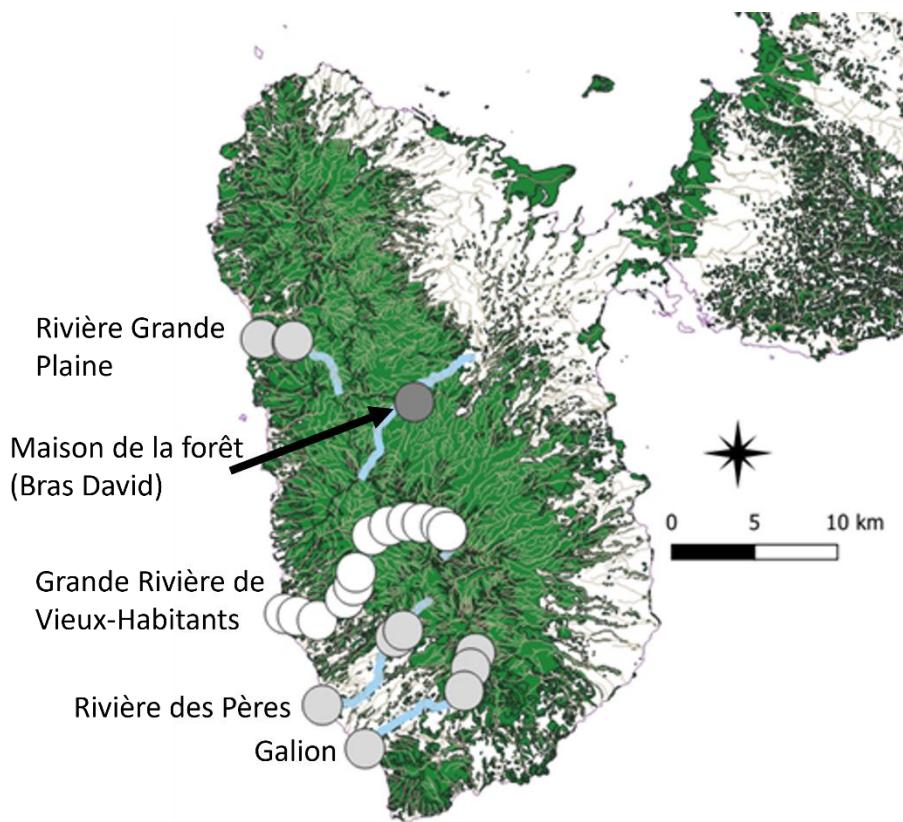


Figure 1 - Carte de la Basse-Terre indiquant la position des stations prélevées. Les zones vertes correspondent aux zones boisées, et les rivières bleues aux différents linéaires échantillonnés. Les stations blanches correspondent au suivi altitudinal sur la Grande Rivière de Vieux-Habitants, le point gris foncé à la position de la station sur Bras David pour le suivi temporel.

Enfin, l'influence du **contexte géologique** des bassins-versants a été évaluée via des prélèvements réalisés sur 3 bassins versants. La rivière du Galion est sous l'influence d'un volcanisme actif (Soufrière), la rivière des Pères d'un volcan éteint et la rivière Grande Plaine d'un volcan fossile. Ces différents contextes géologiques influencent la composition chimique des masses d'eau (Dessert et al., 2015) et ont potentiellement un effet important sur la composition en espèces des hyphomycètes aquatiques. Sur chaque bassin, 3 ou 4 échantillons d'écume ont été réalisés (10 au total).

Des échantillons d'eau ont été prélevés sur différentes stations (voir ci-dessous) afin de déterminer la composition en ions majeurs. Dans ce but, les échantillons ont été congelés le

plus rapidement possible après le prélèvement, transportés au laboratoire dans une glacière puis filtrés sur une membrane de 0.45 µm de porosité. Les ions ont ensuite été dosés par chromatographie selon les protocoles NF EN ISO 14911 et NF EN ISO 10304.

Les données environnementales collectées sur les différentes stations sont récapitulées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 - Récapitulatif des données environnementales disponibles et origine des données.

	Température	Débit	Chimie
Variabilité temporelle sur Bras David	Obsera	Obsera	
Variabilité altitudinale sur la Grande Rivière de Vieux-Habitants	HOBO UA 001-64 – Cette étude		Ions majeurs – Cette étude
Influence du contexte géologique			Ions majeurs – Cette étude

Résultats et Discussion

Espèces et diversité

Sur l'ensemble des échantillons, 73 morphes ont été rencontrés, dont 40 ont pu être identifiés à l'espèce. Parmi les espèces identifiées, 15 sont nouvelles par rapport au précédent inventaire réalisé dans le cadre du projet DELICE (Jabiol & Labeille, 2022 ; Jabiol et al., 2024) qui avait porté sur 12 stations réparties sur 3 bassins versants. La rencontre de nouvelles espèces s'explique d'une part par le nombre plus important de stations, mais aussi par la répartition spatio-temporelle des échantillonnages déterminée spécifiquement pour maximiser les gradients environnementaux. Sept espèces localement très abondantes et/ou largement présentées sur l'ensemble des prélèvements représentent ensemble plus de 75 % des conidies dénombrées. Il s'agit de *Triscelophorus acuminatus* (27.4 % des spores), *Campylospora* sp (12.5 %), *Triscelophorus monosporus* (11.5 %), *Lunulospora curvula* (7.1 %), une espèce sigmoïde non identifiée (sigmoïde 1, 5.3 %) et *Heliscus tentaculus* (5.3 %). Les différentes espèces rencontrées sont listées dans le **Tableau 2** et illustrées sur la **Figure 2** (Planche I et II).

De nombreux morphes non identifiés à l'espèce concernent des spores sigmoïdes et hélicoïdales, qui ne présentent pas de caractère morphologique suffisamment remarquable pour une identification inéquivoque à partir de spores isolées, en particulier dans les cours d'eau tropicaux où nos connaissances restent lacunaires. Des spores évocatrices du genre *Varicosporium* et *Dendrosporomyces* ont également été rencontrées, mais le nombre de spores observées est trop faible pour proposer une identification compte tenu de la grande variabilité des caractères morphologiques (nombre et points d'insertion des bras) au sein des espèces. Des études plus approfondies, incluant des isolements et séquençage de souches seraient nécessaires pour élucider la diversité de ces groupes d'espèces en Guadeloupe. L'identification d'autres espèces demeure douteuse lorsque trop peu de spores ont été observées pour valider les différents critères diagnostiques. Il s'agit de *Beltrania rhombica* (5 spores), *Diplocladiella* sp. (1 spore), *Dwayaangam* sp. (1 spore), *Lateriramulosa uni-inflata* (2 spores), *Lunulospora cymbiformis* (1 spore) et *Tetracladium* sp. (1 spore).

Planche I

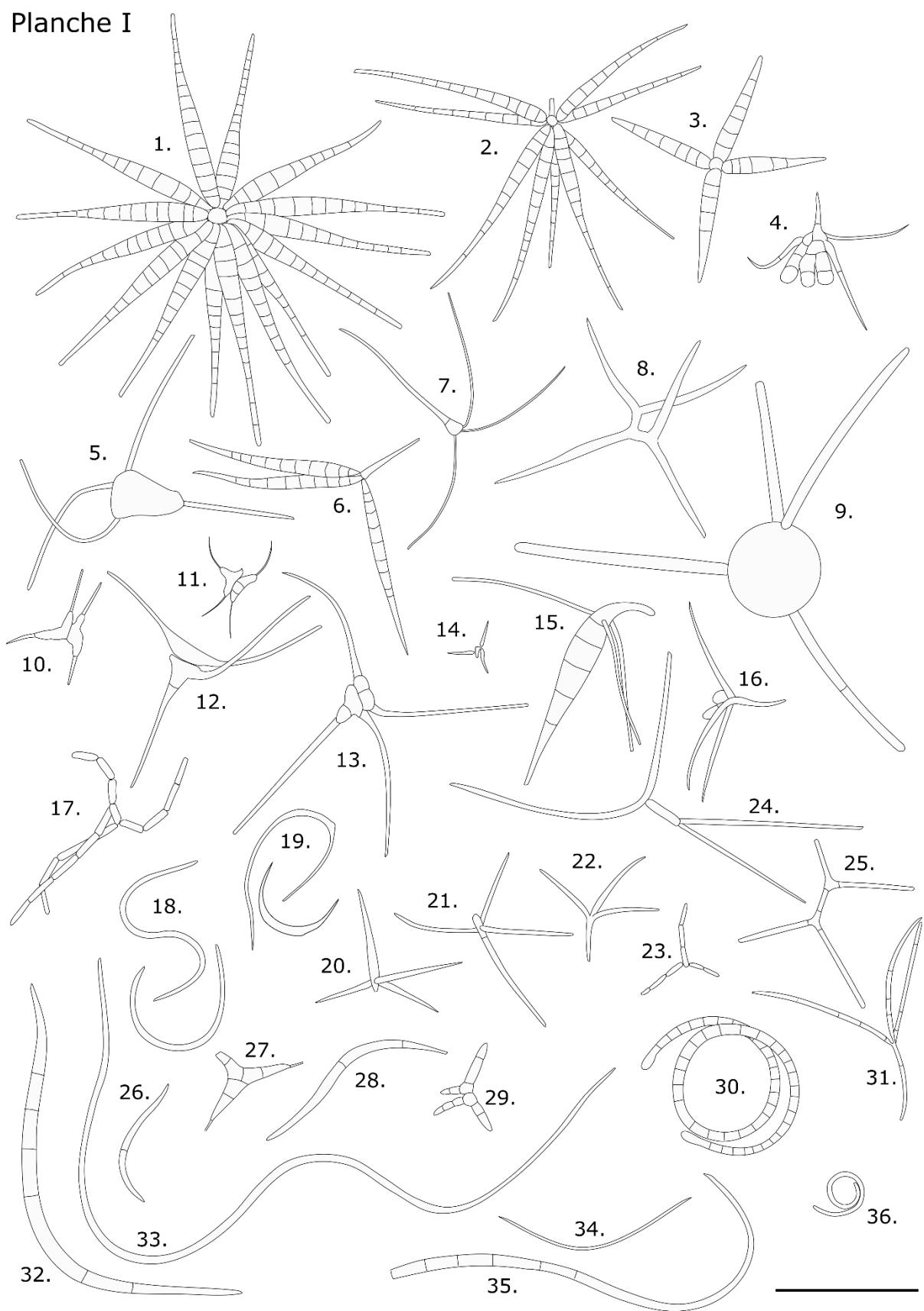


Planche II

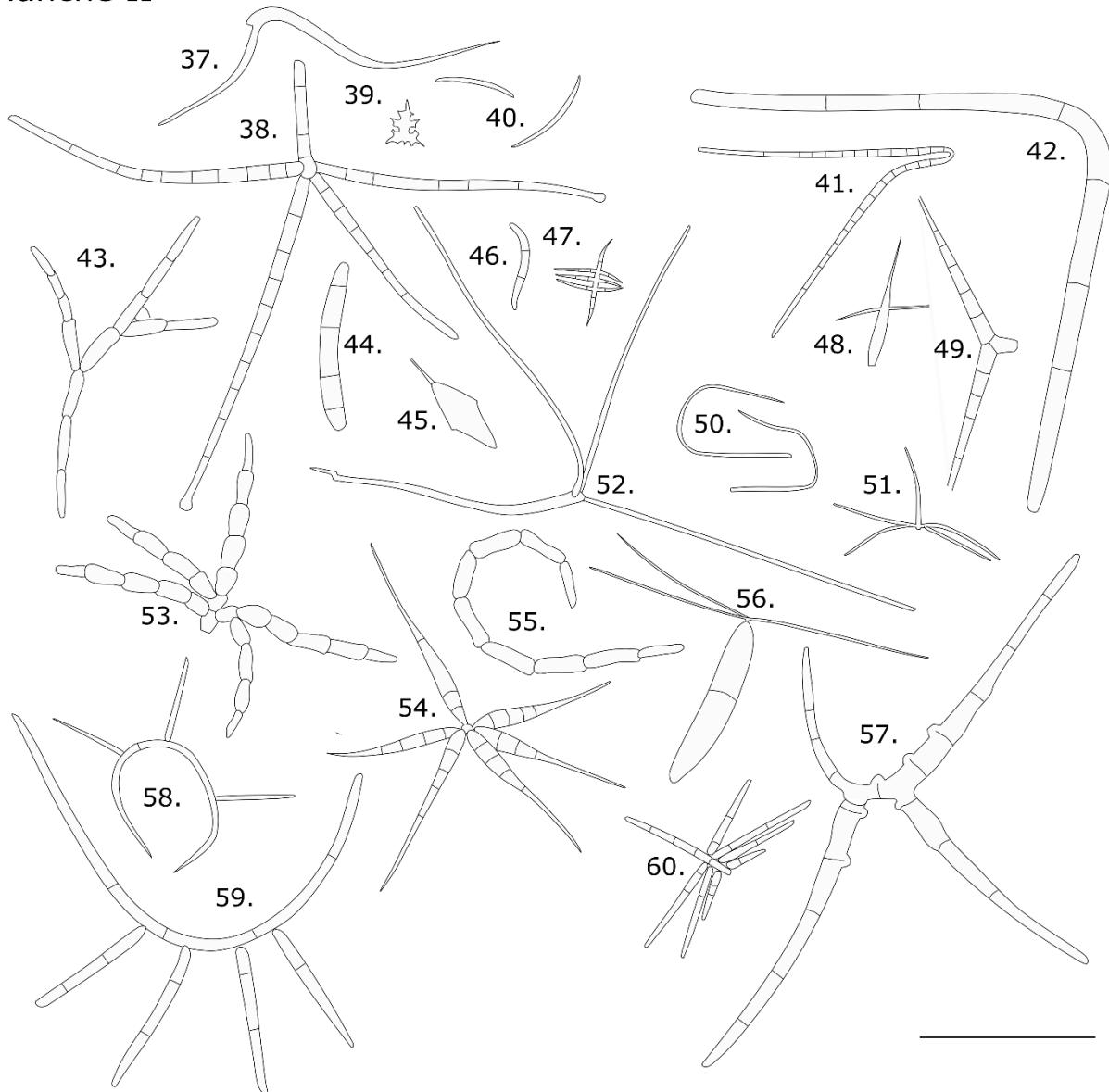


Figure 2 - Illustrations des différentes spores observées au cours de l'étude. La barre d'échelle indique une longueur de 60 µm. La planche I est adaptée de Jabiol et Labeille (2022) et représente les spores déjà connues pour la Guadeloupe. La planche II représente les espèces (identifiées ou non) nouvellement observées lors de cette étude.

Planche I - 1. *Flabellospora multiradiata*, 2. *Flabellospora verticillata*, 3. *Flabellospora crassa*, 4. *Tetracladium setigerum*, 5. *Clavariana aquatica*, 6. *Isthmotrichidia gombakiensis*, 7. *Heliscus tentaculus*, 8. *Dwayaangam* sp., 9. *Brachiosphaera tropicalis*, 10. *Campylospora parvula*, 11. *Campylospora filicladia*, 12. *Campylospora cf. brasiliensis*, 13. *Campylospora chaetocladia*, 14. cf. *Lateriramulosa uni-inflata*, 15. *Monacrosporium tentaculatum*, 16. *Tetracladium marchalianum*, 17. *Phalangispora constricta*, 18. *Sigmoïde* 2, 19. *Lunulospora curvula*, 20. *Trisclerophorus acuminatus*, 21. *Trisclerophorus monosporus*, 22. *Alatospora acuminata*, 23. *Trisulcosporium acerinum*, 24. *Tricladium* sp., 25. *Tricladium angulatum*, 26. *Aquanectria penicillioides*, 27. *Diplocladiella scalaroides*, 28. *Sigmoïde* 7, 29. *Tripospermum* sp., 30. Hélicoïdale 1, 31. *Isthmotrichidia laeensis*, 32. *Anguillospora crassa*, 33. cf. *Anguillospora gigantea*, 34. *Sigmoïde* 1, 35. cf. *Cercospora* sp., 36. Hélicoïdale 3,

Planche II - 37. cf. *Lunulospora cymbiformis*, 38. *Flabellocladid tetracladia*, 39. *Dendrosporium lobatum*, 40. *Sigmoïde* 6, 41. *Condylospora gigantea*, 42. Spore non identifiée 4, 43. *Phalangispora* sp., 44. *Sigmoïde* 5, 45. cf. *Beltrania rhombica*, 46. *Sigmoïde* 3, 47. Spore non identifiée 2, 48. *Jaculispora submersa*, 49. *Diplocladiella* sp., 50. *Angulospora aquatica*, 51. *Maggalaenaea monogramma*, 52. *Clavariopsis azlanii*, 53. *Speiropsis pedatospora*, 54. *Flabellospora acuminata*, 55. *Wiesneriomycetes laurinus*, 56. *Pseudorobillarda* cf. *phragmitis*, 57. *Ingoldiella hamata*, 58. Groupe *Varicosporium* sp. 3, 59. Groupe *Varicosporium* sp. 4, 60. Spore non identifiée 1

Tableau 2 - Conidies rencontrées lors des échantillonnages. Les abondances relatives dans les différentes axes/clusters identifiés (voir Figure 11). La colonne Abr. donne l'abréviation des espèces dominantes utilisée pour la représentation graphique en Figure 5, 9 et 11. Les astérisques dans la colonne N indiquent les morphes non rencontrés (ou non identifiés avec certitude) lors du précédent inventaire. cf. indique une incertitude sur le nom d'espèce ou de genre qu'il précède.

Espèces	Abr.	N	Bras David	Groupe aval	Groupe amont	Matouba & Galion	Echelle
<i>Alatospora acuminata</i> Ingold			-		-		-
<i>Anguillospora crassa</i> Ingold			-				
cf. <i>Anguillospora gigantea</i> Ranzoni			-				
<i>Angulospora aquatica</i> Nilsson	ANAQ	*		-	+	+++	-
<i>Aquanectria penicilliodes</i> (Ingold) L. Lombard & Crous	AQPE		-	-	-		
cf. <i>Beltrania rhombica</i> Penz.			-				
<i>Brachiosphaera tropicalis</i> Nawawi			-	-	-		
<i>Campylospora chaetocladia</i> Ranzoni	CACH		-	-	-		
<i>Campylospora filicladia</i> Nawawi			-	-	-		
<i>Campylospora parvula</i> Kuzuha		*	-	-	-		
<i>Campylspora</i> cf. <i>brasiliensis</i> Moro	CAni		+++	-	+		
cf. <i>Cercospora</i> sp. Fresen. ex Fuckel					-	+	-
<i>Clavariana aquatica</i> Nawawi			-				
<i>Clavariopsis azlanii</i> Nawawi		*		-			
<i>Condylospora gigantea</i> Nawawi & Kuthub.		*	-		-	-	-
<i>Monacrosporium tentaculatum</i> A. Rubner & W. Gams						-	
<i>Dendrosporium lobatum</i> Plakidas & Edgerton ex J.L. Crane		*				-	-
<i>Diplocladiella scalaroides</i> G. Arnaud ex M.B. Ellis			-	-	-		
<i>Diplocladiella</i> sp. Arnaud		*				-	
<i>Dwayaangam</i> sp. Subram.						-	
<i>Flabellocladia tetrica</i> (Nawawi) Nawawi		*				-	
<i>Flabellopsora acuminata</i> Descals		*	-		-		
<i>Flabellopsora crassa</i> Alas.	FLCR		-	-	-		
<i>Flabellopsora multiradiata</i> Nawawi			-		-		
<i>Flabellopsora verticillata</i> Alas.			-	-	-		
Groupe <i>Varicosporium</i> sp1			-				
Groupe <i>Varicosporium</i> sp2				-	-		-
Groupe <i>Varicosporium</i> sp3					-		
Groupe <i>Varicosporium</i> sp4			-		-		
Helicoïdale 1	H1		-		-		
Helicoidale 2			-	-	-		
Helicoidale 3			-		-		
Helicoidale 4			-				-
Helicoidale 5			-		-		

Tableau 2 (suite)

Espèces	Abr.	N	Bras David	Groupe aval	Groupe amont	Matouba & Galion	Echelle
<i>Heliscus tentaculus</i> Umphlett	HETE		-	+++	-		
<i>Ingoldiella hamata</i> Shaw		*	-		-		
<i>Isthmotricladia gombakiensis</i> Nawawi			-		-		
<i>Isthmotricladia laeensis</i> Matsush.		*	-	-			-
<i>Jaculispora submersa</i> Huds & Ingold		*		-	-		
cf. <i>Lateriramulosa uni-inflata</i> Matsush.					-		
<i>Lunulospora curvula</i> Matsush.	LUCU		-	+++	-		
cf. <i>Lunulospora cymbiformis</i> Miura					-		
<i>Magdalaenaea monogramma</i> Arnaud		*	-		-		
<i>Phalangispora constricta</i> Nawawi & Webster			-	-	-		
<i>Phalangispora sp.</i> Nawawi & Webster	PHCO		-		-		
<i>Pseudorobillarda cf. phragmitis</i> (Cunnell) Morelet			-				
Sigmoïde 1	S1		-	-	+	-	-
Sigmoïde 2			-	-	-	-	
Sigmoïde 3							+
Sigmoïde 4			-		-		
Sigmoïde 5			-	-	-		
Sigmoïde 6	S6			-			+++
Sigmoïde 7			-	-	-	-	
<i>Speiopsis pedatospora</i> Tubaki		*	-		-		
Spore inconnue 1							-
Spore inconnue 2					-		
Spore inconnue 3						-	+
<i>Tetracladium marchalianum</i> De Wild.			-	-	-		
<i>Tetracladium setigerum</i> (Grove) Ingold		*	-				-
<i>Tetracladium sp.</i> De Wild.							-
<i>Tricladium angulatum</i> Ingold	TRAN			-	-		
<i>Tricladium sp</i> Ingold	TRni		-	-	-		
<i>Tripospermum sp.</i> Speg.					-	-	
<i>Triscelophorus acuminatus</i> Nawawi	TRAC		+++	+	+++		
<i>Triscelophorus monosporus</i> Ingold			++	++	+	-	-
<i>Trisulcosporium acerinum</i> Huds & Sutton			-		-		
<i>Wiesneriomycetes laurinus</i> (Tassi) Kirk		*	-	-	-		-

Enfin, d'autres espèces n'ont pas été identifiées car elles ne correspondent à aucune espèce décrite à notre connaissance, mais présentent néanmoins des caractères suffisamment remarquables et répétables d'une spore à l'autre pour les considérer comme des espèces différentes. Ces espèces incluent une espèce de *Campylospora*, dominante dans nos

échantillons et déjà observée lors du précédent inventaire (Jabiol & Labeille, 2022 ; Jabiol et al. 2024). Il pourrait s'agir de l'espèce *Campylospora baraziliensis* (Moro et al., 2015) mais une confirmation moléculaire serait nécessaire. Une spore évoquant *Tricladium*, déjà observée en 2022 ne correspond à aucune espèce décrite à notre connaissance, bien qu'elle ait été représentée à plusieurs reprises dans la littérature (Hudson & Ingold, 1960; Santos-Flores & Bétancourt-López, 1997) en Jamaïque et à Cuba et reportée comme *Tricladium sp* ou *Scorpiosporium sp*. Une spore majoritairement rencontrée sur les écoulements sommitaux de la Soufrière évoque une spore de *Dendrospora* dont l'ensemble des bras sont disposés sur le même plan (spore 60, [Figure 2](#)). Une autre évoque *Enantioptera tetra-alata* mais présente 6 bras latéraux au lieu de 4 (spore 47, [Figure 2](#)). Enfin, une spore sigmoïde de grande taille coudée en son milieu a été observée à 2 reprises et évoque une spore rencontrée par Santos-Flores & Bétancourt-López (1997) à Puerto Rico (spore 42, [Figure 2](#)) mais non identifiée alors. Une partie de ces spores appartiennent potentiellement à des espèces nouvelles pour la science qu'il conviendrait de confirmer par leur mise en culture et séquençage.

Variabilité saisonnière sur la rivière Bras David

Sur la période d'échantillonnage, s'étalant de novembre 2023 à octobre 2024, la température moyenne de l'eau s'est établie à 23.7°C. Elle présente relativement peu de variation saisonnière avec des fluctuations bornées entre 20.8 et 26.7°C, et des températures légèrement plus importantes (moyenne 24.7°C) entre mai et août, et plus fraîches (moyenne 22.4°C) entre décembre et février ([Figure 3](#)). Le débit du cours d'eau présente des variations saisonnières bien plus marquées, correspondant à l'alternance entre saison sèche et saison des pluies. De décembre à avril le débit n'excède jamais 4.37 m³/s avec un débit d'étiage aux alentours de 0.6 m³/s. La saison des pluies est caractérisée par une succession de crues dont la plus importante porte le débit du cours d'eau à 49.88 m³/s et des niveaux d'étiage généralement plus élevés que lors de la saison sèche ([Figure 3](#)).

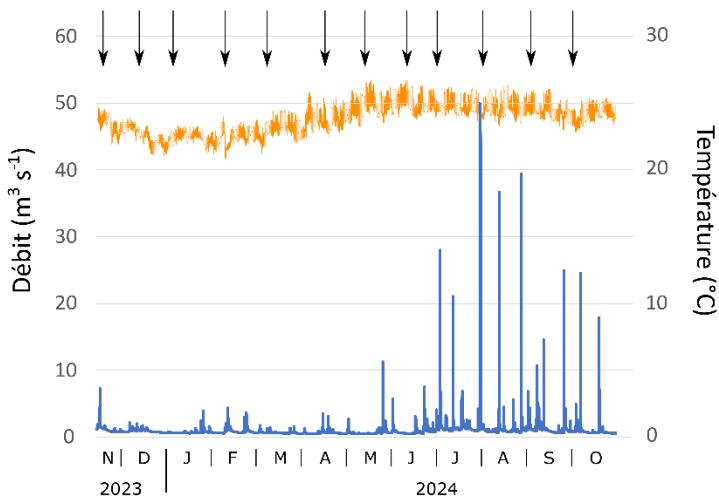


Figure 3 - Variations annuelles de la température et des débits de Bras David au niveau de Maison de la Forêt. La courbe orange indique la température et la courbe bleue le débit. Les flèches indiquent les 12 prélèvements effectués. Source : Obsera.

Les 12 prélèvements d'écume réalisés sur cette période ont permis d'observer 45 espèces (voir [Tableau 2](#)). La communauté est dominée tout au long de l'année par 3 espèces, à savoir *Triscelophorus acuminatus* (35.1 % des spores), *Campylospora sp.* (26.2 % des spores) et *Triscelophorus monosporus* (14.1 % des spores). La plupart des espèces peuvent être rencontrées toute l'année, tandis qu'une minorité présente une saisonnalité marquée ([Figure 4](#)). Par exemple, les spores de *Phalangispora constricta* sont principalement retrouvées au cours de la saison des pluies, et la densité de spores dans l'écume semble être liée au débit de la rivière. Les spores de *Campylospora chaetocladia* quant à elles ne sont retrouvées que de décembre à juin (saison sèche) et à aucun autre mois de l'année ([Figure 4](#)).

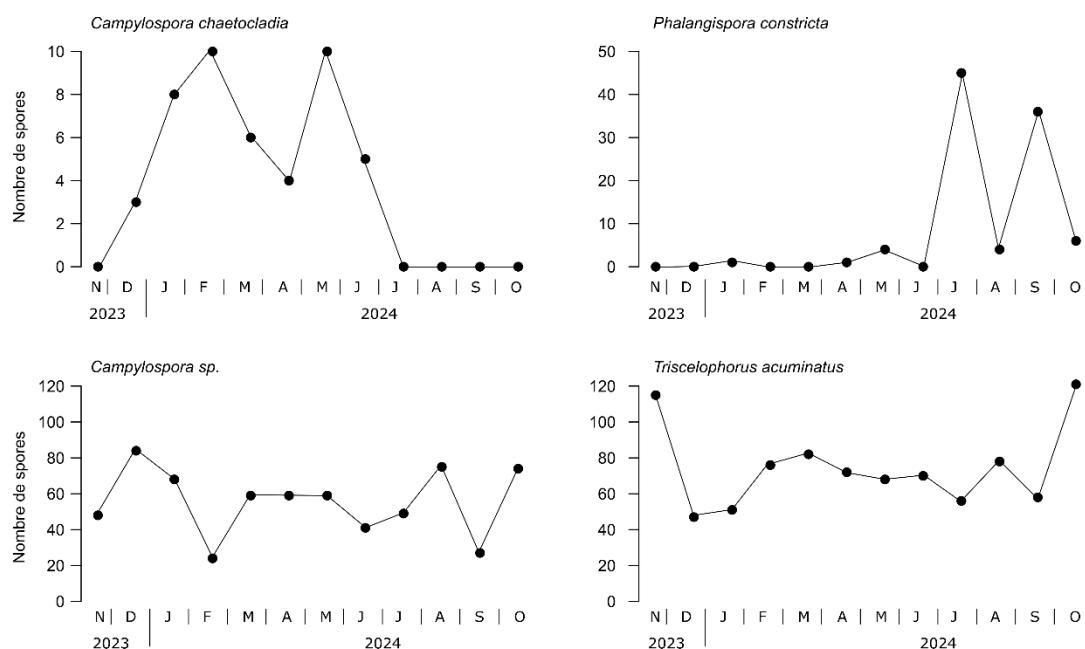


Figure 4 - Variations saisonnières de la densité de 4 espèces dans l'écume de Bras David. Les 2 espèces du haut illustrent une saisonnalité importante tandis que celles du bas sont rencontrées tout au long de l'année.

La saisonnalité de la composition des communautés est illustrée sur la [Figure 5](#). Sur la droite du graphique se trouve un groupe d'échantillons correspondant au cœur de la saison des pluies (juillet à octobre) et caractérisés par la dominance d'espèces telles que *Phalangispora constricta* et la spore hélicoïdale 1. Les spores hélicoïdales (genre *Helicomyces* par exemple) appartiennent à des champignons aéro-aquatiques, un groupe caractérisé par une alternance entre phase terrestre et phase aquatique, et particulièrement adapté aux environnements soumis à des variations du niveau de l'eau. Il est possible que ces champignons colonisent principalement les berges (i.e. le milieu terrestre) et produisent leurs conidies dans l'eau de la rivière uniquement lorsque ces dernières deviennent immergées par une crue. L'écologie de *Phalangispora constricta* est moins connue, mais Nawawi et Webster (1982) notent une production de spores en milieu aérien qui laisse également supposer un cycle aéro-aquatique chez cette espèce. Sur la partie gauche du graphique on retrouve la plupart des espèces dominantes ainsi que *Campylospora chaetocladia*, présente exclusivement en saison sèche.

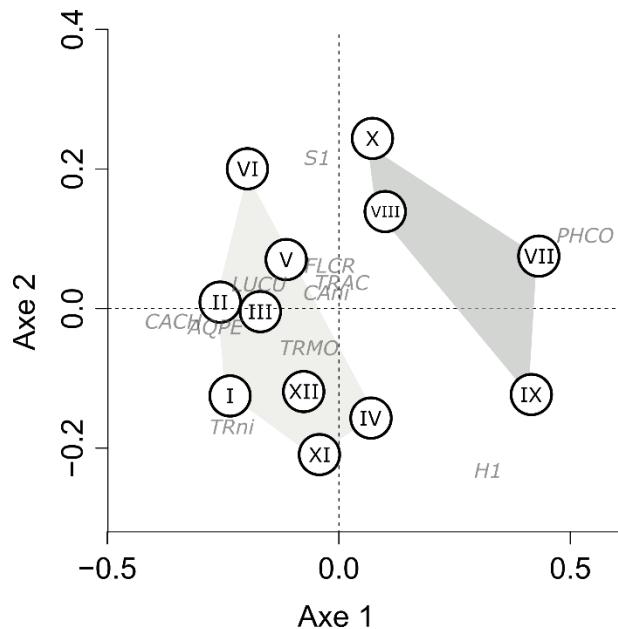


Figure 5 - Positionnement multidimensionnel des 12 prélèvements réalisés sur Bras David, identifiés par le numéro de mois en chiffres romains. Les abréviations grisées correspondent aux différentes espèces (seules les 15 espèces dominantes sont indiquées pour plus de lisibilité). Les polygones gris rassemblent les groupes identifiés par clustering hiérarchique. En gris foncé les échantillons de la saison humide, en gris clair la saison sèche et l'intersaison.

En termes de diversité, les communautés associées à chaque prélèvement d'écume contiennent entre 10 et 27 espèces (17.6 en moyenne) (Figure 6). Toutefois, cette variabilité s'explique en partie par une quantité hétérogène de spores dans l'écume. Une fois corrigé pour l'abondance (raréfaction de la diversité pour 90 conidies), le nombre d'espèces par prélèvement varie entre 7.6 et 18.6 conidies par échantillon (moyenne 12.4). La diversité la plus faible correspond aux prélèvements du mois de juin et d'octobre, tandis que les mois d'avril et septembre voient les niveaux de diversité les plus importants. Ces variations ne semblent pas liées à la saisonnalité et ne sont clairement expliquées ni par les variations de température, ni par les variations de débit.

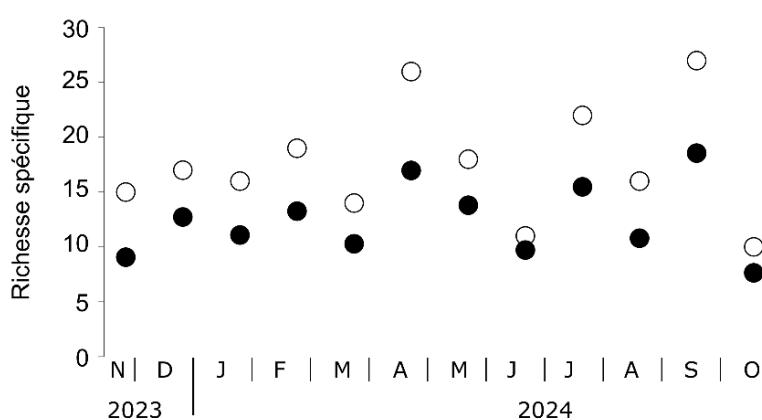


Figure 6 - Variations saisonnières de la richesse spécifique des spores d'hyphomycètes aquatiques par prélèvement d'écume. Les points blancs correspondent à la richesse totale et les points noirs aux valeurs raréfiées pour 90 spores (voir méthodes).

Variabilité altitudinale sur la Grande rivière de Vieux Habitants

Les propriétés physico-chimiques de la Grande Rivière de Vieux Habitants présentent des variations importantes d'une station à l'autre ([Tableau 3](#)). La concentration en ions sulfates augmentent progressivement de l'amont vers l'aval. Au contraire, la concentration des autres ions ne varie pas de manière monotone le long du gradient d'altitude. Au contraire, des changements brusques d'une station à l'autre reflètent peut-être la contribution d'affluents présentant des caractéristiques physico-chimiques particulières, ou le passage du cours d'eau sur un terrain géologique donné. Par exemple, les concentrations en fluorure, chlorure et ammonium présentent un pic aux alentours de 600 m d'altitude avant de diminuer et retrouver progressivement les niveaux de concentration des zones les plus à l'amont. D'autre part, les concentrations en nutriments tels que les nitrates et les phosphates sont les plus importantes dans les stations localisées au-dessus de 350 m d'altitude, soit en amont des sites cultivés et des sites accessibles au public (comme la Grivelière ou la retenue de Barthole) où une origine anthropique est peu probable. Dans la station la plus à l'aval, des concentrations plus élevées de nitrates et de phosphates pourraient être dues aux usages anthropiques (urbanisation).

Tableau 3 - Altitude et propriétés physico-chimique sur les différents prélèvements réalisés sur la Grande Rivière de Vieux-Habitants. Les tirets indiquent des mesures non réalisées et <LD des valeurs inférieures au seuil de détection. La température correspond à la mesure faite simultanément le 29/04/2024 à 15h30.

Altitude (m)	Température (°C)	F ⁻	Cl ⁻	N- NO ₂ ⁻	Br ⁻	N- NO ₃ ⁻	S- SO ₄ ²⁻	P- PO ₄ ²⁻	Na ⁺	N- NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
3	27.08	0.02	6.12	0.013	0.009	0.013	1.029	0.0011	6.74	<LD	0.804	2.30	6.94
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	25.22	0.01	5.84	<LD	0.010	0.005	1.016	<LD	6.52	<LD	0.716	2.28	6.81
135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
185	Enregistreur perdu	0.01	5.84	<LD	0.010	0.010	0.978	<LD	6.64	<LD	0.737	2.27	6.90
230	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
364	22.62	1.91	18.85	0.013	0.017	0.015	0.418	<LD	6.65	5.57	0.837	2.15	6.80
480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
593	21.47	6.88	20.15	0.012	0.015	0.015	0.327	<LD	6.07	7.17	0.721	1.90	6.54
674	21.09	0.02	4.83	0.012	0.009	0.011	0.263	0.0019	5.33	<LD	0.544	1.80	5.69
762	20.52	0.01	4.65	0.012	0.008	0.013	0.250	0.0012	5.01	<LD	0.497	1.75	5.27
819	19.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Les mesures de températures réalisées simultanément à 15h30 grâce aux enregistreurs disposés le long du transect longitudinal ont permis de caractériser l'augmentation de la température de l'amont vers l'aval ([Figure 7](#)). Cette dernière se traduit par un gain d'environ 0.78 °C tous les 100 m de dénivelé, avec un delta de 7.3 °C entre l'aval et l'amont, soit une variation qui excède les fluctuations saisonnières observées sur Bras David. L'augmentation de la température vers l'aval semble toutefois plus importante sur les premiers 50 m (au niveau de l'embouchure) que sur le reste du gradient. Cela pourrait être lié à une plus grande inertie thermique liée au couvert végétal et à l'étroitesse du lit à l'amont, au contraire de l'aval caractérisé par l'urbanisation (traversée de la commune de Vieux-Habitants) et l'élargissement du lit de la rivière.

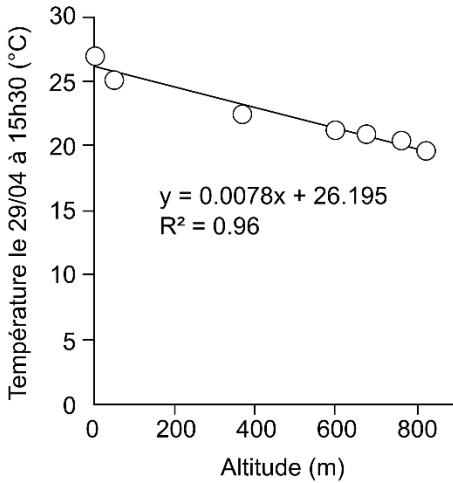


Figure 7 - Température de l'eau dans la Grande Rivière de Vieux-Habitants le long du gradient d'altitude. La température de l'eau a été relevée simultanément sur les différents points le 29/04/2024 à 15h30 (heure locale)

Sur les 12 prélèvements réalisés sur la Grande Rivière de Vieux-Habitants, 48 espèces ont été trouvées. Les communautés, comme sur Bras David, sont largement dominées par les genres *Triscelophorus* et *Campylospora* qui se retrouvent sur l'ensemble du gradient. La proportion relative des espèces présente toutefois des variations de l'amont à l'aval, et l'on peut ainsi identifier des espèces plutôt associées aux zones amont (*Triscelophorus acuminatus*, *Phalangispora constricta*, *Alatospora acuminata*, *Angulospora sp.*) et au contraire des espèces plus abondantes à l'aval (*Tricladium angulatum*, *Tricladium sp.*, *Lunulospora curvula*, *Heliscus tentaculus*, *Campylospora chaetocladia*) (Figure 8).

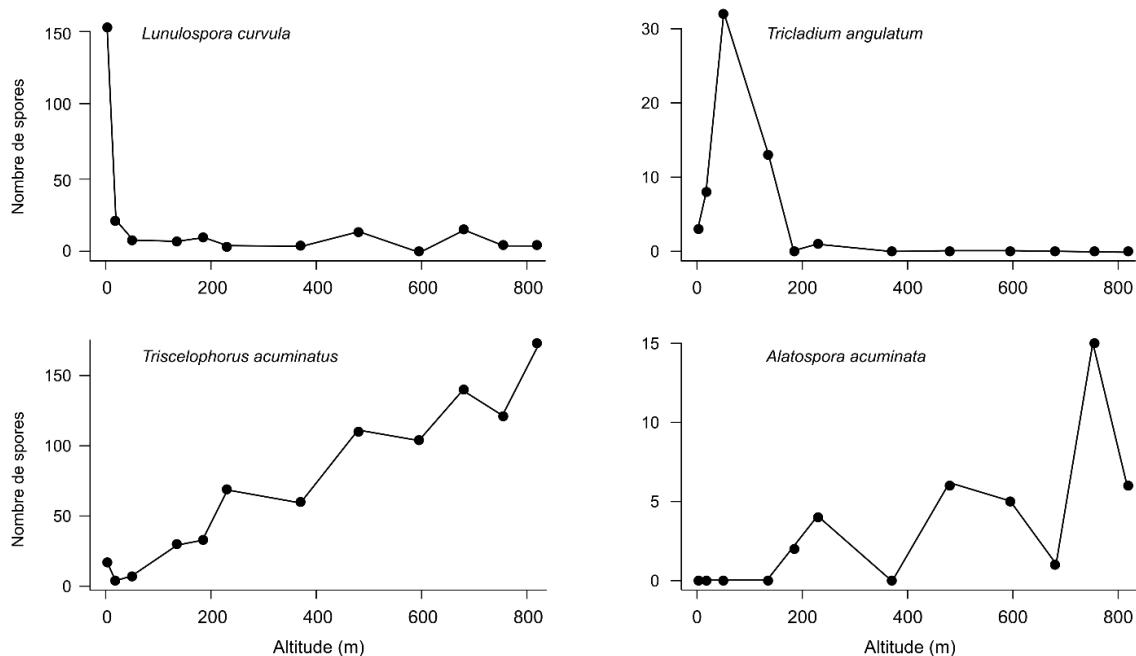


Figure 8 - Variations altitudinales de la densité de 4 espèces dans l'écume de la Grande Rivière de Vieux-Habitants. Les 2 espèces du haut illustrent des espèces typiques des zones aval et celles du bas des zones amont.

Ces variations longitudinales sont illustrées sur l'analyse multidimensionnelle ([Figure 9](#)) faisant apparaître 4 groupes de stations. Ces groupes, définis selon les communautés d'hyphomycètes aquatiques, coïncident avec différentes sections du cours d'eau. Une zone amont forestière (>600 m), une zone intermédiaire (150-600 m), une zone aval (<150 m) et la station proche de l'embouchure. Cette dernière n'est, regroupée avec aucune autre et est caractérisée par l'abondance des spores de *Lunulospora curvula*, une espèce présente mais assez peu représentée sur le reste du gradient. Ces observations sont cohérentes avec les distributions de ces espèces en zone tempérée. Dans une analyse réalisée dans le Sud-Ouest de l'hexagone, Chauvet (1991) note en effet la présence de *Triscelophorus*, *Lunulospora curvula*, *Campylospora chaetocladia* et *Heliscus tentaculus* dans les stations les plus chaudes, en particulier lors d'échantillonnages estivaux. *Tricladium angulatum* y est par ailleurs également rencontré dans les zones avales des cours d'eau. Les spores d'*Alatospora acuminata* en revanche sont rencontrées dans les parties amont de la Grande Rivière de Vieux-Habitants. Cette espèce est très commune en milieu tempéré, et pourrait trouver son optimum en Guadeloupe dans les têtes de bassins où la température est plus proche de celle observée dans les cours d'eau tempérés.

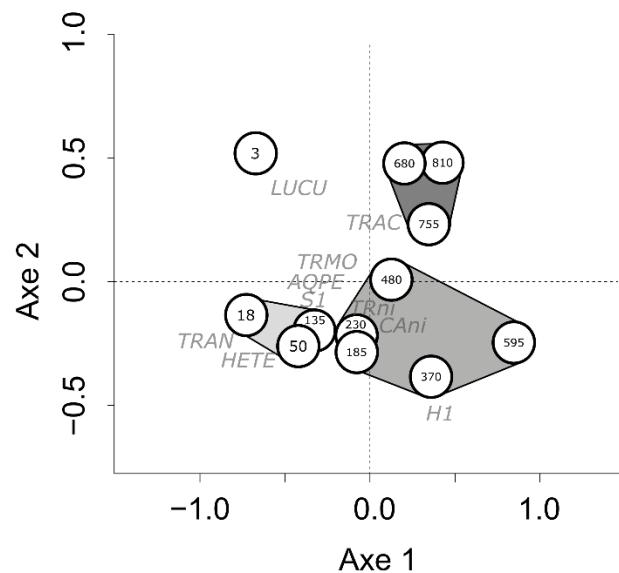


Figure 9 - Positionnement multidimensionnel des 12 prélèvements sur la Grande Rivière de Vieux-Habitants, identifiés par l'altitude. Les abréviations grisées correspondent aux différentes espèces (seules les 15 espèces dominantes sont indiquées pour plus de lisibilité). Les polygones gris rassemblent les groupes identifiés par clustering hiérarchique.

En termes de diversité, le nombre d'espèce observé semble maximal à des altitudes intermédiaires (200-500 m) ([Figure 10](#)). Plus en altitude, le nombre d'espèce rencontrées pourrait être limité par la forte abondance des *Triscelophorus acuminatus*, qui limite la probabilité de détection des espèces rares (puisque un nombre équivalent de spores a été compté entre échantillons). L'abondance de cette espèce en tête de bassin pourrait indiquer ses préférences thermiques et/ou sa dépendance vis-à-vis de la disponibilité en matière organique végétale, probablement abondante dans les zones amont très forestières. Une richesse moindre dans les stations amont pourrait aussi être liée à la dispersion unidirectionnelle (i.e. la dérive

due au courant) des hyphomycètes aquatiques. Les spores se dispersent essentiellement de l'amont vers l'aval, alors que la dispersion vers l'amont est sans doute beaucoup moins efficace ce qui pourrait expliquer le nombre d'espèces plus restreint. Les mécanismes impliqués dans cette dispersion de l'aval vers l'amont ne sont d'ailleurs pas élucidés.

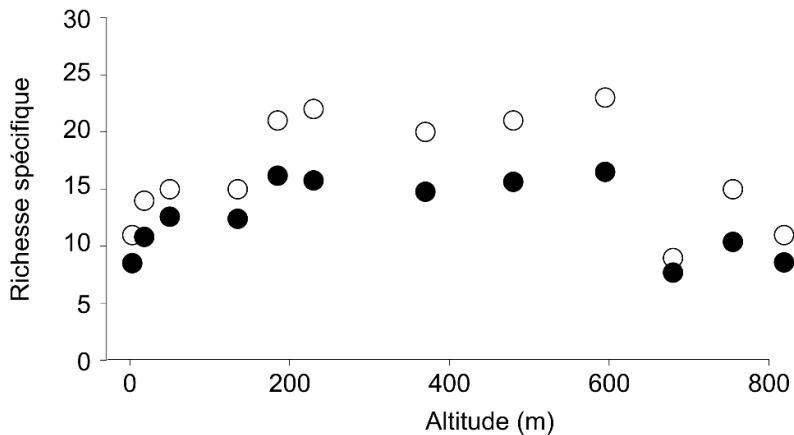


Figure 10 - Variations altitudinales de la richesse spécifique des communautés d'hyphomycètes aquatiques par prélèvement d'écume. Les points blancs correspondent à la richesse totale et les points noirs aux valeurs raréfiées pour 90 spores (voir méthodes).

Plusieurs mécanismes pourraient expliquer la richesse moindre dans les stations les plus à l'aval :

- La disponibilité de litières (ressource pour les hyphomycètes aquatiques) pourrait être moins importante en diversité et en quantité qu'à l'amont si on la rapporte à la surface du lit mouillé (Abelho, 2001)
- Les températures supérieures à 25°C sont réputées avoir un effet inhibiteur sur le développement et la reproduction de plusieurs espèces d'hyphomycètes aquatiques, y compris des espèces présentes en milieu tropical (Rajashekhar & Kaveriappa, 2000 ; Chauvet & Suberkropp, 1998)
- Des contaminations liées à l'urbanisation de la partie aval de la rivière pourraient inhiber certaines espèces au profit d'un nombre plus restreint d'espèces tolérantes. Duarte et al. (2008) relève toutefois une polluo-sensibilité importante chez *Lunulospora curvula* qui s'avère être l'espèce dominante sur la station la plus à l'aval

Contrairement à ce qui avait été observé lors du premier inventaire (Jabiol & Labeille, 2022), ces variations longitudinales de la richesse spécifique ne semblent pas aussi clairement liées aux variations de température ou à la concentration en azote (nitrates), et ne s'avèrent corrélées à aucun paramètre environnemental évalué ([Annexe 3](#)). On note toutefois que le gradient de nitrates lors de ce premier inventaire était toutefois plus important (ca. 0 – 0.20 mg/L) et était associé à des cours d'eau davantage impactés par les activités anthropiques que ne l'est la grande Rivière de Vieux-Habitants. Par ailleurs, la très forte variabilité de la composition chimique de l'eau (ex : chlorure, fluorure, ammonium) ne semble pas affecter la diversité des communautés d'hyphomycètes aquatiques.

Influence du contexte géologique

Tableau 4 - Altitude et propriétés physico-chimique sur les différents prélèvements réalisés sur les bassins de la Rivière Grande Plaine, la Rivière des Pères et le Galion. Les tirets indiquent des analyses non réalisées et <LD des valeurs inférieures au seuil de détection.

	Altitude (m)	F ⁻	Cl ⁻	N-NO ₂ ⁻	Br	N-NO ₃ ⁻	S-SO ₄ ²⁻	P-PO ₄ ³⁻	Li ⁺	Na ⁺	N-NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻
mg L ⁻¹															
Aval chutes du Galion	800	0.23	51.76	<LD	0.102	0.003	28.67	<LD	0.012	13.21	0.264	3.142	10.24	37.11	0.23
Aval saut d'Acomat	50	0.33	13.63	0.013	0.029	0.004	25.51	<LD	0.008	12.64	0.206	1.181	7.08	21.40	0.33
Gué de Saint Louis	515	0.02	6.74	0.013	0.015	0.065	2.20	<LD	<LD	7.66	0.094	0.843	3.17	9.49	0.02
Aval Gde Plaine	3	0.2	16.37	0.014	0.032	0.005	26.50	<LD	<LD	14.13	0.560	1.286	7.22	23.62	0.2
Echelle	1165	17.79	42.37	<LD	0.025	0.014	0.44	0.009	<LD	4.11	12.949	0.548	0.58	2.85	17.79
Aval saut de Matouba	470	0.22	6.31	0.012	0.014	0.031	16.30	<LD	0.007	7.79	0.306	1.055	3.30	13.91	0.22
Aval Rivière des Pères	1	0.27	55.46	0.014	0.047	0.100	15.71	0.003	<LD	10.25	13.549	1.868	5.29	19.13	0.27
Bassin bleu	575	0.15	48.67	0.013	0.092	0.014	27.64	<LD	0.009	14.41	<LD	2.840	10.76	37.28	0.15
Aval Galion	5	0.15	24.69	0.013	0.048	0.040	35.63	<LD	0.008	15.99	0.164	2.911	9.74	33.75	0.15
Affluent Gde Plaine	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

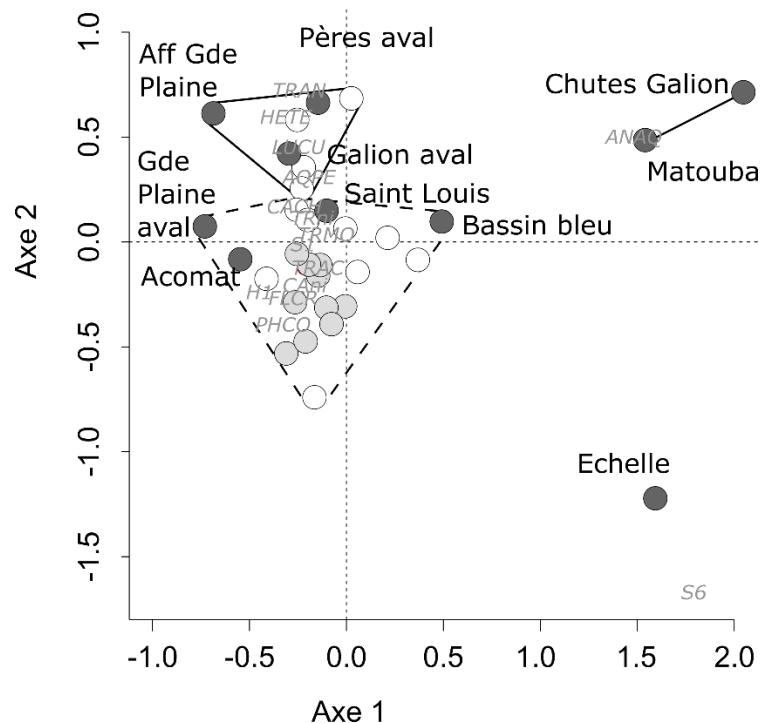


Figure 11 - Positionnement multidimensionnel de l'ensemble des prélèvements réalisés dans le cadre du projet ComHypho. Les abréviations grisées correspondent aux différentes espèces (seules les 15 espèces dominantes sont indiquées pour plus de lisibilité). La couleur des points correspond aux différents axes du projet (blanc : gradient altitudinal sur la Grande Rivière de Vieux-Habitants, gris clair : suivi saisonnier sur Bras David et gris foncé : variabilité spatiale). Le nom des stations est indiqué pour les 10 prélèvements visant à étudier la variabilité entre 3 bassins versants. Les traits/polygones rassemblent les groupes identifiés par clustering hiérarchique.

Les Figure 11 et 12 permettent d'illustrer la variabilité des communautés d'hyphomycètes aquatiques de la Guadeloupe, et de comparer l'influence de la saison, de l'altitude et de la géologie. Il apparaît 4 groupes de stations (Figure 11). Un n'est constitué que d'une station, ce

qui est probablement lié à son caractère original (Echelle) : un écoulement sans doute intermittent sur les flancs du volcan, caractérisés par l'absence de végétation riveraine. Cette station présente par ailleurs plusieurs espèces/morphes originaux, rarement ou pas rencontrées dans les autres stations ([Tableau 2](#)). Deux autres stations constituent un deuxième groupe (l'aval des chutes du Galion et du saut de Matouba) caractérisé par l'abondance d'*Angulospora aquatica*. Ces 2 stations présentent également une faible diversité des hyphomycètes aquatiques. Au-delà de leur proximité géographique, la ressemblance entre ces 2 stations pourrait être liée à la présence de chutes d'eau, dont l'influence sur les communautés d'hyphomycètes aquatiques n'a jamais été étudiée. Il est possible que les conidies d'un certain nombre d'espèces soient dégradées par la collision contre la roche et entraîne des communautés appauvries à l'aval direct des chutes d'eau. Les prélèvements réalisés à l'aval du saut d'Acomat sont plus diversifiés, peut-être du fait d'une plus grande distance entre la cascade et le point de prélèvement.

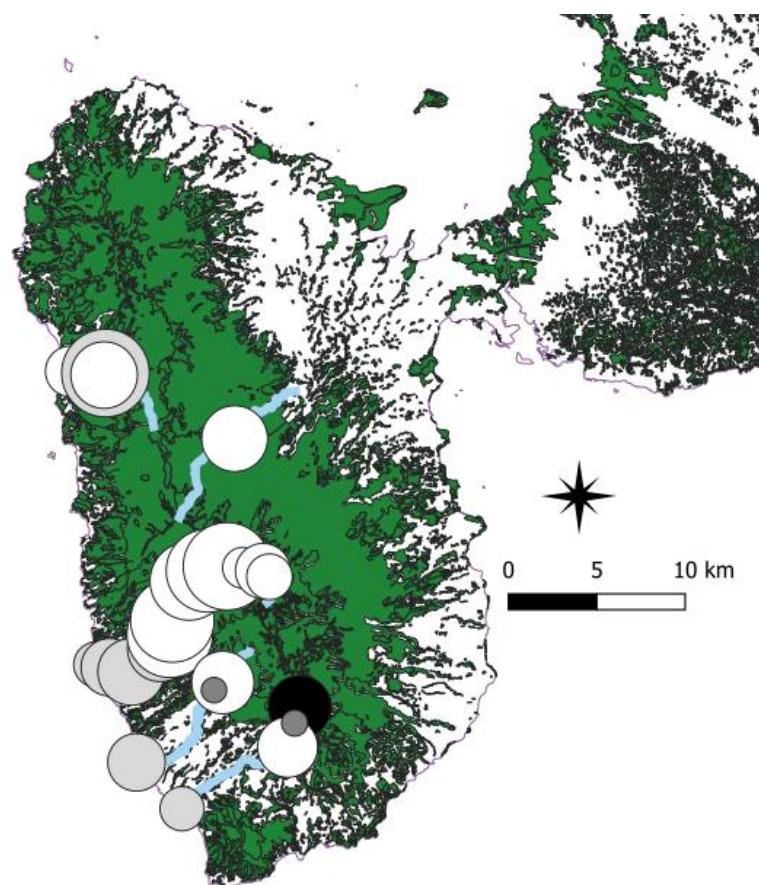


Figure 12 - Carte de la Basse-Terre indiquant la position des différentes stations. Les stations de même couleur présentent des communautés d'hyphomycètes aquatiques semblables d'après notre analyse (voir Figure 11). La taille du point est proportionnel à la diversité (richesse spécifique raréfiée).

Le reste des stations est divisé en 2 groupes qui semblent se distinguer par l'altitude plus que par les propriétés physico-chimiques de l'eau déterminées par le contexte géologique ([Annexe 4](#)). Les prélèvements réalisés à moins de 150 m se retrouvent dans le même groupe, à l'exception des 2 échantillons prélevés sur la rivière Grande Plaine qui ressemblent davantage

aux stations localisées en altitude. Ce groupe de stations se distingue par l'abondance d'*Heliscus tentaculus*, *Lunulospora curvula* et *Clavariopsis azlanii*. L'ensemble des prélèvements mensuels réalisés sur le Bras David se retrouvent dans le même groupe, correspondant aux stations situées en altitude. Cela indique que malgré des variations annuelles dans la structure des communautés (**Figure 5**), la saisonnalité n'est pas le facteur structurant principal des communautés d'hyphomycètes aquatiques en Guadeloupe.

Conclusions et perspectives

Avec 15 nouveaux taxons recensés pour la Guadeloupe (et pour la France), cette étude constitue une contribution importante à notre connaissance de la fonge aquatique nationale. De plus, les différents échantillonnages ont permis d'évaluer l'influence de divers paramètres (température, composition chimique, débit) sur ces communautés. Contrairement à nos hypothèses et aux résultats du précédent inventaire (Jabiol & Labeille, 2022), aucun effet de la température ni de la concentration en nutriments dans le cours d'eau sur le nombre d'espèces n'a pu être mis en évidence (**Annexe 3**). Cette discordance peut-être en partie liée au fait que les stations précédemment étudiées incluaient des stations anthropisées, avec des gradients de nutriments plus importants.

Contrairement au nombre d'espèces, l'identité des espèces et leur abondance relative varient le long des gradients d'altitude et saisonnier. Ces successions d'espèces observées le long du gradient d'altitude suggère bien un effet de la température sur la répartition de chaque espèce, en accord avec les données de la littérature (Wood-Eggenschwiler et Bärlocher, 1985). Un tel effet de la température sur la répartition des espèces pourrait entraîner un déplacement des espèces vers l'amont en réponse au réchauffement climatique. De ce fait, les communautés situées le plus à l'amont comme à l'aval (à l'embouchure) pourraient s'appauvrir si les températures excèdent leur optimum biologique.

Toutefois, l'effet de la température le long de gradient d'altitude ne peut être distingué de l'influence de la morphologie du cours d'eau (élargissement du lit, diminution de la pente), des altérations de la végétation riveraine (moins dense à l'aval) ou encore des variations de débit pour l'effet saisonnier. L'influence de ces paramètres, de même que l'impact des cascades observé sur le Galion et le saut de Matouba sur les communautés d'hyphomycètes aquatiques ont été très peu étudiés. Etudier ces effets serait pourtant essentiel à notre compréhension de la structuration des communautés d'hyphomycètes aquatiques et de processus dont ils sont responsables (ex : décomposition de la matière organique végétale) le long du continuum terremer. L'étude des échanges entre milieu aquatique et le milieu terrestre environnant (sous l'effet des crues et des apports de débris végétaux), ainsi que l'influence d'obstacles à la dispersion longitudinale (chutes d'eau) pourrait enrichir nos connaissances pour l'orientation de mesures de gestion des cours d'eau et des zones riveraines à l'échelle du bassin versant.

Enfin, comme l'atteste le nombre de morphes non identifiés, de futures études en Guadeloupe et dans les autres DROMs devraient adopter une approche intégrative, en alliant les approches morphologiques, écologiques et moléculaires (ADNe). Une telle approche implique la mise en culture et le séquençage du plus grand nombre d'espèces possible. Elle permettrait :

- de renseigner les bases de données en séquences pour les taxons tropicaux identifiés morphologiquement, et ainsi considérablement accroître la portée de futures approches d'ADN environnemental
- de confirmer l'identité de taxons douteux ou d'évaluer leur proximité phylogénétique à des taxons connus, éventuellement de décrire de nouvelles espèces
- d'élucider un pan de la biogéographie des hyphomycètes aquatiques, en comparant par exemple les séquences ADN d'espèces morphologiquement similaire entre différentes îles ultra-marines plus ou moins distantes, ou entre îles et continent.

Remerciements

Cette étude a été financée par le Parc National de la Guadeloupe dans le cadre de l'appel à projets scientifiques 2023. Nous remercions Céline Dessert pour les discussions en amont du projet qui ont permis de sélectionner les sites d'étude. Merci à Olivier Gros pour son accueil sur le campus de Fouillole (Université des Antilles) et la mise à disposition d'un microscope. Les analyses de la composition chimique de l'eau ont été réalisées par le PAPC du laboratoire CRBE par Frédéric Julien. Merci enfin à Vert Intense et en particulier à Noémie Castaing pour son accompagnement sur la partie amont de la Grande Rivière de Vieux Habitants.

Références

- Abelho M (2001) From litterfall to breakdown in streams: A review. *The Scientific World* **1**: 656-680
- Barros J, Ben Tanfous S, Seena S (2024) Aquatic fungi as bioindicators of freshwater ecosystems. *Water* **16**: 3404
- Chauvet E (1991) Aquatic hyphomycete distribution in South-Western France. *Journal of Biogeography* **18**: 699–706
- Chauvet E, Suberkropp K (1998) Temperature and sporulation of aquatic hyphomycetes. *Applied and Environmental Microbiology* **64**: 1522–1525
- Descals E (2005) Diagnostic characters of propagules of Ingoldian fungi. *Mycological Research* **109**: 545–555
- Dessert C, Lajeunesse E, Lloret E, Clergue C, Crispi O, Gorge C, Quidelleur X (2015) Controls on chemical weathering on a mountainous volcanic tropical island: Guadeloupe (French West Indies). *Geochimica et Cosmochimica Acta* **171**: 216–237
- Duarte S, Bärlocher F, Pascoal C, Cássio F (2016) Biogeography of aquatic hyphomycetes: Current knowledge and future perspectives. *Fungal Ecology* **19**: 169–181
- Duarte S, Pascoal C, Cássio F (2008) High diversity of fungi may mitigate the impact of pollution on plant litter decomposition in streams. *Microbial Ecology* **56**: 688–695
- Fabre E (1998) Aquatic hyphomycetes in three rivers of southwestern France. II. Spatial and temporal differences between species. *Canadian Journal of Botany* **76**: 107–114
- Fiuza PO, Cantillo-Pérez T, Gulis V, Gusmão LFP (2017) Ingoldian fungi of Brazil: some new records and a review including a checklist and a key. *Phytotaxa* **306**: 171–200
- Gessner MO, Chauvet E (1994) Importance of stream microfungi in controlling breakdown rates of leaf litter. *Ecology* **75**: 1807–1817

- Graça MAS, Hyde K, Chauvet E (2016) Aquatic hyphomycetes and litter decomposition in tropical – subtropical low order streams. *Fungal Ecology* **19**: 182–189
- Graça MAS, Maltby L, Calow P (1993) Importance of fungi in the diet of *Gammarus pulex* and *Asellus aquaticus*. *Oecologia* **96**: 304–309
- Gulis V, Marvanová L, Descals E (2020) An illustrated key to the common temperate species of aquatic hyphomycetes. Dans “Methods to study litter decomposition – A practical guide” (éditeurs : F Bärlocher, MO Gessner & MAS Graça). Springer, Cham, pp. 223–239
- Gulis V, Suberkropp K (2003) Leaf litter decomposition and microbial activity in nutrient-enriched and unaltered reaches of a headwater stream. *Freshwater Biology* **48**: 123–134
- Gulis V, Suberkropp K (2006) Fungi : biomass, production and sporulation of aquatic hyphomycetes. Dans “Methods in Stream Ecology” (éditeurs : FR Hauer & GA Lamberti). Academic Press, pp. 311–325
- Jabiol J, Julien F, Labeille M (2024) Aquatic hyphomycetes and litter decomposition in tropical streams: insights from the first study in Guadeloupe. *Hydrobiologia* **851** : 4487–4501
- Jabiol J, Labeille M (2022) Première description des communautés d’hyphomycètes aquatiques de la Guadeloupe. Rapport d’étude, 16 pp.
- Krauss G, Bärlocher F, Krauss G-J (2003) Effect of pollution on aquatic hyphomycetes. Dans “Freshwater Mycology (Fungal Diversity Research Series 10)” (éditeurs CKM Tsui & KD Hyde). Fungal Diversity Press, pp. 211–230
- Nawawi A, Webster J (1982) *Phalangispora constricta* gen. et sp.nov., a sporodochial Hyphomycete with branched conidia. *Transactions of the British Mycological Society* **79**: 65–68
- Pascoal C, Pinho M, Cássio F, Gomes P (2003) Assessing structural and functional ecosystem condition using leaf breakdown: studies on a polluted river. *Freshwater Biology* **48**: 2033–2044
- Rajashekhar M, Kaveriappa K (2000) Effects of temperature and light on growth and sporulation of aquatic hyphomycetes. *Hydrobiologia* **441**: 149–153
- Santos-Flores CJ, Betancourt-López (1997) Aquatic and water-borne hyphomycetes (Deuteromycotina) in streams of Puerto Rico (including records from other neotropical locations). *Caribbean Journal of Science* **2**:1–116
- Solé M, Fetzer I, Wennrich R, Sridhar KR, Harms H, Krauss G (2008) Aquatic hyphomycete communities as potential bioindicators for assessing anthropogenic stress. *Science of the Total Environment* **389**: 557–565
- Suberkropp K (1984) Effect of temperature on seasonal occurrence of aquatic hyphomycetes. *Transactions of the British Mycological Society* **82**: 53–62
- Wood-Eggenschwiler S, Bärlocher F (1983) Aquatic hyphomycetes in sixteen streams in France, Germany and Switzerland. *Transactions of the British Mycological Society* **81**: 371–379
- Wood-Eggenschwiler S, Bärlocher F (1985) Geographical distribution of ingoldian fungi. *SIL Proceedings* **22**: 2780–2785

Annexes

Annexe 1 – Illustration du principe du prélèvement d’écume dans les cours d’eau

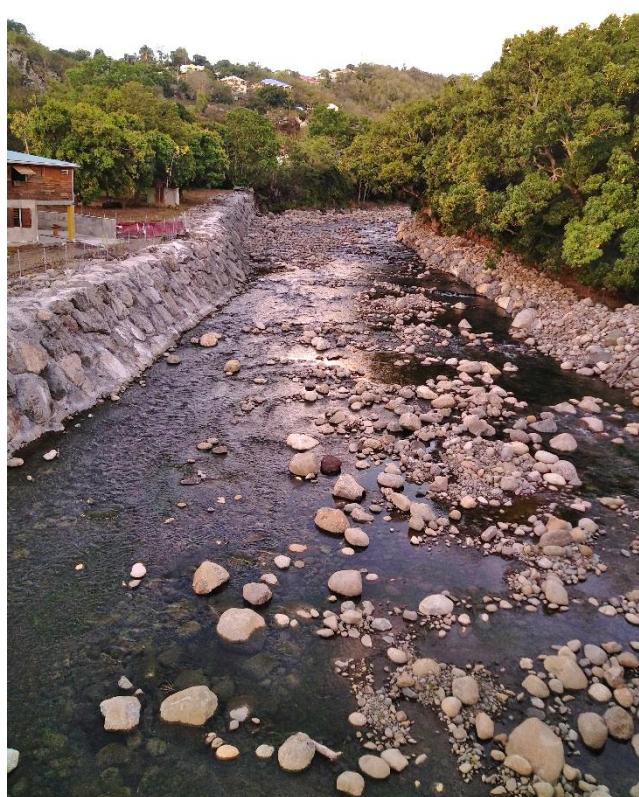


Annexe 2 – Stations prélevées le long de la Grande Rivière de Vieux Habitants

En amont du tressage de l'embouchure. Altitude 3m



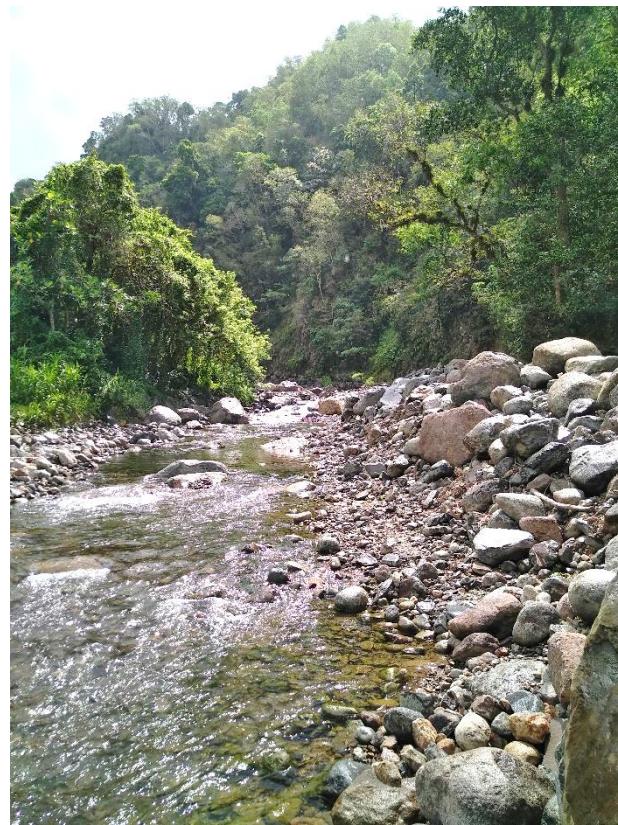
En amont du pont de la Nationale à Vieux-Habitants. Altitude : 18m



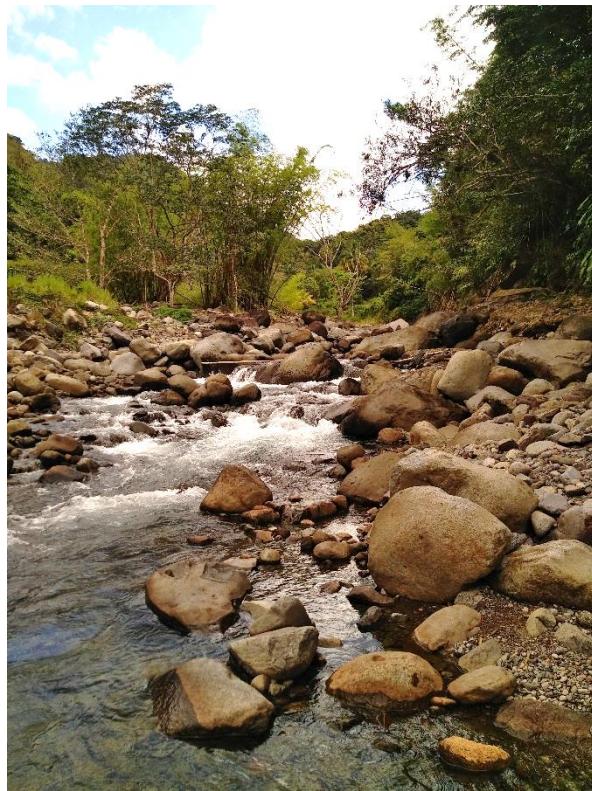
Zone de baignade à Grand'Rivière. Altitude : 50m



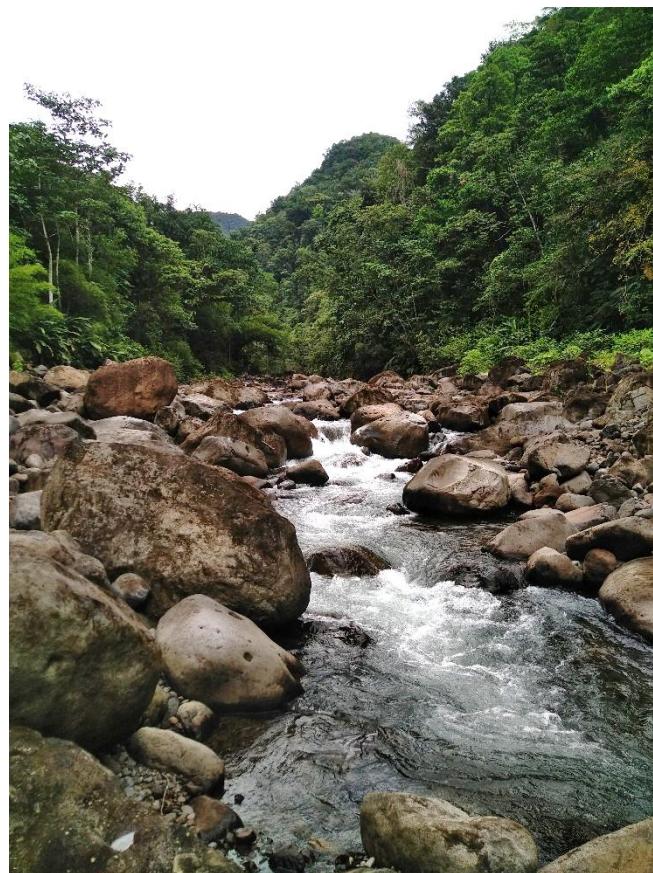
En aval de la Grivelière en face du lieu-dit la Coulisse. Altitude : 135m



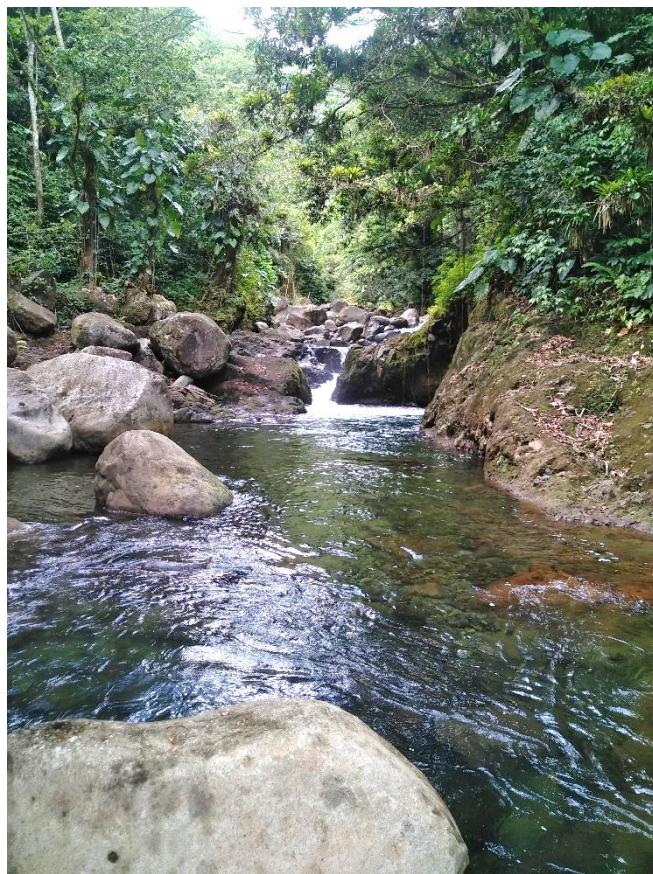
En amont de la Grivelière après le parking. Altitude : 185m



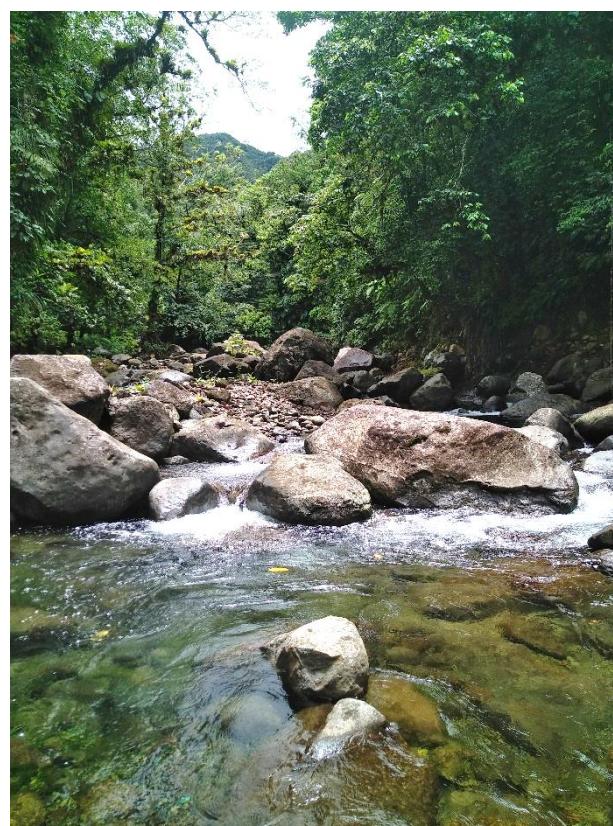
En amont de Barthole. Altitude : 230m



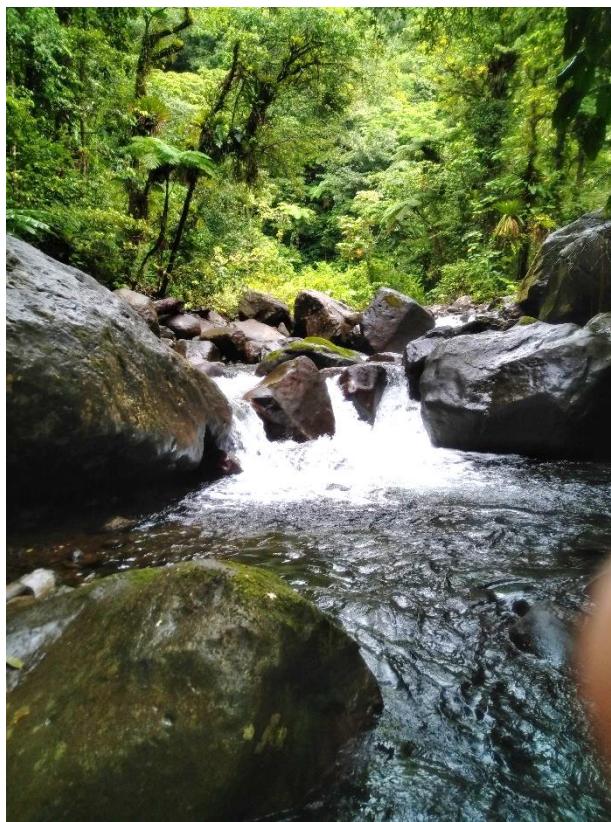
En amont de la ravine Beaulieu. Altitude : 370m



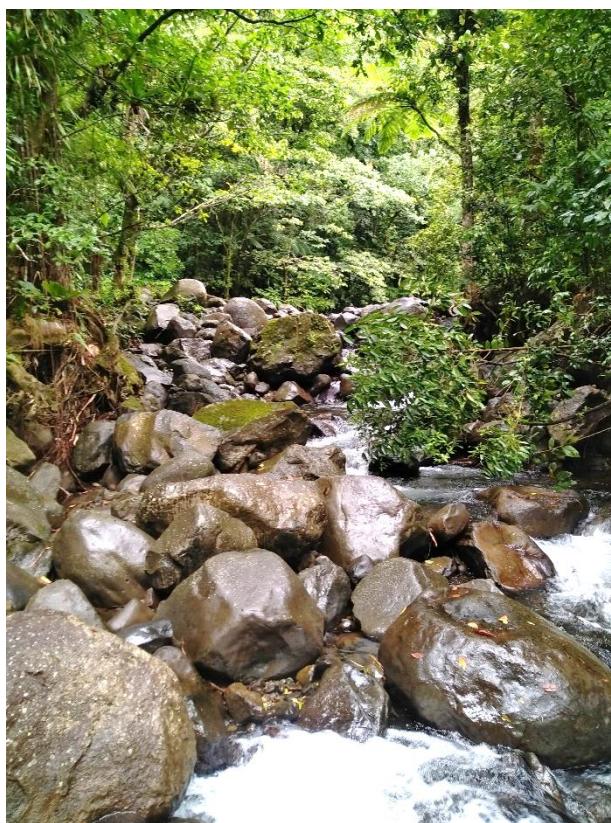
A hauteur de la cote 483. Altitude : 480m



Méandre entre les cotes 576 et 623. Altitude : 595m



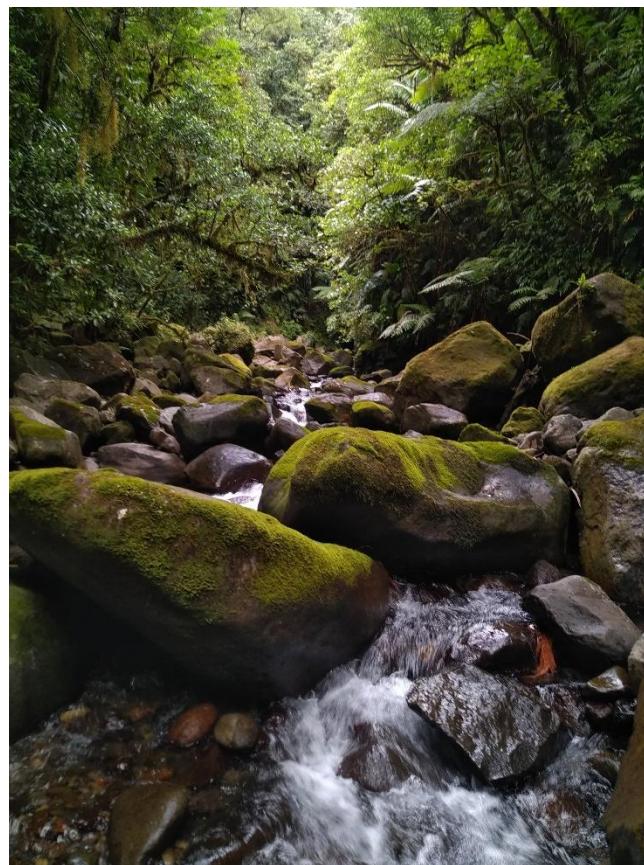
Au niveau de la ravine foufou : Altitude : 680m



Au niveau de la ravine du rat. Altitude : 755m

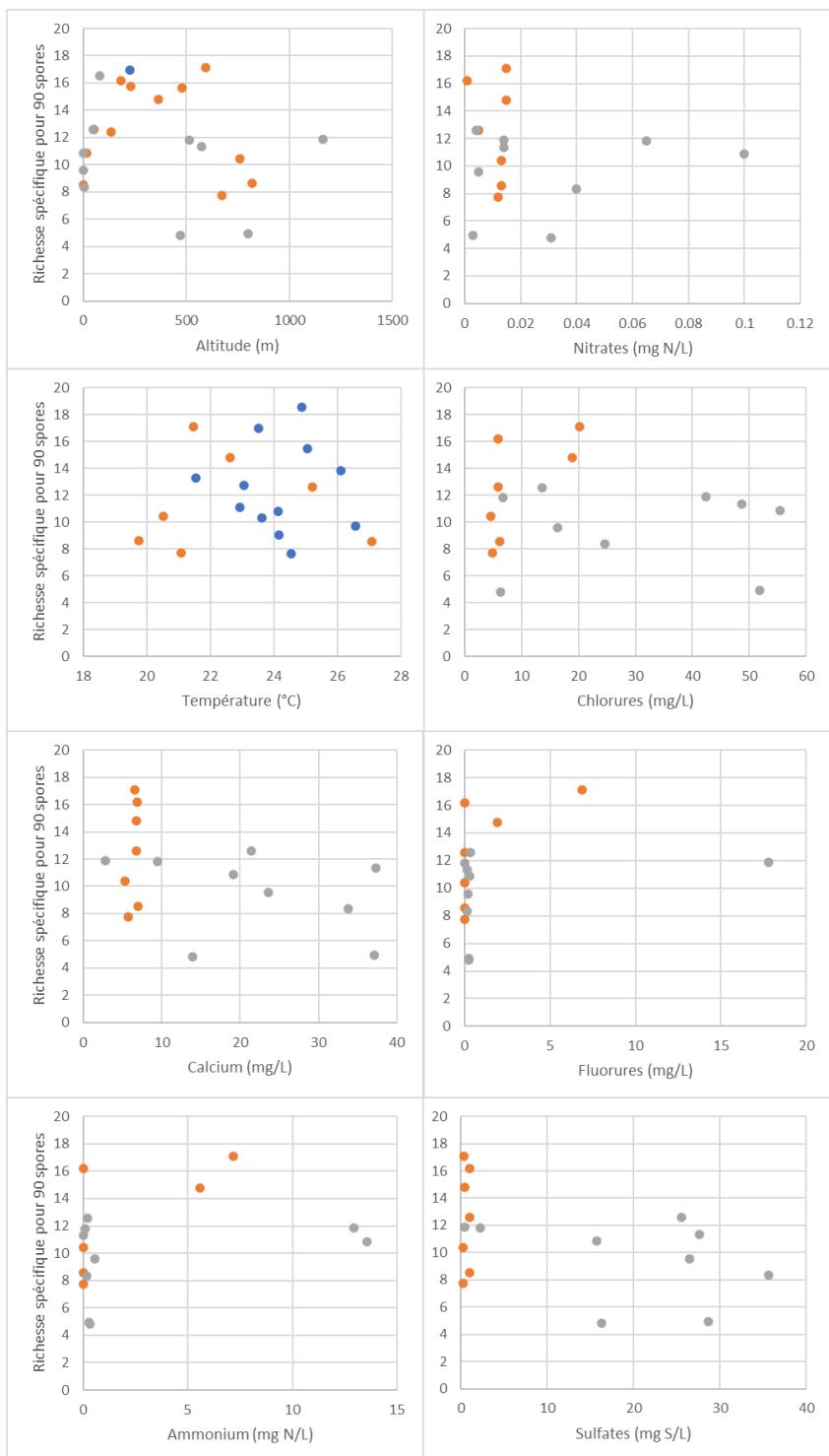


Entre la cote 824 et 861. Altitude : 810m



Annexe 3 – Relation entre facteurs environnementaux et diversité des hyphomycètes aquatiques.

- Grande Rivière de Vieux Habitants (suivi amont-aval), • Bras David (suivi temporel) et • Autres (contexte géologique). Sur Bras David, le point sur le graphique A correspond au mois d'avril, date à laquelle les autres prélèvements ont été réalisés.



Annexe 4 – Relations entre propriétés physico-chimiques de l'eau des cours d'eau (Analyse en composantes principales)

Les stations sur Vieux-Habitants (gradient altitudinal) sont indiquées par VH suivi de l'altitude à laquelle le prélèvement a été effectué

On note qu'à l'exception de la station sur l'Echelle, la composition chimique de l'eau est influencée par le bassin versant.

