



Echantillonnage 2011 des macroinvertébrés benthiques du bassin Réunion et application de l'Indice Réunion Macroinvertébrés.



juillet 2012

Chloé Mathieu, Maxence Forcellini, Nicolas Péru, Henri Grondin, Valérie Noune et Philippe Usseglio-Polatera

Sous la direction scientifique de Sylvie Mérigoux et Jean-Michel Olivier

Convention de recherche et développement. Office de l'Eau de la Réunion-CNRS.
Programme d'étude et de recherche 2011-2012.



UMR CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés
43 Boulevard du 11 Novembre 1918 69622 Villeurbanne Cedex.

Ont aussi participé à cette étude : Lucile Muneret, Marine Richarson, Laetitia Pattard et Julien Barnasson.

Sommaire

1 Contexte et objectifs	4
2 Campagne de terrain et station déchantillonnage	5
2.1 Description des stations	7
2.1.1 Echelle de la station	7
2.1.2 Caractérisation des habitats	7
2.2 Protocole d'échantillonnage	8
2.3 Tri et détermination de la faune	10
2.4 Base de données	10
3 Description des peuplements faunistiques	10
3.1 Inventaire des taxons identifiés	10
3.2 Identification taxonomique	14
4 Calcul et validation de l'Indice Réunion Macroinvertébrés (IRM)	18
4.1 L'IRM	18
4.2 Choix des taxons	18
4.3 Calcul de l'IRM	19
4.3.1 Validation de l'IRM	19
4.3.1.1 Valeur de référence	19
4.3.1.2 Comparaison des notes obtenues des stations "test" 2011 en fonction des deux référentiels	21
4.3.1.3 Bilan	
4.3.2 Transformation logarithmique	24
4.3.2.1 Variabilité des métriques biologiques en conditions de référence	24
4.3.2.2 Projection des stations "test" sur les ACP intra-types "ref" et "ref.log."	26
4.3.3 Calcul des notes des stations "test" avec IRM_v1	26
4.3.4 Evolution de l'état écologique des stations au cours du temps	27
5 Discussion	30
6 Annexes	33

1. Contexte et objectifs

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) exige que les outils utilisés pour l'évaluation de l'état écologique des cours d'eau répondent de manière optimale aux différentes pressions anthropiques identifiées ou susceptibles de s'exercer sur le bassin. Le développement de métriques adaptées au contexte local de l'île de la Réunion est donc important et nécessite l'acquisition de données d'habitat et de données faunistiques.

Les campagnes d'échantillonnages réalisées en 2008, 2009 et 2010¹ ont permis de collecter une quantité importante de données sur la macrofaune benthique et la caractérisation de son habitat. Ces données ont permis d'élaborer l'Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion (Forcellini *et al.*²), ainsi que la mise en place d'une première version de l'Indice Réunion Macroinvertébrés (IRM) (Rapport CNRS, 2012³).

L'Office de l'eau et l'ONEMA ont souhaité compléter le programme de recherche par une action spécifique visant à acquérir un jeu de données indépendant du jeu ayant servi à construire l'outil de bio-évaluation. Cette action a été conduite par l'UMR CNRS 5023, sans délégataire désigné.

Cette nouvelle action 2011-2012 s'est déclinée comme suit :

- réalisation d'une campagne de terrain (sélection de 40 stations & adaptation du protocole).
- tri, détermination et quantification des invertébrés.
- bancarisation des données (dans une base interopérable avec celle de l'Office de l'Eau).
- évaluation de l'IRM à partir des données de 2011.
- amélioration de l'indice dans une version v1.

Ce rapport présente dans un premier temps la campagne de terrain de 2011 et ses résultats associés (caractérisation des habitats, description faunistique...).

Puis, directement en lien avec le travail de développement de l'indice de bioévaluation mis au point à partir des peuplements de macroinvertébrés benthiques et notamment les questions soulevées par la stabilité de la référence, ce rapport revient en débat sur le calcul des notes de l'IRM et présente les évolutions nécessaires, tout en restant en accord avec les connaissances actuelles sur le réseau des sites de référence.

¹ Conformément au programme d'étude annexé à la convention notifiée le 10 septembre 2008.

² Forcellini M., C. Mathieu & S. Mérigoux, 2012. Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion. Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de la Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques. Office de l'Eau de la Réunion- CNRS. 129 p.

³ Forcellini M., H. Grondin, C. Mathieu, N. Péru, M. Richarson, P.Sagnes, P. Usseglio-Polatera et P. Valade, sous la direction scientifique de S. Mérigoux et J-M. Olivier, Mai 2012. Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques. Convention de recherche et développement. Office de l'eau de la Réunion-CNRS. Programme d'étude et de recherche 2008-2011.

2. Campagne de terrain et stations d'échantillonnage

Au cours de la campagne d'échantillonnage 2011 (Mérigoux *et al.*, 2011⁴), des prélèvements ont été réalisés dans 40 stations en période d'étiage (Figure 1 et Tableau 1).

Deux stations ont été écartées de cette campagne d'échantillonnage, la station LAN2 (Cascade Grand Galet) dont la morphologie est très particulière par rapport aux autres stations du type et MAR2 (Takamaka aval) de la Rivière des Marsouins qui n'était pas accessible.

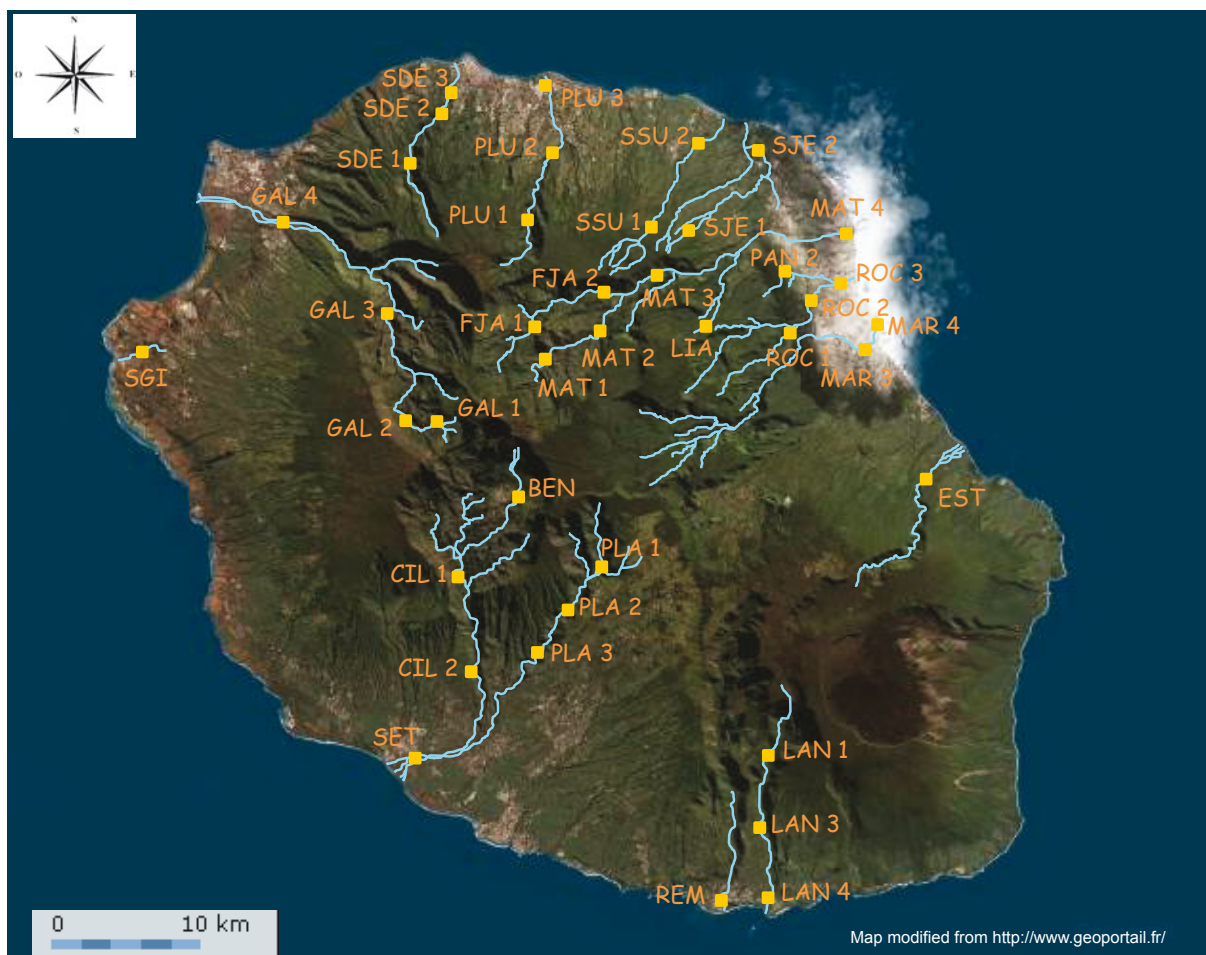


Figure 1 : Carte du réseau hydrographique des rivières pérennes de la Réunion et position des 40 stations d'échantillonnage des invertébrés benthiques.

⁴ S. Mérigoux, J-M. Olivier, M. Forcellini et C. Mathieu, décembre 2011. Echantillonnage 2011 des macroinvertébrés benthiques du bassin Réunion et application de l'indice multimétrique. Rapport d'étape décembre 2011.

Tableau 1 : Présentation des 40 stations d'échantillonnage. Avec ME : Masse d'eau. En bleu les stations de références définies dans le rapport CNRS 2012.

BASSIN-VERSANT	RIVIERE	2011	Code Sandre	Altitude	Lieu	Type de ME	ME
Rivière St-Denis	Rivière St-Denis	SDE1	10320310	260	Ilet à Guillaume	MP63	Versant au vent
	Rivière St-Denis	SDE2	10320350	70	En amont du captage AEP	MP63	Versant au vent
	Rivière St-Denis	SDE3	10320380	20	Bas de la Rivière	MP63	Versant au vent
Rivière des Pluies	Rivière des Pluies	PLU1	10310812	385	Amont tunnel	MP63	Versant au vent
	Rivière des Pluies	PLU2	10310830	140	Ilet Quinquina	MP63	Versant au vent
	Rivière des Pluies	PLU3	10310890	25	Embouchure/Gillot	MP63	Versant au vent
Rivière Ste-Suzanne	Rivière Ste-Suzanne	SSU1	10300215	730	Amont pont route des hauts	MP63	Versant au vent
	Rivière Ste-Suzanne	SSU2	10300240	150	Amont cascade Niagara	MP63	Versant au vent
Grande Rivière St-Jean	Grande Rivière St-Jean	SJE1	10300110	312	Bras des chevrettes	MP63	Versant au vent
	Grande Rivière St-Jean	SJE2	10300180	6	Quartier français	MP63	Versant au vent
Rivière du Mât	Bras des Lianes	LIA	10215510	666	Amont captage AEP	P61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
	Fleurs Jaunes	FJA1	10206130	670	Mare à vieille place	P61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
	Fleurs Jaunes	FJA2	10206180	350	Bois de Pomme	P61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
	Rivière du Mât	MAT1	10200110	670	Ilet à Vidot	P61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
	Rivière du Mât	MAT2	10200180	425	Ilet Bananier	P61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
	Rivière du Mât	MAT3	10200190	250	"Escalier"	P61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
	Rivière du Mât	MAT4	10220180	30	Embouchure	M61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
Rivière des Roches	Rivière des Roches	ROC1	10135508	160	Abondance	MP63	Versant au vent
	Rivière des Roches	ROC2	10130460	12	Mon désir	MP63	Versant au vent
	Rivière des Roches	ROC3	10130480	5	Radier beauvallon	MP63	Versant au vent
	Bras Panon	PAN2	10136250	40	Bras pétard	MP63	Versant au vent
Rivière des Marsouins	Rivière des Marsouins	MAR3	10120170	60	Bethléem	MP63	Versant au vent
	Rivière des Marsouins	MAR4	10120180	5	St-Benoît	MP63	Versant au vent
Rivière de l'Est	Rivière de l'Est	EST	10050180	150	Amont aval pont	MP63	Versant au vent
Rivière Langevin	Rivière Langevin	LAN1	10015225	685	Cap Blanc	P61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
	Rivière Langevin	LAN3	10010150	270	Passerelle	M61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
	Rivière Langevin	LAN4	10010185	40	Langevin	M61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
Rivière des Remparts	Rivière des Remparts	REM	10000190	10	L'Abattoir	M61	Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)
Rivière St-Etienne	Bras de Benjoin	BEN	10606520	1050	Amont du rejet	P62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
	Grand bras de Cilaos	CIL1	10600170	370	Pavillon	P62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
	Grand bras de Cilaos	CIL2	10600180	200	Ilet Furcy	M62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
	Bras de Ste-Suzanne	PLA1	10610210	600	Grand Bassin	P62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
	Bras de la Plaine	PLA2	10610240	420	Amont barrage	M62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
	Bras de la Plaine	PLA3	10610250	350	Petite ravine	M62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
	Rivière St-Etienne	SET	10610160	40	Embouchure Pont RN	M62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
Ravine St-Gilles	Ravine St-Gilles	SGI	10510550	40	Verrou	MP64	Versant sous le vent (Versant sud-ouest secs)
Rivière des Galets	Rivière des Galets	GAL1	10400120	1400	Marlat	P62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
	Rivière des Galets	GAL2	10400140	1200	Trois roches	P62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
	Rivière des Galets	GAL3	10400180	300	Amont de la prise ILO	P62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
	Rivière des Galets	GAL4	10410150	120	Ilet malidé	M62	Cirques sous le vents (Cirques sud-ouest sous le vent)
Total	20	40					

2.1 Description des stations

2.1.1 Échelle de la station

Les caractéristiques géographiques, physiques et biologiques des 40 stations sont résumées sous forme de fiches (Annexe 1). Pour chaque station, des photos présentent les secteurs échantillonnés lors de la campagne de 2011.

Ces stations sont réparties dans 6 types de Masse d'Eau (ME) définies dans l'arrêté du 12 janvier 2010 (JO du 2 février 2010⁵). Des détails sur cette typologie sont donnés en Annexe 2.

2.1.2 Caractérisation des habitats

Au niveau de chaque point d'échantillonnage, la vitesse du courant (mesurée à 40% de la hauteur d'eau), la profondeur (*via* une tige graduée) et les contraintes hydrauliques ont été mesurées. Pour ces dernières, nous avons utilisé la méthode des hémisphères FST (Statzner & Müller, 1989⁶) qui permet une évaluation des contraintes hydrauliques subies par les organismes benthiques. (Rapport CNRS, 2012⁷).

La gamme de forces de cisaillement mesurées dans l'ensemble des relevés s'étend de $7,71 \cdot 10^{-2} \text{ N.m}^{-2}$ (hémisphère FST 0) à $6,34 \text{ N.m}^{-2}$ (hémisphère FST 17). Les contraintes hydrauliques maximum ont été mesurées à la station FJA2 (bois de pomme) de la Rivière Fleurs jaunes. La vitesse maximale (1.59 m.s^{-1}) a été mesurée à la station PLA2 du Bras de la Plaine (amont du barrage), station dans laquelle les contraintes hydrauliques sont toujours particulièrement fortes (Rapport CNRS, 2012). La profondeur maximale échantillonnée est de 78 cm (SSU2, Rivière de Sainte Suzanne), profondeur au-delà de laquelle l'échantillonnage est difficilement possible. En moyenne, les échantillons ont été prélevés dans des profondeurs d'environ 26 cm.

Globalement, dans une même rivière, les contraintes hydrauliques et les vitesses moyennes du courant peuvent être contrastées (Annexe 3). De plus, les gammes de valeurs de ces paramètres peuvent varier pour une station donnée suivant les conditions hydrologiques au moment de l'échantillonnage.

⁵ Arrêté du 12 janvier 2010 relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R.212-3 du code de l'environnement, J.O. de la République Française, 2 février 2010.

⁶ Statzner B. & Müller R. 1989. Standard hemispheres as indicators of flow characteristics in lotic benthos research. J. Freshwat. Biol., 21, 445-459.

⁷ M. Forcellini, H. Grondin, C. Mathieu, N. Péro, M. Richarson, P. Sagnes, P. Usseglio-Polatera et P. Valade, sous la direction scientifique de S. Méricoux et J-M. Olivier, Mai 2012. Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques.

2.2 Protocole d'échantillonnage

Le protocole défini propose un échantillonnage aléatoire des habitats au contraire d'un échantillonnage dirigé, généralement pratiqué dans les outils de bioindication (Usseglio-Polatera, 2004⁸). Le principal intérêt réside dans la suppression de la phase d'identification des habitats très coûteuse en temps. Pour rappel, nous redonnons, ci-dessous des éléments de la méthode d'échantillonnage et de conditionnement des organismes benthiques. Pour plus de détails, se référer au rapport « Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques », (Rapport CNRS, 2012).

Dans chaque station, 12 échantillons ont été réalisés aléatoirement. La station a été découpée d'aval en amont en 12 transects équidistants (Figure 2). Sur chacun des transects, un échantillon a été positionné au hasard à l'aide d'un dé. Le chiffre 1 correspondait à la rive gauche, le 6 à la rive droite et les chiffres 2, 3, 4 et 5 à la distance correspondant respectivement à 20, 40, 60 et 80 % de la largeur du transect à partir de la rive gauche. Dans certains cas, le point déterminé au hasard correspondait à un habitat non échantillonnable (présence de gros blocs ou zone trop profonde), l'habitat correspondant au chiffre 1 (rive gauche) était alors remplacé par l'habitat correspondant au chiffre 6 (rive droite) et réciproquement. De même, dans certains cas, l'habitat correspondant au chiffre 2 a pu être remplacé par l'habitat correspondant au chiffre 4 et réciproquement. Si l'échantillonnage restait toujours impraticable après ces remplacements ou si l'habitat correspondant au chiffre 3 n'était pas échantillonnable, l'habitat le plus proche était alors choisi.

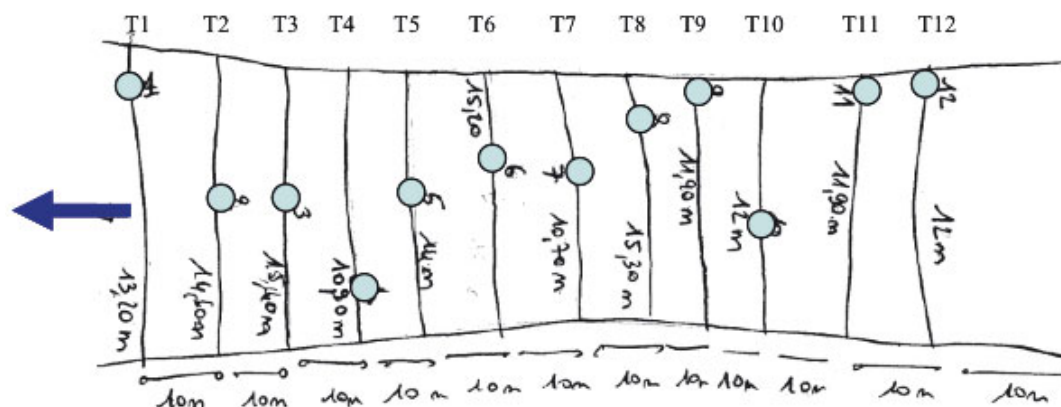


Figure 2 : Exemple de schéma d'une station, avec la localisation des 12 transects équidistants (T1 à T12) sur lesquels sont positionnés au hasard les 12 points d'échantillonnage (ronds bleus). La valeur reportée sur chaque transect correspond à la largeur du lit mouillé.

⁸ Usseglio-Polatera, P. and J. G. Wasson. 2004. Appui scientifique à la mise en œuvre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau - Protocole de prélèvement des invertébrés sur les sites de référence. Note méthodologique, Université de Metz & Cemagref Lyon BEA/LHQ, Lyon.

Dans chacune des 40 stations échantillonnées, les 12 prélèvements faunistiques ont été réalisés à l'aide d'un filet Surber dérivé du filet décrit dans la norme IBGN (AFNOR, 2004⁹). Ce filet comporte en réalité deux filets emboîtés : le premier, de vide de maille de 1 cm, permet de récupérer le substrat grossier et évite d'écraser les organismes ; le deuxième, de vide de maille de 0.5 mm, récupère la faune et le substrat fin (Figure 3).



Figure 3 : Filet Surber à double maille utilisé pour échantillonner les macroinvertébrés.

Les premiers centimètres de substrat et la faune associée ont été collectés sur une surface de $1/16^{\text{e}}$ m² (soit 0,0625 m²), surface plus large que celle de la norme AFNOR ($1/20^{\text{e}}$ m²) car adaptée au substrat grossier des rivières de l'île.

Après élutriation, la faune a été conditionnée séparément du substrat fin dans une solution alcoolisée (95 %) pour identification ultérieure au laboratoire. Cette étape évite le « broyage » des organismes pendant les phases de transport. Le substrat fin, lorsqu'il n'a pas été trié à l'œil nu sur le terrain, a également été conditionné dans une solution alcoolisée pour un tri au laboratoire (Figure 4).



Figure 4 : Conditionnement des échantillons faunistiques (à droite) et de substrat fin non trié (à gauche).

⁹ AFNOR, 2004. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Norme homologuée T 90-350. Association Française de Normalisation. Norme française, T90-350, 9 pp.

2.3 Tri et détermination de la faune

Les 480 (40 stations * 12 prélèvements) échantillons faunistiques collectés au cours de cette campagne ont fait l'objet d'un pré-tri à l'ARDA¹⁰, afin de séparer la faune du substrat fin. Le tri final et la détermination des individus ont été réalisés au Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés (Université de Lyon).

2.4 Base de données

L'ensemble des données (faunistiques et paramètres de l'habitat) ont été bancarisées dans la base de données décrite dans le rapport CNRS (2012).

De plus, des informations nécessaires dans le cadre des réseaux de suivi gérés par l'OLE ont été aussi renseignées. Il s'agit, par exemple, de la profondeur moyenne ou de la vitesse de courant au niveau de la station.

3. Description des peuplements faunistiques

3.1 Inventaire des taxons identifiés

Au cours de cette campagne d'échantillonnage, 214200 individus de macroinvertébrés benthiques appartenant à 96 taxons ont été récoltés (stades larvaire, nymphal et adulte compris et sans prendre en compte les cinq taxons de microinvertébrés benthiques ou pélagiques Cnidaires, Nématodes, Némertes, Acoeles et Ostracodes). Le tableau de l'annexe 4 présente l'abondance des taxons récoltés au cours de cette campagne d'échantillonnage dans chacune des stations.

Parmi ces 96 taxons, certains sont déterminés à un niveau taxonomique peu précis pouvant induire des redondances et donc une surestimation du nombre de taxons. Par exemple, les taxons *Anax imperator mauricianus* et Aeshnidae comptent pour deux taxons, alors que parmi les Aeshnidae se trouvent potentiellement des *Anax imperator mauricianus*. De même, les individus appelés *Lymnaea* spp. appartiennent très probablement à l'une des trois espèces de *Lymnaea* rencontrées dans nos échantillons. La richesse taxonomique a donc été recalculée (richesse corrigée) en tenant compte de ces redondances potentielles (Tableau 2).

→ **Au total 79 taxons (richesse corrigée) de macroinvertébrés benthiques ont été inventoriés au cours de cette campagne d'échantillonnage.**

¹⁰ Association Réunionnaise de Développement de l'Aquaculture.

Tableau 2 : Abondances des différents taxons échantillonnés dans les 40 stations au cours de la campagne d'échantillonnage de 2011 avec : * taxons microinvertébrés benthiques ou pélagiques, ** taxons correspondant à des individus juvéniles ou en mauvais état et E : Embranchement, C : Classe, O : Ordre et F/Famille. Pour les taxons Insectes, les codes taxons suivis d'un « a » et d'un « n » correspondent respectivement à des individus adultes et des nymphes.

E/C/O/F	Taxon	Code	2011
Cnidaria	<i>Hydra</i> spp.*	CNID	769
Nematoda	Nematoda*	NEMA	121
Nemertea			
Enopla			
Hoplonemertea			
Tetrastemmatidae	<i>Prostoma</i> sp.*	PRSP	1622
Plathelminthes			
Acoela	Acoela*	ACOE	39
Turbellaria			
Tricladida			
DugesIIDae	DugesIIDae sp. 1	DUSP1	78
	<i>Dugesia</i> sp.	DUSP	2160
Annelida			
Hirudinea			
Arhynchobdellida			
Salifidae	<i>Barbronia weberi</i>	BWEB	214
Rhynchobdellida			
Glossiphoniidae	<i>Helobdella europaea</i>	HEUR	676
Oligochaeta	Oligochaeta	OLIG	41235
Polychaeta	Polychaeta	POLY	3
Mollusca			
Gastropoda			
Neritopsina			
Neritidae	<i>Clithon longispina</i>	CLON	57
	<i>Neritilia consimilis</i>	NCON	591
	<i>Neritina gagates</i>	NGAG	32
	<i>Septaria borbonica</i>	SBOR	216
Pulmonata			
Ferrissidae	<i>Ferrissia modesta</i>	FMOD	1160
Lymnaeidae	<i>Lymnaea columella</i>	LCOL	513
	<i>Lymnaea natalensis</i>	LNAT	1394
	<i>Lymnaea truncatula</i>	LTRU	69
	<i>Lymnaea</i> spp. **	LYSP	7254
Physidae	<i>Physella acuta</i>	PACU	10815
Planorbidae	<i>Afrogyrus rodriguezensis</i>	AROD	1739
	<i>Helisoma duryi</i>	HDUR	1696
Sorbeoconcha			
Thiaridae	<i>Melanoides tuberculata</i>	MTUB	81
	<i>Thiara scabra</i>	TSCA	1056
	Mollusca**	MOLL	3487
Arthropoda			
Arachnida			
Acarina	Hydracarina	ACAR	687
Crustacea	Crustacea**	CRUS	2
Amphipoda			
Talitridae	Talitridae	TALI	4

E/C/O/F	Taxon	Code	2011
Decapoda			
Atyidae	<i>Atyoida serrata</i>	ASER	9
Ostracoda	Ostracoda*	OSTR	7180
Insecta			
Coleoptera			
Dytiscidae	Dytiscinae	DYTN	4
Gyrinidae	<i>Dineutus aerus</i>	DAERa	1
	<i>Dineutus</i> sp.	DISP	54
Hydrophilidae	<i>Laccobius mascarensis</i>	LMASa	2
	<i>Laccobius starmüehlneri</i>	LSTAa	6
	<i>Laccobius</i> spp.	LASP	273
	<i>Enochrus</i> sp.	ENSP	5
	<i>Coelostoma</i> sp.	COELa	1
Diptera			
Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i> sp.1	ATSP1	14
	<i>Atrichopogon</i> sp.2	ATSP2	4
	<i>Atrichopogon</i> sp.3	ATSP3	16
	<i>Dasyhelea</i> sp.	DASP	546
	<i>Forcipomyia</i> sp.	FOSP	1
	<i>Kempia</i> sp.	KESP	28
Chironomidae	Chironomini	CHSP	3585
	<i>Stenochironomus</i> spp.	STSP	16
	Orthocladiinae	ORTH	59855
	Tanypodinae	TANY	704
	Tanytarsini	TASP	18397
	Culicinae**	CULN	1
Dolichopodidae	Dolichopodidae	DOLI	9
Empididae	Clinocerinae	CLIN	34
	Hemerodromiinae	HEME	519
Ephydriidae	Ephydriidae**	EPHY	1
	Ephydriidae sp.1	EPHYsp1	8
	Ephydriidae sp.2	EPHYsp2	161
	<i>Hydrellia</i> spp.	HLIA	3
Limoniidae	Eriopterini	ERIO	2
	<i>Metalimnobia</i> sp.	MESP	58
	Limoniini	LIMO	1
Muscidae	<i>Limnophora</i> sp.1	LIMNsp1	103
	<i>Limnophora</i> sp.2	LIMNsp2	59
	<i>Lispe</i> sp.	LISP	4
Psychodidae	<i>Psychoda</i> spp.	PSYCsp	3
	Psychodidae sp.1	PSYCsp1	5
	<i>Tinearia alternata</i>	TALT	2
Simuliidae	Simuliidae	SIMU	7477
Tipulidae	<i>Nephrotoma</i> spp.	NESP	2
	<i>Tipula</i> spp.	TISP	2
	Diptera	DIPT	3
		DIPTn	8126
Ephemeroptera			
Baetidae	<i>Nigrobaetis colonus</i>	NCOL	43
Heteroptera			
Corixidae	Corixidae	CORI	5
Gerridae	<i>Limnogonus cereiventris</i>	LCER	1
Veliidae	<i>Microvelia bourbonensis</i>	MBOU	74
	<i>Rhagovelia infernalis</i>	RINF	21

E/C/O/F	Taxon	Code	2011
Lepidoptera			
Crambidae	<i>Eoophyla</i> sp.	EOSP	40
		EOSPn	7
Odonata			
Aeschnidae	<i>Anax imperator</i>	AIMP	1
	Aeshnidae	AESC	2
Corduliidae	<i>Hemicordulia atrovirens</i>	HATR	1
Libellulidae	<i>Orthetrum</i> spp.	ORSP	2
	<i>Crocothemis</i> spp.	CROC	4
	<i>Trithemis annulata haematina</i>	TANU	28
	<i>Zygonyx torridus</i>	ZTOR	36
	Libellulidae	LIBE	15
	Anisoptera	ANIS	38
Coenagrionidae	<i>Coenagriocnemis reuniense</i>	CREU	49
	<i>Pseudagrion punctum</i>	PPUN	6
	Coenagrionidae	COEN	22
Trichoptera			
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche mokaensis</i>	HMOK	11737
		HMOKn	1102
Hydroptilidae	<i>Hydroptila grucheti</i>	HGRU	6807
		HGRUn	4403
	<i>Hydroptila kieneri</i>	HKIE	916
		HKIEEn	1149
	<i>Hydroptila</i> spp. **	HYSP	1583
	<i>Hydroptila starmuehlneri</i>	HSTA	160
		HSTAn	62
	<i>Oxyethira flagellata</i>	OFLA	462
		OFLAn	364
Leptoceridae	<i>Oecetis</i> sp.	OESP	2
Philopotamidae	<i>Chimarra bettinae</i>	CBET	4
	Abondance totale		214200
	Abondance benthos		204469
	Densité (n indiv/m²)		7140
	Richesse taxonomique totale		96
	Richesse taxonomique corrigée		79

Les taxons les mieux représentés au cours de cette campagne d'échantillonnage sont :
1) les Diptères Orthocladiinae et Tanytarsini ; 2) les Oligochètes ; 3) les Trichoptères
Hydropsyche mokaensis ; 4) les Gastéropodes *Physella acuta*.

3.2. Identification taxonomique

Huit nouveaux taxons ont été recensés lors de la campagne 2011. Ils appartiennent à l'ordre des Odonates, des Coléoptères, des Hémiptères, des Diptères et des Tricladida (Tableau 3 & Figure 5, 6, 7, 8, 9 & 10).

Tableau 3 : Nouveaux taxons rencontrés lors de la campagne d'échantillonnage de 2011.

Ordre	Taxon	Stade
Odonata	<i>Pseudagrion punctum</i>	Larve
	<i>Crocothemis</i> spp.	Larve
Coleoptera	<i>Dineutus aerus</i>	Adulte
	<i>Coelostoma</i> sp.	Adulte
	<i>Enochrus</i> sp.	Larve
Hemiptera	<i>Limnogonus cereiventris</i>	Adulte
Diptera	Culicinae	Larve
Tricladida	Dugesiiidae sp. 1	Adulte

Pseudagrion punctum (Rambur, 1842)

On peut différencier ce Zygoptère des autres Coenagrionidae de l'île par son masque allongé (contrairement à *Coenagriocnemis reuniense*) et par ses lamelles caudales (Figure 5). Ces dernières, à l'apex arrondis, possèdent une ligne transversale, appelée nodus (Figure 6), les sectionnant en deux parties (Theischinger, 2009¹¹ & Doucet, 2010¹²).



Figure 5 : *Pseudagrion punctum*.

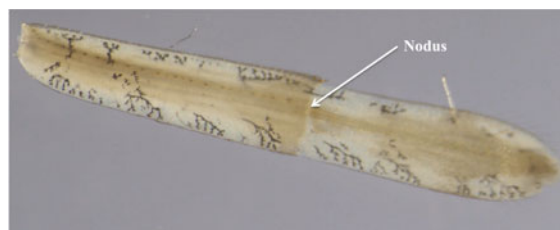


Figure 6 : *Paraprocte*

¹¹ Theischinger G., 2009. Identification Guide to the Australian Odonata, 64p.

¹² Doucet G., 2010. Clé de détermination des exuvies des Odonates de France, 128-283.

***Crocothemis* spp. (Brullé, 1832)**

C'est la première fois que ce genre est recensé sur l'île de la Réunion (Figure 7). Il se différencie des autres Anisoptères présents à la Réunion par l'ensemble des critères suivants (Heidemann & Seidenbusch, 2002¹³) :

- absence d'épines médio-dorsales
- segment 8, longueur des épines latérales allant de 1/3 à 1/5,5 de la longueur du segment.
- absence d'épines latérales sur segment 7,
- longueur cerques > 1/2 longueur paraproctes,
- peigne de soies présents sur le bord postérieur des segments 7 et 8.



Figure 7 : *Crocothemis* spp..

***Dineutus aereus* (Klug, 1834)**

Il existe trois espèces de Gyrinidae à la Réunion (*Dineutus subspinosus*, *Dineutus aereus* et *Gyrinus nitidulus*, Guillermet, com.pers.¹⁴). Elles sont facilement reconnaissables par leurs corps en navette et leurs deux paires d'yeux. Pour différencier *D. aereus* des deux autres (Figure 8), voici quelques critères (Legros, 1951¹⁵) :

- absence de gouttières marginales terminées en pointe,
- absence d'écusson,
- présence de fossettes soyeuses sur les bords postérieurs-latéraux du pronotum,
- ailes métasternales triangulaires.



Figure 8 : *Dineutus aereus*.

¹³ Heidemann H. & R. Seidenbusch, 2002. Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne, 351-352.

¹⁴ Guilleret C.. L'entomologie de l'île de La Réunion. <http://christian.guillermet.perso.neuf.fr/>.

¹⁵ Legros C. (1951) : Les Gyrins de Madagascar (Coléoptères). Naturaliste Malgache, 3(fasc. 2) : 117-123.

***Coelostoma* sp. (Brullé, 1835)**

Ce Coléoptère ne peut pas se confondre avec ceux déjà recensés dans le programme précédent. Sa forme ovoïde, sa couleur foncée et son pronotum plus large à sa base (Figure 9), sont des critères permettant de le différencier facilement (Tachet *et al.*, 2003¹⁶).



Figure 9 : *Coelostoma* sp..

***Enochrus* sp. (Thomson, 1859)**

Cette larve appartient à la famille des Hydrophilidae. On la différencie des *Laccobius* spp. (autre genre présent à la Réunion) par la présence de 6 paires de pseudopodes (Figure 10) et ses antennes biramées en leurs apex (Tachet *et al.*, 2003).



Figure 10 : *Enochrus* sp.

***Limnogonus cereiventris* (Signoret, 1863)**

Cette espèce appartient à la famille de Gerridae, où là aussi, trois genres ont été recensés à la Réunion (Guillermet C.). Le dessin sur le pronotum diffère des autres genres (Figure 11). Le pronotum de *Limnogonus cereiventris* comporte une ligne jaune médiane, ainsi que deux points (jaunes également) en avant de cette ligne (Hungerford & Matsuda, 1958¹⁷ & Epler, 2006¹⁸).

¹⁶ Tachet H., P. Richoux, M. Bournaud & P. Usseglio-Polatera, 2003. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie, 587p.

¹⁷ Hungerford H.B. & R. Matsuda, 1958. The Tenagogonus-Limnometra complex of the Gerridae, 371-457.

¹⁸ Epler J.H., 2006. Identification manual for the aquatic and semi-aquatic Heteroptera of Florida, 5.1-5.13.

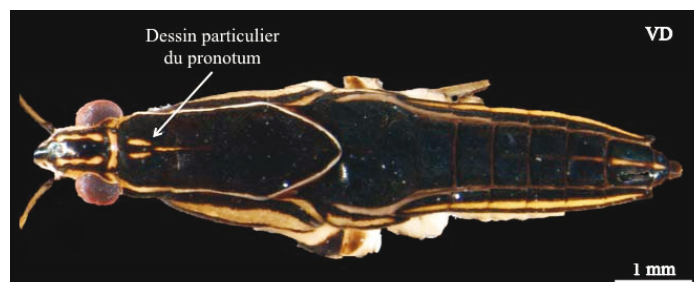


Figure 11 : *Limnogonus cereiventris*

Culicinae (Signoret, 1863)

Contrairement aux Anophelinae, cette sous-famille a pour particularité d'avoir un siphon respiratoire (Tachet *et al.*, 2003). L'état de l'unique individu récolté lors de cette campagne d'échantillonnage n'a pas permis une identification plus précise.

DugesIIDae sp.1

Lors du programme « Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques », un taxon non identifié avait été trouvé à plusieurs reprises (Figure 12). Ne sachant pas s'il s'agissait d'un taxon terrestre ou aquatique, nous avons préféré ne pas en tenir compte.

Un travail mené avec la spécialiste Carolina Noreña Janssen¹⁹, a permis de déterminer la famille de ces individus (DugesIIDae). La difficulté d'indentification de ce groupe ne nous a pas permis d'aller au genre ou à l'espèce.

La dénomination DugesIIDae sp. 1 évite toutes confusions possibles avec le taxon « *Dugesia* spp. » appartenant à la même famille.



Figure 12 : *DugesIIDae* sp.1

¹⁹ Chercheuse, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Madrid.

4. Calcul et validation de l'Indice Réunion Macroinvertébrés (IRM)

4.1 L'IRM

L'IRM a pour but d'évaluer la qualité écologique des cours d'eau de la Réunion à partir des communautés des macroinvertébrés.

Il est basé sur 8 métriques représentant des densités ou des richesses de taxons groupés selon des caractéristiques biologiques, physiologiques et écologiques. Conformément aux exigences de la DCE (Anonyme, octobre 2000²⁰), l'IRM intègre la notion de conditions de référence. Les valeurs des métriques dans les sites dits « test » sont comparées aux valeurs dans des sites dits de « références ». L'écart observé permet d'attribuer un score (de 1 à 5) selon chaque métrique. La somme des 8 scores donne la note de qualité globale de la station (Rapport CNRS, 2012).

L'état écologique d'une station obtenant une note de 8 (minimum) sera qualifié de « très mauvais ». En revanche une note de 40 qualifie l'état écologique de la station comme « très bon » (Tableau 4).

Tableau 4 : Classes écologiques en fonction de la note obtenue.

Etat	Score métriques	Note
Très mauvais	1	[8-15]
Mauvais	2	[16-23]
Moyen	3	[24-31]
Bon	4	[32-39]
Très bon	5	40

La note a été calculée grâce aux Fiches techniques (Annexe 5) d'utilisation de la fonction IRM_v0 (Péru, 2012²¹) sous le logiciel R (R Development Core Team, 2012²²).

4.2 Choix des taxons

Pour renseigner l'argument « trait » de la fonction IRM_v0 (Péru, 2012), une liste de taxons a été établie (Annexe 6) avec leurs traits biologiques (comportements/régimes alimentaires), physiologiques (mode respiratoire) et écologiques (préférences hydrauliques).

Les taxons induisant une redondance potentielle dans le calcul des métriques (richesse taxonomique, densité en taxons limnophiles...) n'ont pas été pris en compte (Cf. 3.1 Inventaire des taxons identifiés), par exemple : *Lymnaea* spp., *Hydroptila* spp., Ephydriidae ou encore Diptera.

Les abondances des stades nymphaux ont été additionnées avec celles des stades larvaires du même taxon. Par exemple, les abondances des larves et des nymphes d'*Hydropsyche mokaensis*. De même, pour les abondances du taxon *Stenochironomus* sp., cumulées à celles du taxon « Chironomini », ou encore pour les taxons Anisoptera et Aeshnidae.

²⁰ Anonyme, octobre, 2000. European Commission-Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy. European Commission PE-CONS 3639/1/00 REV 1, Luxembourg.

²¹ Péru, 14 juin 2012. Fiche Technique d'utilisation de la Fonction IRM_v0 sous R, V0.1.4.

²² R Development Core Team, 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

4.3 Calcul de l'IRM

4.3.1 Validation de l'IRM

L'année 2011 a été une année d'étiage fort pour de nombreux cours d'eau de la Réunion, caractérisé par une importante diminution des débits et un important développement algal. On peut se demander comment réagit l'indice face à une telle perturbation naturelle. L'exemple de la station Langevin aval (LAN4) illustre parfaitement ce phénomène (Figure 13).



Figure 13 : Amont de la station LAN4 de la Rivière Langevin en 2010 et 2011.

4.3.1.1 Valeur de référence

Jusqu'à présent la référence a été déterminée en fonction des données disponibles, c'est-à-dire les années 2008-2010 (référentiel 1).

L'analyse de la variabilité intra-types des stations de référence (réalisée sur les valeurs des 8 métriques biologiques) a révélé l'existence d'une hétérogénéité parfois importante. Le faible nombre d'observations par station (3 ans) ne permet pas de statuer définitivement sur l'amplitude des variations naturelles mises en évidence. Une augmentation du nombre d'observations rendrait plus robuste la définition de cette variabilité au sein des types de masses d'eau. Les conditions climatiques et notamment hydrologiques particulières en 2011 offrent l'opportunité de comparer la situation des stations de référence par rapport au référentiel 2008-2010. Le calcul des valeurs de l'indice a donc été réalisé sur les données collectées en 2011 dans les stations de référence (Cf. tableau 1) en prenant comme référentiel la période 2008-2011 (référentiel 2). Les résultats sont présentés dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Notes obtenues pour chaque station de « référence » en 2011 après calcul de l'IRM en fonction du référentiel 2008-2011. Les couleurs indiquent l'état écologique des stations (Tableau 4). Avec : d. limnophiles : la densité en taxons limnophiles ; d. rheophiles : la densité de taxons rhéophiles ; d. ubiquistes : la densité de taxons ubiquistes ; d. filteurs (filet) : la densité de taxons filteurs (avec construction de filet) ; d. generalistes : la densité de taxons généralistes ; ric. limnophiles : la richesse en taxons limnophiles ; ric. tegument : la richesse en taxons à respiration tégumentaires ; S : la richesse taxonomique totale ; M61, M62, MP63, P61, P62 (Cf. Tableau1).

		d. limnophiles	d. rheophiles	d. ubiquistes	d. filtreurs (filet)	d. generalistes	ric. limnophiles	ric. tegument	S	Note
M61	LAN3	4	4	3	4	4	4	5	4	32
	LAN4	4	4	3	4	4	4	5	4	32
M62	PLA2	4	4	4	4	3	3	4	5	31
MP63	MAR3	4	4	4	4	4	4	5	4	33
	PLU1	4	4	4	4	4	3	4	4	31
	PLU2	4	4	4	4	4	3	5	4	32
	ROC2	4	4	4	4	4	4	4	4	32
	SDE1	4	4	4	4	4	2	5	4	31
	SDE2	4	4	4	4	4	3	2	4	29
	SSU1	4	4	4	4	4	4	5	4	33
P61	FJA1	4	4	4	4	4	4	4	4	32
	FJA2	4	4	4	4	4	3	4	4	31
	LAN1	4	4	4	4	4	4	3	4	31
	LIA	4	4	4	4	4	5	4	4	33
	MAT1	4	4	4	4	4	4	4	4	32
P62	BEN	4	4	3	4	4	3	4	5	31
	CIL1	4	4	3	4	4	4	4	4	31
	GAL1	4	4	3	4	4	4	4	4	31
	GAL2	3	4	3	4	4	4	4	4	30
	GAL3	4	4	4	4	4	4	4	3	31
	PLA1	4	4	4	4	4	3	5	4	32

Onze stations de référence sur 21 obtiennent une note comprise entre 29 et 31 qualifiant ainsi leur état écologique de « moyen » (Tableau 5). Or, une station ne peut être dite de « référence » que si son état écologique est « bon » ou « très bon » (Rapport CNRS, 2012).

Dix-neuf stations obtiennent des scores compris entre 3 et 5 pour chaque métrique. Seules SDE1 et SDE2 atteignent un score de 2 pour respectivement les métriques : « richesse en taxons limnophiles » et « richesse en taxons à respiration tégumentaire ». D'après les hypothèses du sens de variation de ces métriques en réponse à un impact, la richesse en taxons limnophiles devrait diminuer suite à une variation de débits. Quant à la richesse en taxons à respiration tégumentaire, elle devrait diminuer lorsque le milieu s'appauvrit en oxygène (Rapport CNRS, 2012).

On peut supposer que la station SDE1 a subi une variation de débits et la station SDE2 s'est appauvrie en oxygène.

De plus, la station LAN4 de la Rivière Langevin garde une note équivalente à « un bon état écologique », malgré le fort étiage observé cette année. Deux explications sont possibles : soit cela indique un problème de définition des conditions de référence, soit une absence de réaction de la faune à la perturbation (selon les métriques retenues).

Le déclassement de la station PLA2 (seule station de référence du type de ME M62) illustre la nécessité de disposer de plusieurs stations de référence par type de masses d'eau.

Ces résultats, et notamment le nombre important de stations de référence obtenant une note correspondant à un état écologique « moyen », nous conduisent à intégrer les données de l'année 2011 dans le référentiel et de procéder à un nouveau calcul des valeurs de l'indice pour les stations « test ».

4.3.1.2 Comparaison des notes obtenues des stations « test » 2011 en fonction des deux référentiels

Après calcul de l'indice, les 18 stations « test » montrent un état écologique « moyen » pour :

- 12 stations, référentiel 1,
- 14 stations, référentiel 2.

Et un « bon » état pour :

- 6 stations, référentiel 1,
- 4 stations, référentiel 2.

La note maximale atteinte pour le référentiel 1 est de 33/40 pour la station MAT3 (l'Escalier) de la Rivière du Mât. Pour le référentiel 2, elle est de 34/40 pour la station CIL2 (Ilet Furcy). En incluant 2011 au référentiel, la station SJE2 (Quartier français) de la grande Rivière Saint-Jean, passe d'un état écologique « moyen » à « bon » (Tableau 6 & Annexe 7).

Tableau 6 : Calcul de l'IRM des stations « test » de 2011 en fonction du référentiel 1 ou 2. Les couleurs indiquent l'état écologique des stations (vert : Bon état ; jaune : Etat moyen). Avec M61, M62, MP63, P61 (Tableau 1).

		Référentiel	
		1	2
M61	MAT4	31	31
	REM	31	29
M62	CIL2	32	34
	GAL4	27	28
	PLA3	27	28
	SET	28	29
MP63	EST	31	30
	MAR4	31	30
	PAN2	30	31
	PLU3	31	31
	ROC1	30	30
	ROC3	32	31
	SDE3	32	32
	SJE1	32	31
	SJE2	31	32
	SSU2	31	31
P61	MAT2	32	31
	MAT3	33	32

De manière générale, en incluant l'année 2011 au référentiel une légère dégradation des états écologiques (pour deux stations) est observée, sans pour autant avoir une importante détérioration des notes (seulement 39% des notes ont diminués, 28% n'ont pas changés et 33% ont augmentés).

⇒ **Par conséquent, l'intégration de l'année 2011 dans la référence n'a pas un fort impact sur la note de l'IRM. Elle sera intégrée dans les valeurs de référence pour la suite des analyses.**

4.3.1.3 Bilan

La qualité « moyenne » des stations de référence peut être expliquée par l'hétérogénéité des sites de référence au sein d'un même type de ME. Cela renforce l'idée qu'une qualification précise de la variabilité des conditions de référence est un élément essentiel pour l'outil de bioindication.

Nos observations indiquent que deux types de variabilité naturelle influencent la stabilité de la référence et par conséquent la note de l'IRM : la **variabilité temporelle** (i.e. : inter-annuelle) et la **variabilité spatiale** (i.e. : intra-types).

Le jeu de données actuel permet sans doute de cerner une bonne part de la variabilité temporelle des conditions de référence. Néanmoins, l'absence de cyclone sur la période 2008-2011 réduit probablement l'amplitude de la variabilité potentielle. Il apparaît donc important d'augmenter le nombre de valeurs (observations) dans les sites de référence, afin d'assurer une bonne connaissance globale de la variabilité temporelle de ces sites, notamment par l'ajout de la campagne 2011.

Cette augmentation du nombre d'observations (par l'ajout de campagnes d'échantillonnages annuelles) pourrait par ailleurs préciser les connaissances sur la variabilité intra-type des conditions de référence. Notamment deux types présentent une variabilité importante : P61 et P62. Nous avons illustré ceci par une Analyse en Composantes Principales normée des stations-campagne²³ en conditions de référence et en fonction du référentiel 2 (« ACP intra-types ref. »). Les stations FJA1 et GAL2 s'écartent très nettement des autres sites de leur type de ME d'appartenance (Figure 14).

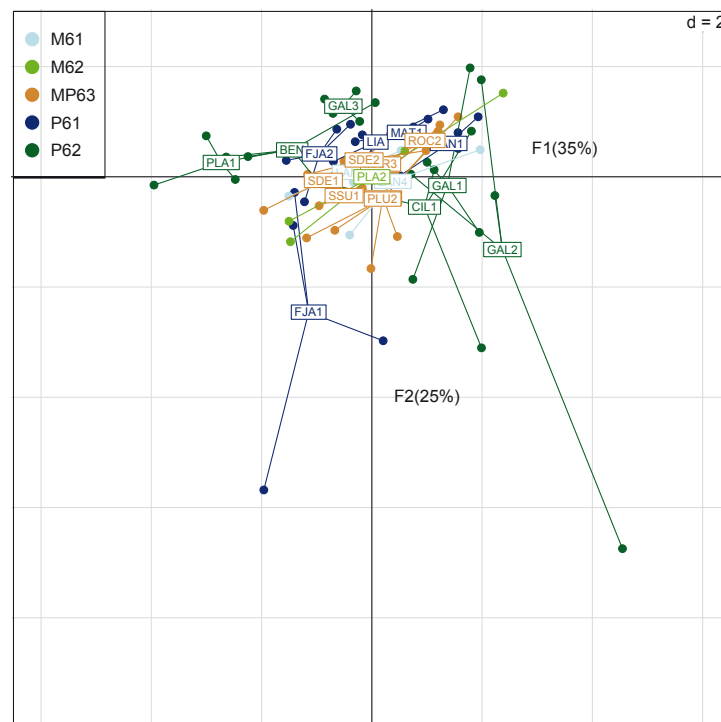


Figure 14 : Premier plan factoriel de l'ACP intra-types ref. en fonction du référentiel 2. Chaque point correspond à une station-campagne « référence ». Chaque station est positionnée au barycentre des stations-campagnes. Les couleurs regroupent les stations selon leur type de masses d'eau.

²³ On appellera station-campagne, les différentes campagnes d'échantillonnage pour une station donnée, par exemple : CIL.2008 ou encore BEN.2011.

Cette amplitude de variation des conditions de référence est essentiellement due à la très forte amplitude des valeurs de densités de certains taxons. L'effet de ces très forts écarts entre les valeurs de densités peut être atténué par une transformation mathématique des données. Ainsi, **une transformation logarithmique des métriques de densité** pourrait atténuer les effets de ces variables spatiale et temporelle. Les métriques de richesse n'ont pas été transformées, car elles ont une amplitude de variation plus faible. Par exemple, la métrique « richesse taxonomique totale » pour le type de ME P61 a des valeurs brutes variant entre 21 et 23 individus pour FJA1 (Mare à veille place) de la Rivière Fleurs jaunes et de 21 à 27 individus pour la station LIA (Amont captage AEP) du bras des lianes ; alors que la métrique « densité en taxons limnophiles » de la station FJA1 varie entre 30 et 3394 individus/m².

4.3.2 Transformation logarithmique

4.3.2.1 Variabilité des métriques biologiques en conditions de référence

Afin d'observer l'effet de la transformation logarithmique des métriques de densité sur la variabilité intra-type, l'ACP intra-types ref. a été appliquée avec les métriques d'abondance log-transformées ($\ln(x+1)$; nommée « ACP-intra-types ref. log. »). Les résultats de cette analyse ont été comparés à ceux de l'ACP intra-types ref. sur données brutes (Figure 15). Les plans des variables correspondantes sont présentés sur la figure 16.

L'ACP « intra-types ref. log. » montre une diminution de la variabilité intra-types, en comparaison de l'ACP « intra-types ref. » (Figure 15). Ceci s'observe par la plus faible variabilité temporelle des sites GAL2 et FJA1 (i.e. : moins grande dispersion des points) qui a pour conséquence une plus grande dispersion des autres sites, leurs variabilité retrouvant alors des valeurs plus comparables.

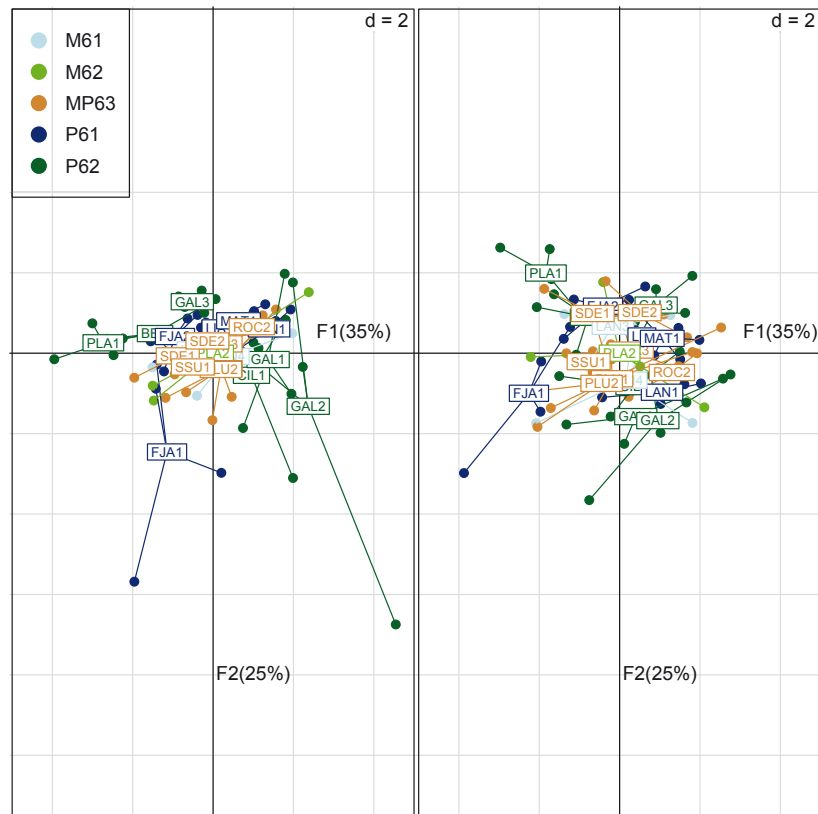


Figure 15 : Premier plan factoriel de l'ACP intra-types ref. Chaque point correspond à une station-campagne « référence » à partir du référentiel 2. Chaque station est positionnée au barycentre des stations-campagnes. Les couleurs regroupent les stations selon leur type de masses d'eau. A gauche sans la transformation logarithmique, à droite avec la transformation logarithmique.

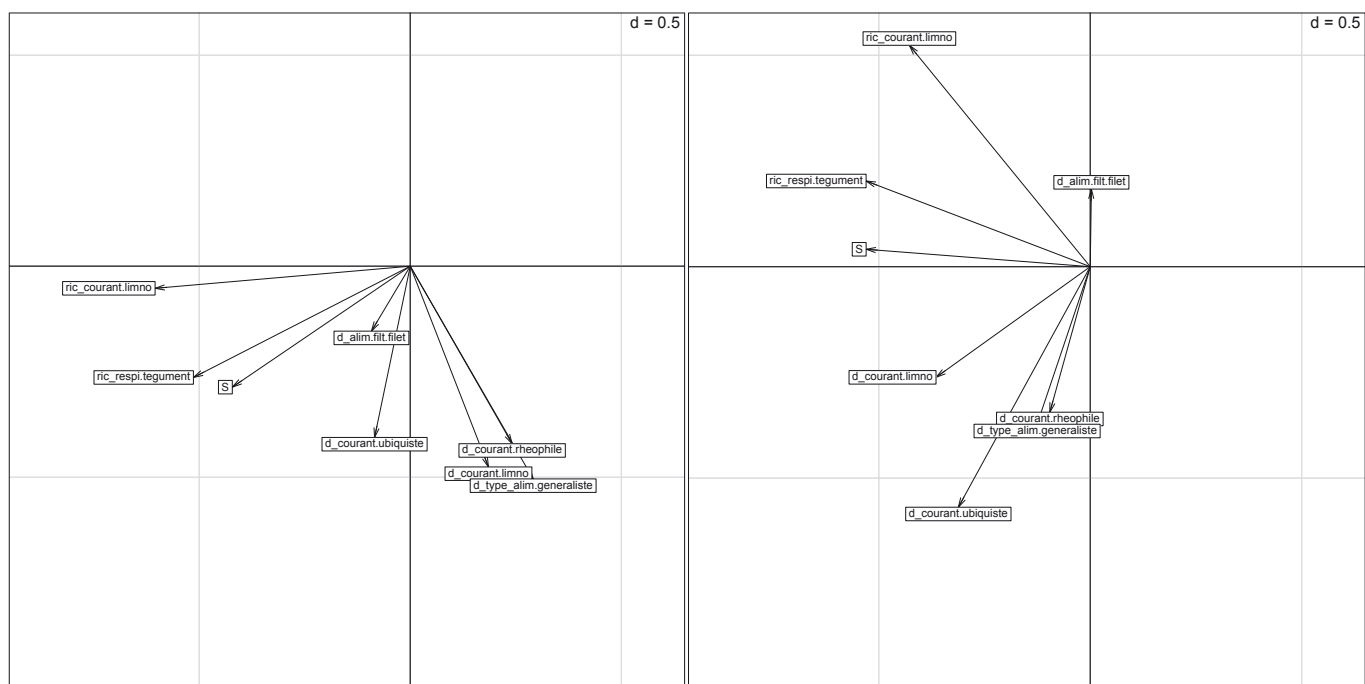


Figure 16 : Premier plan factoriel de l'ACP intra-types ref. des 8 métriques retenues. Avec : d. limnophiles : la densité en taxons limnophiles ; d. rheophiles : la densité de taxons rhéophiles ; d. ubiquiste : la densité de taxons ubiquistes ; d. filteurs (filet) : la densité de taxons filteurs (avec construction de filet) ; d. generalistes : la densité de taxons généralistes ; ric. limnophiles : la richesse en taxons limnophiles ; ric. tegument : la richesse en taxons à respiration tégumentaires ; S : la richesse taxonomique totale. A gauche sans la transformation logarithmique, à droite avec la transformation logarithmique.

4.3.2.2 Projection des stations « test » sur les ACP intra-types « ref. » et « ref.log. »

La projection des stations « test » sur le premier plan factoriel des ACP « ref. » et « ref. log. » illustre la présence d'importants écarts entre stations « test » et stations de référence suivant le type de masses d'eau considéré (Figure 17). On remarque que ces écarts sont amplifiés pour l'ACP « ref. log. ». Ceci est certainement attribué à une référence plus constante avec les données log-transformées qu'avec les données brutes.

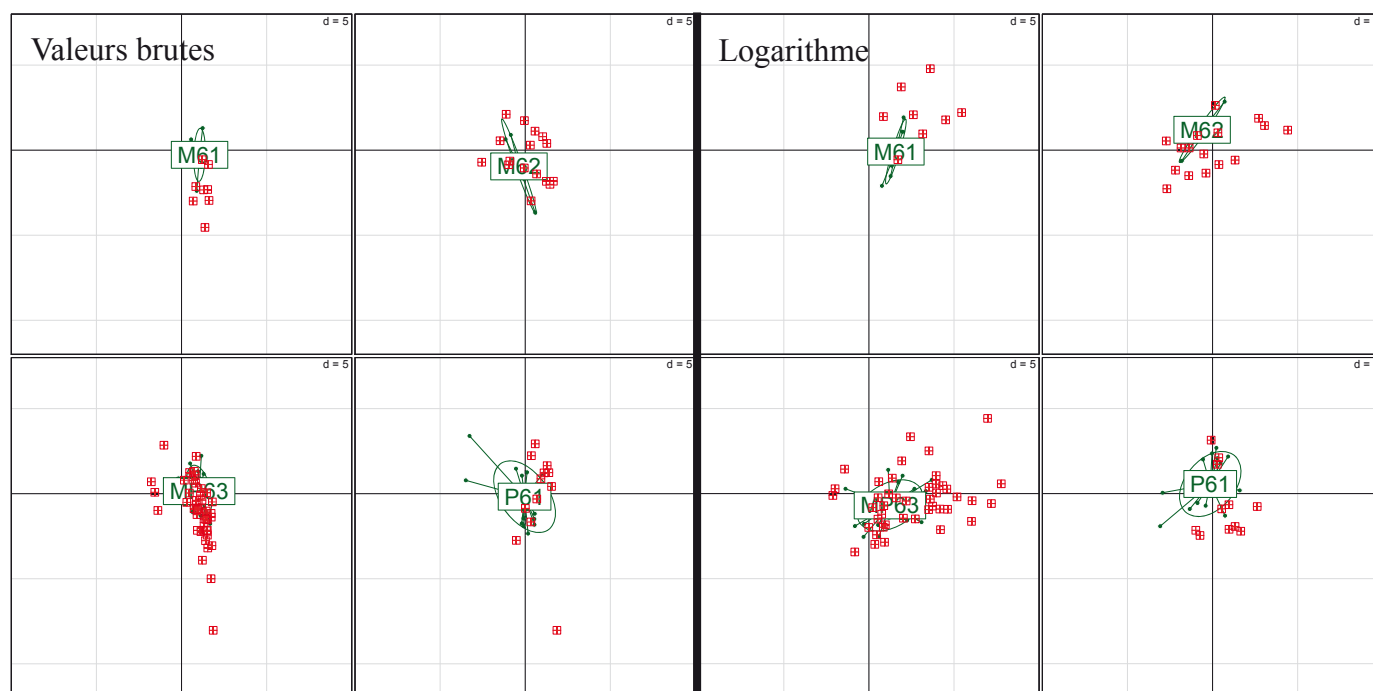


Figure 17 : Projection en individus supplémentaires des stations-campagnes « test » (carrés rouges) sur le premier plan factoriel de l'ACP ref log. La distribution des valeurs de référence est représentée par une ellipse illustrant la variabilité au sein de chaque type. Les deux types P62 et MP64 ne sont pas représentés (pas de stations « test » ou « référence », Tableau 1). A gauche sans la transformation logarithmique, à droite avec la transformation logarithmique.

⇒ **Le couplage de la transformation logarithmique et du référentiel 2 permet de diminuer les variabilités (spatiale et temporelle). Ces deux paramètres seront intégrés de façon systématique pour la suite des calculs. On nommera cette nouvelle version IRM_v1.**

4.3.3 Calcul des notes des stations « test » avec IRM_v1

Après calcul de l'indice, 17 stations « test » sur 18 montrent un état écologique « moyen ». Une seule station, PLU3 (Embouchure/Gillot) de la Rivière des Pluies, est qualifiée de « mauvais » état écologique (Tableau 7).

Tableau 7 : Notes obtenues pour chaque station de « référence » après calcul de l'IRM à partir des données 2011. Les couleurs indiquent l'état écologique des stations (Tableau 4). Avec : d. limnophiles : la densité en taxons limnophiles ; d. rheophiles : la densité de taxons rhéophiles ; d. ubiquiste : la densité de taxons ubiquistes ; d. filteurs (filet) : la densité de taxons filteurs (avec construction de filet) ; d. generalistes : la densité de taxons généralistes ; ric. limnophiles : la richesse en taxons limnophiles ; ric. tegument : la richesse en taxons à respiration tégumentaires ; S : la richesse taxonomique totale ; M61, M62, MP63, P61, P62 (Tableau 1).

		d. limnophiles	d. rheophiles	d. ubiquistes	d. filtreurs (filet)	d. generalistes	ric. limnophiles	ric. teguments	S	Note
M61	MAT4	3	5	4	3	1	4	2	3	25
	REM	3	5	4	2	3	4	4	4	29
M62	CIL2	2	5	2	1	2	4	5	5	26
	GAL4	3	5	2	1	2	5	4	5	27
	PLA3	5	1	5	2	5	3	5	4	30
	SET	4	4	5	1	3	4	5	5	31
MP63	EST	4	4	5	4	4	5	2	3	31
	MAR4	4	2	2	2	5	4	2	3	24
	PAN2	3	3	2	2	3	4	2	5	24
	PLU3	2	3	1	2	3	3	4	4	22
	ROC1	3	2	2	4	4	3	5	4	27
	ROC3	5	1	2	3	5	5	2	3	26
	SDE3	5	1	4	2	5	5	2	3	27
	SJE1	3	3	4	3	3	4	4	4	28
	SJE2	2	5	1	2	2	4	4	4	24
	SSU2	3	2	2	2	5	4	3	4	25
P61	MAT2	1	4	4	1	3	2	4	5	24
	MAT3	1	4	4	4	4	1	4	4	26

De manière générale, les métriques de densité obtiennent des scores moins élevés que les métriques de richesse. Elles constituent le principal facteur de déclassement des stations.

4.3.4 Evolution de l'état écologique des stations au cours du temps

Afin d'observer l'évolution des notes au cours du temps, les notes des stations « test » de 2008, 2009 & 2010 ont été calculées avec la version v1 de l'indice (Résultats détaillés en annexe 8).

De manière générale, les notes restent stables au cours de ces 4 années d'échantillonnage (Annexe 9). Des exemples comme SET (Embouchure pont RN) de la Rivière Saint-Etienne ou encore EST (Amont aval pont) de la Rivière de l'Est illustrent cette stabilité (Figure 18).

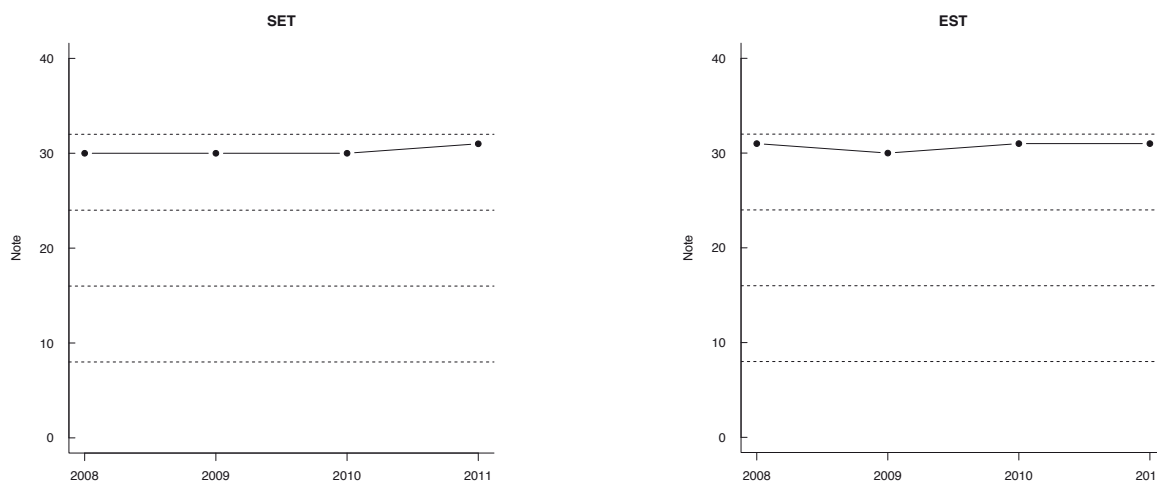


Figure 18 : Evolution des notes de l'IRM pour les stations SET (Embouchure pont RN) de la Rivière Saint-Etienne ou encore EST (Amont aval pont)

Pour la station MAT4 (Embouchure) de la Rivière du Mât et PLU3 (Embouchure/Gillot) de la Rivière des Pluies, une forte diminution des notes de l'IRM est observée (respectivement, perte de 7 et 9 points entre 2008 et 2011), comme l'illustre la figure 19.

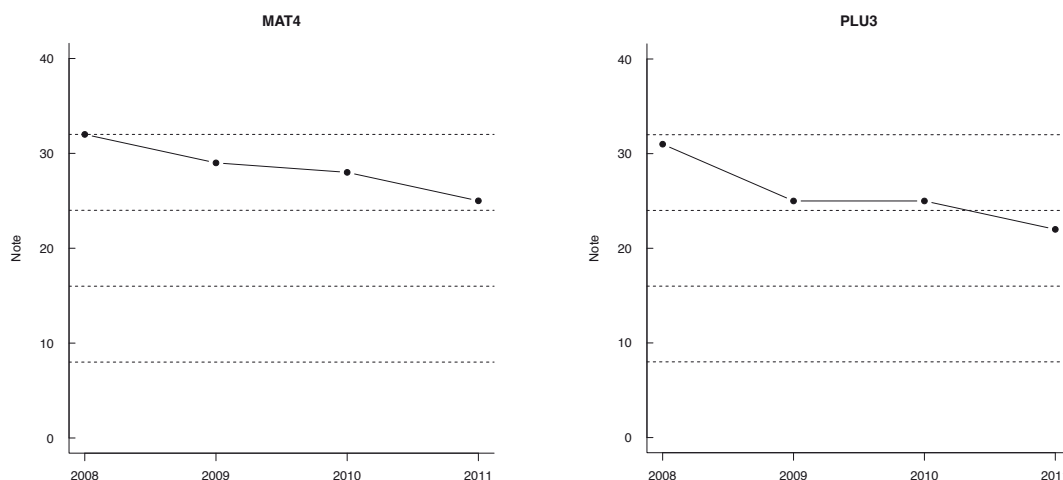


Figure 19 : Evolution des notes de l'IRM pour les stations MAT4 (Embouchure) de la Rivière du Mât et PLU3 (Embouchure/Gillot) de la Rivière des Pluies.

MAT4 obtient des scores de 1 et 2 pour les métriques « densité en taxons généralistes » et « richesse en taxons à respiration tégumentaire » entre 2009 et 2011. Quant à la station PLU3 ce sont les métriques de « densité en taxons limnophiles, ubiquistes et filtreurs (avec construction de filet) » qui obtiennent des scores de 1 à 3 entre 2009 et 2011 (Annexe 8).

D'après les hypothèses du sens de variations des 8 métriques de l'IRM en réponse à un impact (Tableau 8), la dégradation de l'état écologique de la station MAT4 serait due à une modification de la qualité trophique du milieu et à un appauvrissement en oxygène du milieu.

Les 3 métriques déclassant PLU3 permettent de supposer que la perturbation du milieu serait due à une modification des débits (régime d'éclusées et abstraction des débits).

Tableau 8 : Hypothèses du sens de variation des 8 métriques de l'IRM en réponse à un impact (Rapport CNRS, 2012). Avec : d. limnophiles : la densité en taxons limnophiles ; d. rheophiles : la densité de taxons rhéophiles ; d. ubiquiste : la densité de taxons ubiquistes ; d. filteurs (filet) : la densité de taxons filteurs (avec construction de filet) ; d. generalistes : la densité de taxons généralistes ; ric. limnophiles : la richesse en taxons limnophiles ; ric. tegument : la richesse en taxons à respiration tégumentaires ; S : la richesse taxonomique totale.

	Sens de variations	Hypothèses	Remarques
d. limnophiles	Augmentation	Diminution des débits	
	Diminution	Variations importante et fréquente des débits	
d. rhéophiles	Diminution	Diminution de débits	Pas de réponse aux variations journalières
d. ubiquistes	Augmentation	Modification des débits	Abstraction ou variations fréquentes journalières
d. filteurs (filet)	Diminution	Modification des débits	Notamment abstraction
d. généraliste	Augmentation	Modification de la qualité trophique du milieu	
ric. limnophiles	Augmentation	Diminution de débits	
	Diminution	Variations des débits (régime d'éclusées)	
ric. tégument	Diminution	Appauvrissement en oxygène	
S	Diminution	Réduction de diversité des habitats	Exemple : Endiguement, réduction de débits...

⇒ Globalement, les notes restent stables au cours du temps, sauf pour deux stations où l'on observe une dégradation de l'état écologique entre 2009 et 2011.

5. Discussion

En accord avec la convention de recherche et développement du programme d'étude et de recherche 2011-2012, cette nouvelle campagne d'échantillonnage a permis de compléter le programme « Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de la Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques » par :

- 1- l'acquisition d'un jeu de données indépendant (habitat et faune) du jeu ayant servi à construire l'indice dans l'objectif d'avoir un suivi continu.
- 2- un diagnostic et une évaluation de la réponse de l'IRM.

Macrofaune benthique

Du point de vue taxonomique, la richesse corrigée ($n=79$) est comparable aux années 2008-2010 ($n_{\text{tot}}=80$; Rapport CNRS, 2012). Cette campagne a permis de recenser huit nouveaux taxons. Sept étaient déjà connus à la Réunion, mais jamais rencontrés dans nos prélèvements (car non benthiques ou peu présents dans les milieux lotiques) et un, *Crocothemis* spp., encore jamais recensé à la Réunion. Ce dernier provient très certainement de Madagascar qui compte trois espèces de ce genre (D. Grand, Com. Pers.). Il serait intéressant d'intégrer ces nouveaux taxons à l'Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion (Forcellini *et al.*, 2012²⁴).

Typologie et conditions de référence

Sur les 6 types de ME que compte la typologie définie dans l'arrêté de 2010 (JO de février 2010), seuls 4 types ont pu être testés pour la construction de l'IRM (Tableau 1). En effet, le type MP64 (« Versants sous le vent ») ne comporte qu'une seule station qui a été déclassée au regard des activités à la surface du bassin versant (*Cf.* volet pression du rapport CNRS 2012). Par conséquent ce type ne dispose pas de site de référence. A l'inverse, le type P62 (« Cirques au vent »), comporte 6 stations suivies qui ont toutes été classées comme site de référence et ne présente donc aucun site test. Dans les deux cas, il est impossible d'évaluer l'état écologique de stations « test ».

²⁴ Forcellini M., C. Mathieu & S. Méricoux, 2012. Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion. Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de la Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques. Office de l'Eau de la Réunion- CNRS. 133 p.

Les résultats des analyses sur la période 2008-2011 montrent une variabilité naturelle des conditions de référence selon le type de ME. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette hétérogénéité.

Tout d'abord, le statut de référence des stations dépend principalement des informations dont on dispose sur les pressions (qualité physico-chimique et occupation des sols). Ainsi, la qualification des stations de référence pourrait potentiellement être améliorée par une analyse plus approfondie de l'évaluation des « pressions-impacts » à l'échelle des tronçons de rivières ; démarche qui pourrait conduire à modifier éventuellement le statut des stations.

Ensuite, la DCE impose une définition de la référence par type de masses d'eau. De fait, la stabilité des valeurs de référence dépend en premier lieu de la typologie. Le nombre de stations de référence n'est pas fonction de la surface du type considéré (Cf. Arrêté du JO de février 2010). Certains types possèdent un nombre très faible de stations de référence (par ex. : M62, 1 station de référence) bien qu'ils aient une surface comparable à celle d'autres types disposant de plus de stations de référence (par ex. : P62, 6 stations de référence). Le type MP63 est vaste (environ 1/3 de la surface totale de l'île) et couvre des contextes environnementaux très variés pour un nombre de stations de référence relativement faible (7 stations). Seul le type P62 semble avoir un nombre de stations de référence suffisant par rapport à sa surface. Les résultats de nos analyses ont montré qu'il s'agit du type où la variabilité spatiale des métriques en condition de référence est la plus élevée. Cette constatation remet en question la pertinence de la typologie proposée. La variabilité des métriques au sein d'un même type est la résultante de l'hétérogénéité spatiale des stations de référence au sein du type et de la variabilité temporelle de la composition faunistique au sein des stations, variabilité dont les causes sont multiples (facteurs hydroclimatiques, processus de dispersion-colonisation des espèces etc...). En raison des conditions hydrologiques particulières de l'année 2011, l'amplitude la variabilité temporelle par rapport à la période 2008-2010 a été augmentée pour environ 50% des stations. Cette constatation démontre que dans ces systèmes aquatiques de zone tropicale, des chroniques de données suffisamment longues sont nécessaires pour bien caractériser la variabilité naturelle intra-types.

Cette variabilité au sein des stations de référence influence la note de l'indice lors de la construction des écarts entre sites « test » et « référence », car il devient alors difficile de distinguer une évolution naturelle de la note, d'une modification engendrée par une perturbation d'origine anthropique. Ceci est bien illustré par l'état écologique obtenu par les stations de référence en 2011 en fonction du référentiel 2008-2010 (Cf. page 24).

En conclusion, il serait souhaitable de redéfinir le réseau des sites de références (Rapport CNRS, 2012) afin d'optimiser la pertinence statistique des analyses de la variabilité intra-types. Cette démarche impliquerait également de revoir partiellement la distribution des stations « tests ». L'efficacité de la démarche sera améliorée par l'ajout progressif des futures campagnes d'échantillonnage.

Après examen de la variabilité (spatiale et temporelle) intra-types des métriques biologiques dans les stations de référence, nous avons constaté que les métriques de densité étaient parmi celles qui présentaient des amplitudes de variation les plus importantes. Ces variations étant difficilement imputables à un ou plusieurs paramètres identifiés, il s'est avéré justifié d'opérer une transformation logarithmique de ces variables dans le cadre de la procédure de calcul. De ce fait, l'interprétation biologique des écarts devient plus complexe. Cette dernière remarque milite en faveur de la poursuite de travaux de recherche en vue d'améliorer les connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces de macroinvertébrés benthiques de la Réunion.

Valeurs de l'indice et qualité écologique des cours d'eau

L'utilisation de la nouvelle version de l'IRM (v1) appliquée aux 18 stations « test » de la campagne 2011 donne des notes correspondant à un état écologique « moyen » (pour 17 stations) et « mauvais » (pour 1 station). Les notes de l'IRM restent assez constantes au cours des 4 années d'échantillonnage, sauf pour deux stations (MAT4 & PLU3) où l'on observe une dégradation de l'état écologique. Nous avons observé que l'utilisation du référentiel 2 (période 2008-2011) et de la transformation logarithmique conduit généralement à une diminution de la note de l'indice (résultats non-illustrés dans ce rapport). Ceci s'explique en partie par la stabilisation de la référence qui aboutit à des écarts plus marqués.

Il faut toutefois nuancer l'interprétation des notes de l'indice en raison du manque de connaissances sur la variabilité des stations de références. Ainsi, les notes obtenues peuvent constituer un état initial sur la qualité des cours d'eau réunionnais mais devront être réévaluées au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données sur la macrofaune benthique des sites de référence.

5. Annexes

Annexe 1 : Fiches descriptives des 40 stations.

Annexe 2 : Typologie des Masses d'eau du bassin de la Réunion d'après l'arrêté du JO du 2 février 2010.

Annexe 3 : Représentation graphique des forces de cisaillement (FST), des vitesses moyennes du courant et des profondeurs mesurés pour chaque prélèvement effectué sur chacune des stations au cours de la campagne 2011. Les stations sont présentées sur le gradient amont-aval de chaque rivière. Les rivières de St-Gilles, des Remparts et de l'Est, avec une seule station échantillonnée, sont représentées sur le même graphe.

Annexe 4 : Abondance des taxons récoltés dans chacune des 40 stations au cours de cette campagne d'échantillonnage.

Annexe 5 : Fiche technique d'utilisation de la fonction IRM_v0 sous R.

Annexe 6 : Liste des taxons utilisés lors du calcul de l'indice IRM_v0 pour la campagne d'échantillonnage 2011, ainsi que certains des traits biologiques, physiologiques et écologiques de ces taxons.

Annexe 7 : Calcul de l'IRM des stations « test » de 2011 en intégrant ou non les stations de références 2011 au pool référentiel.

Annexe 8 : Notes obtenues pour chaque station « test » à partir du score des 8 métriques, pour les campagnes 2008, 2009, 2010 & 2011, avec 2011 incluse au référentiel.

Annexe 9 : Graphiques montrant l'évolution temporelle des notes de IRM.

Annexe 10 : Calcul de l'IRM en utilisant une fonction logarithmique sur les données totales des abondances des métriques de densité.

Annexe 1 : Fiches descriptives des 40 stations.

Fiches classées par Bassin versant :

➤ Rivière Saint-Denis :

- SDE1
- SDE2
- SDE3

➤ Rivière des Pluies :

- PLU1
- PLU2
- PLU3

➤ Rivière Sainte-Suzanne :

- SSU1
- SSU2

➤ Rivière Saint-Jean :

- SJE1
- SJE2

➤ Rivière du Mât :

- LIA
- FJA1
- FJA2
- MAT1
- MAT2
- MAT3
- MAT4

➤ Rivière des Roches :

- ROC1
- ROC2
- ROC3
- PAN2

➤ Rivière des Marsouins :

- MAR3
- MAR4

➤ Rivière de l'Est:

- EST

➤ Rivière Langevin :

- LAN1
- LAN3
- LAN4

➤ Rivière des Remparts :

- REM

➤ Rivière Saint-Etienne :

- BEN
- CIL1
- CIL2
- PLA1
- PLA2
- PLA3
- SET

➤ Rivière Saint-Gilles :

- SGI

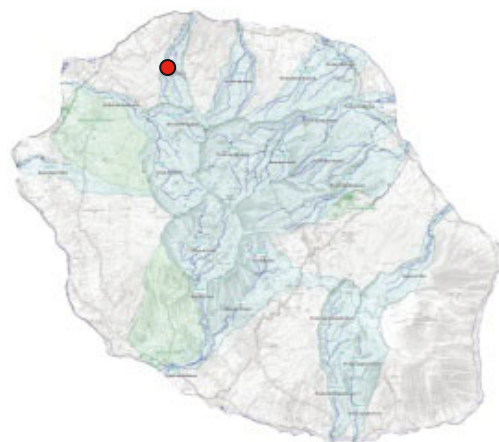
➤ Rivière des Galets:

- GAL1
- GAL2
- GAL3
- GAL4

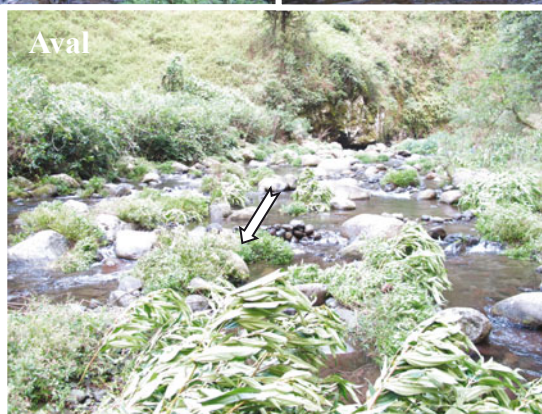
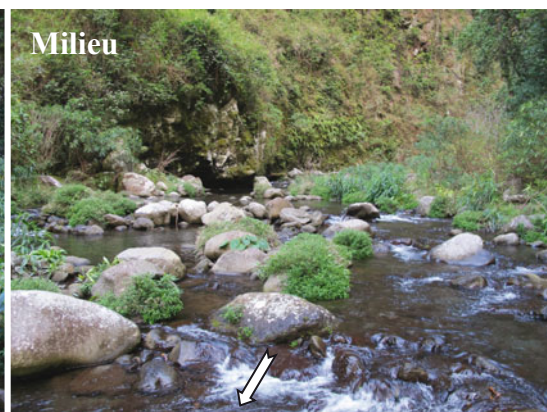
Station : SDE 1

Rivière : Rivière St-Denis
Lieu : A 1km d 'Îlet à Guillaume

Typologie	MP63 - Versants au vent (nord intermédiaire)
Masse d'eau	FRLR01
Code Sandre	10320310
Altitude	115 m
Distance à la source	9975 m
Distance à la mer	5730 m
X	55,2517
Y	-20,55



Date d'échantillonnage : 29-11-2011



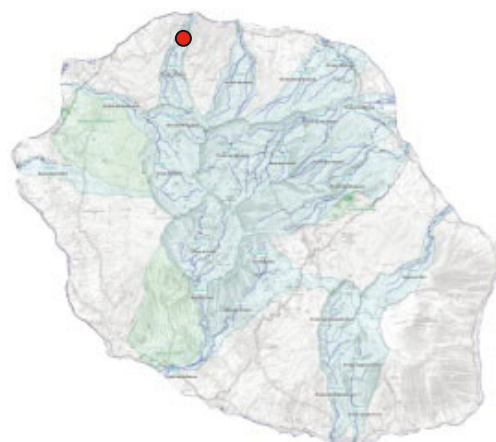
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,26 m/s	Nb de taxons total	27
Profondeur moy	21 cm	Nb de taxons Insectes	17
Largeur moy	12,68 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- <i>Afrogyrus rodriguezensis</i>
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	- <i>Atrichopogon</i> sp. 1
- Blocs	30 %		- <i>Dineutus</i> sp. (l)
- Graviers	20 %		- <i>Eoophyla</i> sp.
FST min			- <i>Microvelia bourbonensis</i>
FST max			- <i>Stenochironomus</i> spp.
FST moy			- Talitridae
		Densité totale	2979 individus/m ²

Station : SDE 2

Rivière : Rivière St-Denis




Lieu : Amont captage AEP

Typologie	MP63 - Versants au vent (nord intermédiaire)
Masse d'eau	FRLR01
Code Sandre	10320350
Altitude	70 m
Distance à la source	11575 m
Distance à la mer	3850 m
X	55,433
Y	-20,908



Date d'échantillonnage : 09-11-2011



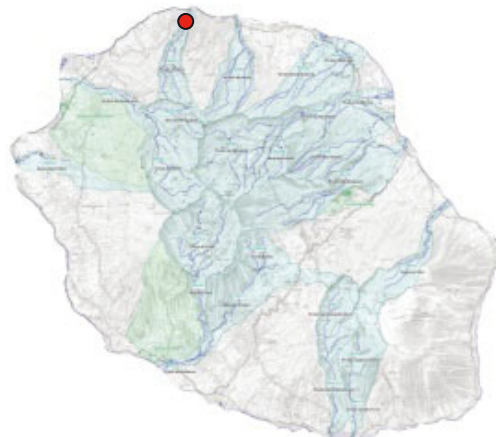
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,30 m/s	Nb de taxons total	29
Profondeur moy	26 cm	Nb de taxons Insectes	20
Largeur moy	8,68 m	Nb de taxons Mollusques	6
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	
- Pierres et galets	40 %	Taxons particuliers	- <i>Eoophyla</i> sp.
- Blocs	40 %		- <i>Dineutus</i> sp. (l)
- Gravier	20 %		- <i>Melanoides tuberculata</i>
			- <i>Microvelia bourbonensis</i>
			- <i>Nigrobaetis colonus</i>
FST min		Densité totale	783 individus/m ²
FST max			
FST moy			

Station : SDE 3

Rivière : Rivière St-Denis

Lieu : Bras de la Rivière

Typologie	MP63 - Versants au vent (nord intermédiaire)
Masse d'eau	FRLR01
Code Sandre	10320380
Altitude	20 m
Distance à la source	14225 m
Distance à la mer	1425 m
X	55,4426
Y	-20,8875



Date d'échantillonnage : 09-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,11 m/s	Nb de taxons total	19
Profondeur moy	14 cm	Nb de taxons Insectes	11
Largeur moy	9,22 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	- <i>Hydrellia</i> spp.
- Gravier	30 %		- <i>Limnogonus cereiventris</i>
- Blocs	20 %		- <i>Melanoides tuberculata</i>
FST min			- <i>Microvelia bourbonensis</i>
FST max			- <i>Rhagovelia infernalis infernalis</i>
FST moy		Densité totale	303 individus/m²

Station : PLU 1




Rivière : Rivière des Pluies
Lieu : Aplomb Piton Tanan**

Typologie	MP63 - Versants au vent (nord intermédiaire)
Masse d'eau	FRLR02
Code Sandre	10310812
Altitude	385 m
Distance à la source	6725 m
Distance à la mer	10325 m
X	55,491
Y	-20,9704



Date d'échantillonnage : 18-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,39 m/s	Nb de taxons total	22
Profondeur moy	21 cm	Nb de taxons Insectes	15
Largeur moy	4,90 m	Nb de taxons Mollusques	3
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	
- Blocs	40 %	Taxons particuliers	- <i>Dineutus</i> sp. (I)
- Pierres et galets	45 %		- <i>Laccobius</i> spp. (I)
- Graviers	15 %		- <i>Nigrobaetis colonus</i>
			- <i>Oecetis</i> sp.
			- <i>Zygonix torridus</i>
FST min		Densité totale	3492 individus/m²
FST max			
FST moy			

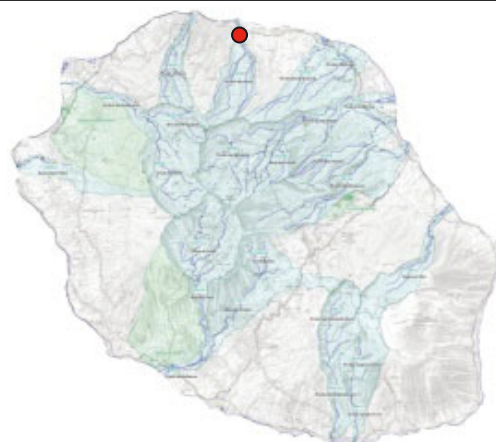
**Aval confluence Ravine du diable

Station : PLU 2

Rivière : Rivière des Pluies

Lieu : Îlet Quinquina

Typologie	MP63 - Versants au vent (nord intermédiaire)
Masse d'eau	FRLR02
Code Sandre	10310830
Altitude	140 m
Distance à la source	11150 m
Distance à la mer	5575 m
X	55,5065
Y	-20,9303



Date d'échantillonnage : 18-11-2011



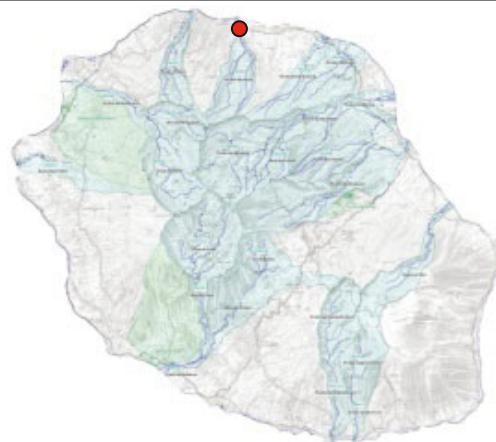
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,33 m/s	Nb de taxons total	29
Profondeur moy	19 cm	Nb de taxons Insectes	17
Largeur moy	9,46 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- <i>Physella acuta</i> - Orthocladinae
- Sables et limons	50 %	Taxons particuliers	- <i>Atrichopogon</i> sp. 1, sp. 2 & sp. 3 - <i>Hydrellia</i> spp. - <i>Kempia</i> sp. - <i>Microvelia bourbonensis</i> - <i>Tipula</i> spp. - <i>Zygonyx torridus</i>
- Blocs	20 %		
- Pierres et galets	30 %		
FST min		Densité totale	6409 individus/m ²
FST max			
FST moy			

Station: PLU 3

Rivière : Rivière des Pluies

Lieu: Embouchure/Gillot

Typologie	MP63 - Versants au vent (nord intermédiaire)
Masse d'eau	FRLR02
Code Sandre	10310890
Altitude	25 m
Distance à la source	14775 m
Distance à la mer	1250 m
X	55,5043
Y	-20,893



Date d'échantillonnage : 18-11-2011

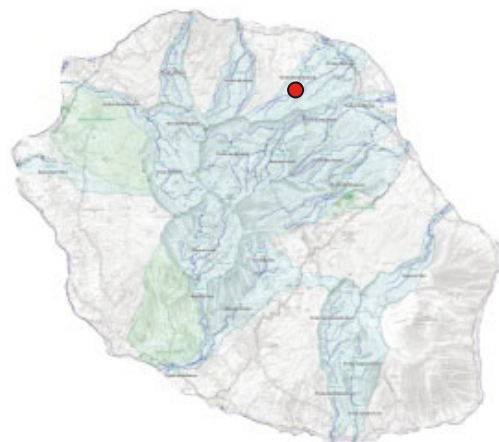


Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,37 m/s	Nb de taxons total	24
Profondeur moy	23 cm	Nb de taxons Insectes	10
Largeur moy	14,24 m	Nb de taxons Mollusques	8
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	- Oligochaeta - Physella acuta
- Sables et limons	70 %	Taxons particuliers	- Atrichopogon sp. 3 - Colostoma sp. (a) - Laccobius mascarensis (a) - Melanoides tuberculata
- Blocs	15 %		
- Pierres et galets	15 %		
FST min		Densité totale	9209 individus/m²
FST max			
FST moy			

Station : SSU 1




Rivière : Rivière Sainte-Suzanne
Lieu : Amont confluence Bras Laurent**

Typologie	MP63 - Versants au vent (nord intermédiaire)
Masse d'eau	FRLR03
Code Sandre	10300215
Altitude	730 m
Distance à la source	6200 m
Distance à la mer	10250 m
X	55,5638
Y	-20,9755



Date d'échantillonnage : 11-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,05 m/s	Nb de taxons total	27
Profondeur moy	23 cm	Nb de taxons Insectes	18
Largeur moy	4,78 m	Nb de taxons Mollusques	3
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	
- Blocs	60 %	Taxons particuliers	- <i>Atrichopogon</i> sp. 1 - <i>Eoophyla</i> sp. - <i>Oxyethira flagellata</i> - <i>Microvelia bourbonensis</i> - <i>Trithemis annulata haematina</i>
- Dalles et argiles	30 %		
- Pierres et galets	10 %		
FST min		Densité totale	2168 individus/m ²
FST max			
FST moy			

** Amont pont route des hauts

Station : SSU 2

Rivière : Rivière Sainte-Suzanne




Lieu : Amont cascade Niagara

Typologie	MP63 - Versants au vent (nord intermédiaire)
Masse d'eau	FRLR03
Code Sandre	10300240
Altitude	150 m
Distance à la source	12175 m
Distance à la mer	4050 m
X	55,5927
Y	-20,9324



Date d'échantillonnage : 10-11-2011



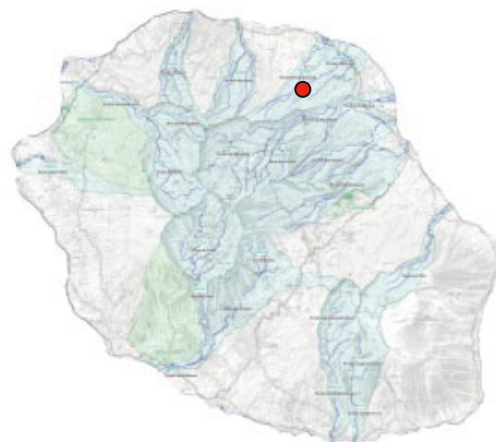
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,12 m/s	Nb de taxons total	25
Profondeur moy	30 cm	Nb de taxons Insectes	13
Largeur moy	8,11 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	
- Blocs	35 %	Taxons particuliers	- <i>Atrichopogon</i> sp. 3
- Pierres et galets	30 %		- <i>Melanoides tuberculata</i>
- Granulats	15 %		- <i>Microvelia bourbonensis</i>
FST min			- <i>Psychodidae</i> sp. 1
FST max			- <i>Rhagovelia infernalis infernalis</i>
FST moy			- <i>Trithemis annulata haematina</i>
		Densité totale	1737 individus/m²

Station : SJE 1

Rivière : Grande Rivière Saint Jean

Lieu : Grand bras de la Grande rivière Saint Jean

Typologie	MP63 - Versants au vent
Masse d'eau	FRLR04
Code Sandre	10300110
Altitude	312 m
Distance à la source	1150 m
Distance à la mer	11150 m
X	55.6029
Y	-20,9668



Date d'échantillonnage : 10-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,12 m/s	Nb de taxons total	29
Profondeur moy	17 cm	Nb de taxons Insectes	19
Largeur moy	6,98 m	Nb de taxons Mollusques	4
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	
- Blocs	60 %	Taxons particuliers	- <i>Atrichopogon</i> sp. 1
- Pierres et galets	25 %		- <i>Atyoda serrata</i>
- Dalles et argiles	15 %		- <i>Eoophyla</i> sp.
FST min			- <i>Hemicordulia atrovirens</i>
FST max			- <i>Kempia</i> sp.
FST moy			- <i>Microvelia bourbonensis</i>
			- <i>Nigrobaetis colonus</i>
			- <i>Oxyethira flagellata</i>
			- <i>Rhagovelia infernalis infernalis</i>
			- <i>Tinearia alternata</i>
			- <i>Trithemis annulata haematina</i>
			- <i>Zygonyx torridus</i>
		Densité totale	1904 individus/m ²

Station : SJE 2

Rivière : Grande Rivière Saint-Jean

Lieu : Quartier français

Typologie	MP63 - Versants au vent
Masse d'eau	FRLR04
Code Sandre	10300180
Altitude	6 m
Distance à la source	9400 m
Distance à la mer	2300 m
X	55,6404
Y	-20,9301



Date d'échantillonnage : 10-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,08 m/s	Nb de taxons total	33
Profondeur moy	33 cm	Nb de taxons Insectes	16
Largeur moy	7,25 m	Nb de taxons Mollusques	8
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	<ul style="list-style-type: none"> - Chironomini - Orthocladiinae - Oligochaeta - <i>Thiara scabra</i>
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Atrichopogon</i> sp. 2 & 3 - <i>Coenagriocnemis reuniense</i> - <i>Eoophyla</i> sp. - <i>Melanoides tuberculata</i> - <i>Pseudagrion punctum</i> - <i>Psychoda</i> spp. - <i>Trithemis annulata haematina</i>
- Gravieres	35 %		
- Hydrophytes	15 %		
FST min		Densité totale	12145 individus/m ²
FST max			
FST moy			

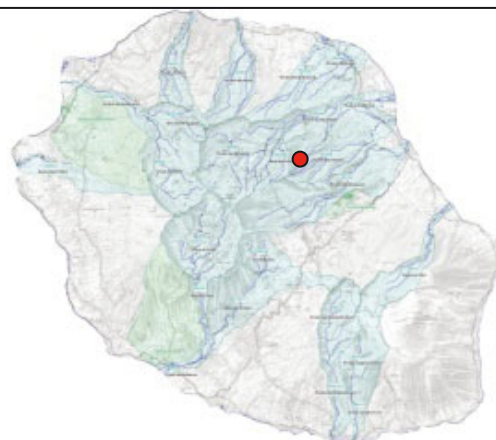
Station : LIA

Bassin-versant : Rivière du Mât

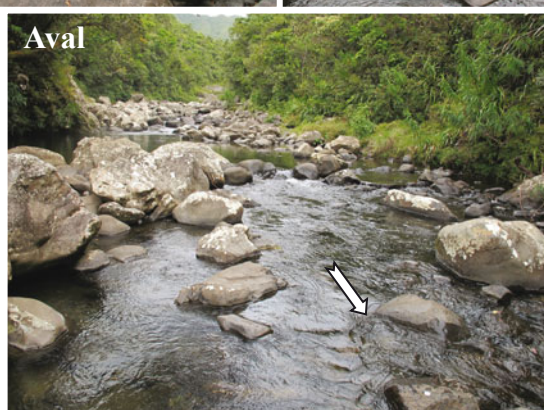
Rivière : Bras des Lianes

Lieu : Amont captage AEP

Typologie	P61 - Cirques au vent (réception)
Masse d'eau	FRLR07
Code Sandre	10215510
Altitude	666 m
Distance à la source	5625 m
Distance à la mer	13275 m
X	55,6109
Y	-21,0272



Date d'échantillonnage : 17-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,24 m/s	Nb de taxons total	22
Profondeur moy	21 cm	Nb de taxons Insectes	14
Largeur moy	11.16 m	Nb de taxons Mollusques	3
Supports :		Taxons abondants (n.b.indiv/m²>500) - <i>Hydropsyche mokaensis</i>	
- Blocs	50 %	Taxons particuliers	
- Pierres et galets	50 %	- <i>Chimarra bettinae</i>	
		- <i>Coenagriocnemis reuniense</i>	
		- <i>Dineutus</i> sp. (l)	
		- <i>Eoophyla</i> sp.	
		- <i>Nigrobaetis colonus</i>	
		- <i>Oxyethira flagellata</i>	
FST min		Densité totale	
FST max		2940 individus/m²	
FST moy			

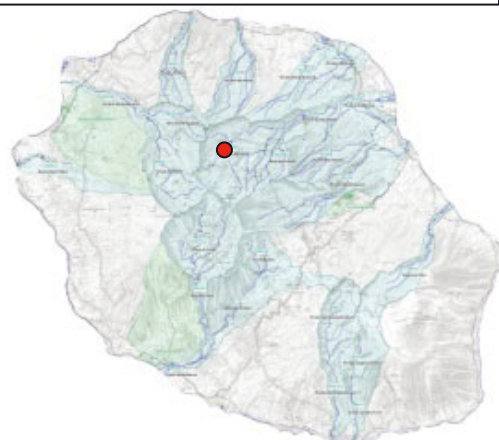
Station : FJA 1

Bassin-versant : Rivière du Mât

Rivière : Fleurs Jaunes

Lieu : Amont du pont D52

Typologie	P61 - Cirques au vent (réception)
Masse d'eau	FRLR05
Code Sandre	10206130
Altitude	670 m
Distance à la source	6825 m
Distance à la mer	25395 m
X	55,4928
Y	-21,0369



Date d'échantillonnage : 07-11-2011



Caractérisation de la station en 2010

Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,20 m/s	Nb de taxons total	27
Profondeur moy	25 cm	Nb de taxons Insectes	17
Largeur moy	14,03 m	Nb de taxons Mollusques	4
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- Orthocladiinae
- Pierres et galets	40 %		- Ostracoda
- Blocs	30 %		- <i>Hydropsyche mokaensis</i>
- Sables et limons	30 %		- <i>Physella acuta</i>
FST min		Taxons particuliers	- Simuliidae
FST max			- <i>Laccobius starmühlneri</i> (a)
FST moy			- Limoniini
			- <i>Lispe</i> sp.
			- <i>Nigrobaetis colonus</i>
		Densité totale	18705 individus/m ²

Station : FJA 2

Bassin-versant : Rivière du Mât

Rivière : Fleurs Jaunes

Lieu : Amont barrage ILO

Typologie	P61 - Cirques au vent (réception)
Masse d'eau	FRLR05
Code Sandre	10206180
Altitude	350 m
Distance à la source	13875 m
Distance à la mer	18195 m
X	55,5428
Y	-21,0155



Date d'échantillonnage : 07-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,31 m/s	Nb de taxons total	22
Profondeur moy	24 cm	Nb de taxons Insectes	12
Largeur moy	13,36 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :			
- Pierres et galets	60 %		
- Blocs	20 %		
- Sables et limons	20 %		
FST min		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	- <i>Hydropsyche mokaensis</i>
FST max			- <i>Orthocladiinae</i>
FST moy			- <i>Physella acuta</i>
		Taxons particuliers	- <i>Eoophyla</i> sp.
			- <i>Nigrobaetis colonus</i>
		Densité totale	5033 individus/m²

Station : MAT 1

Bassin-versant : Rivière du Mât

Rivière : Rivière du Mât

Lieu : Îlet à Vidot

Typologie	P61 - Cirques au vent (réception)
Masse d'eau	FRLR05
Code Sandre	10200110
Altitude	670 m
Distance à la source	7000 m
Distance à la mer	26075 m
X	55,5007
Y	-21,056



Date d'échantillonnage : 06-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,27 m/s	Nb de taxons total	20
Profondeur moy	20 cm	Nb de taxons Insectes	12
Largeur moy	16,39 m	Nb de taxons Mollusques	4
Supports :			
- Blocs	45 %		
- Pierres et galets	40 %	Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- Orthocladiinae - <i>Hydropsyche mokaensis</i>
- Sables et limons	15 %		
FST min		Taxons particuliers	- <i>Dineutus</i> sp. (1) - <i>Rhagovelia infernalis infernalis</i>
FST max			
FST moy		Densité totale	3104 individus/m ²

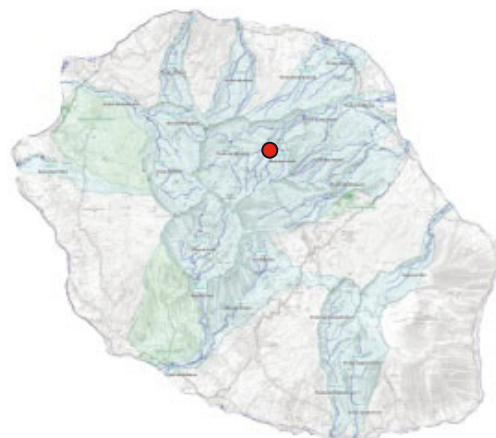
Station : MAT 2

Bassin-versant : Rivière du Mât

Rivière : Rivière du Mât

Lieu : Îlet Bananier (amont passerelle)

Typologie	P61 - Cirques au vent (réception)
Masse d'eau	FRLR05
Code Sandre	10200180
Altitude	425 m
Distance à la source	12225 m
Distance à la mer	20650 m
X	55,5378
Y	-21,0341



Date d'échantillonnage : 07-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,53 m/s	Nb de taxons total	30
Profondeur moy	28 cm	Nb de taxons Insectes	16
Largeur moy	7,32 m	Nb de taxons Mollusques	7
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	- Orthocladiinae - Hydroptila grucheti
- Pierres et galets	70 %	Taxons particuliers	- Atrichopogon sp. 2 - Enochrus sp. - Kempia sp. - Laccobius spp. (l) - Nephrotoma spp. - Zygonix torridus
- Blocs	20 %		
- Algues	10 %		
FST min		Densité totale	6169 individus/m²
FST max			
FST moy			

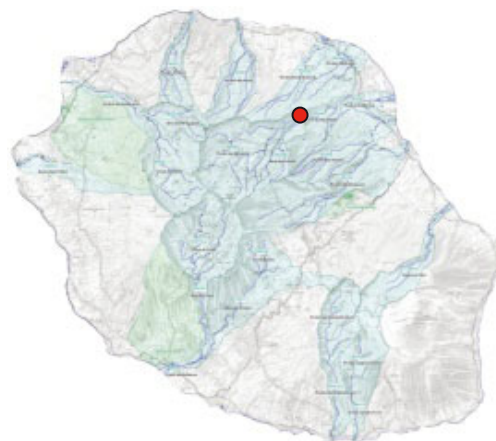
Station : MAT 3

Bassin-versant : Rivière du Mât

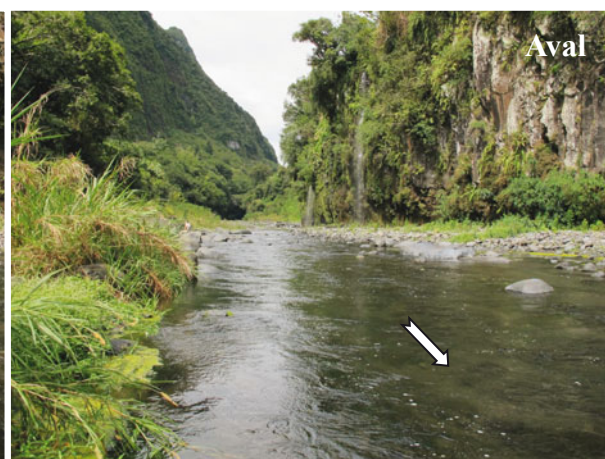
Rivière : Rivière du Mât

Lieu : Escalier

Typologie	P61 - Cirques au vent (réception)
Masse d'eau	FRLR05
Code Sandre	10200190
Altitude	250 m
Distance à la source	17950 m
Distance à la mer	14670 m
X	55,5764
Y	-21,0009



Date d'échantillonnage : 08-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,39 m/s	Nb de taxons total	35
Profondeur moy	36 cm	Nb de taxons Insectes	23
Largeur moy	16,13 m	Nb de taxons Mollusques	7
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- Orthocladiinae - <i>Hydropsyche mokaensis</i> - <i>Hydroptila grucheti</i>
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	- <i>Eoophyla</i> sp. - <i>Kempia</i> sp. - <i>Zygonyx torridus</i>
- Gravier	25 %		
- Sables et limons	25 %	Densité totale	4931 individus/m ²
FST min			
FST max			
FST moy			

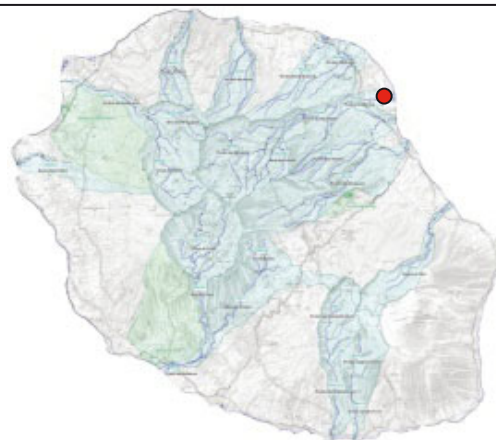
Station : MAT 4

Bassin-versant : Rivière du Mât

Rivière : Rivière du Mât

Lieu : Embouchure

Typologie	M61 - Cirques au vent (couloir)
Masse d'eau	FRLR08
Code Sandre	10220180
Altitude	30 m
Distance à la source	30250 m
Distance à la mer	1800 m
X	55,6837
Y	-20,9811



Date d'échantillonnage : 08-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,39 m/s	Nb de taxons total	17
Profondeur moy	35 cm	Nb de taxons Insectes	8
Largeur moy	31,90 m	Nb de taxons Mollusques	4
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500) - Orthocladinae	
- Pierres et galets	40 %	Taxons particuliers	- <i>Atyoda serrata</i>
- Gravier	30 %	Densité totale	3284 individus/m²
- Sables et limons	30 %		
FST min			
FST max			
FST moy			

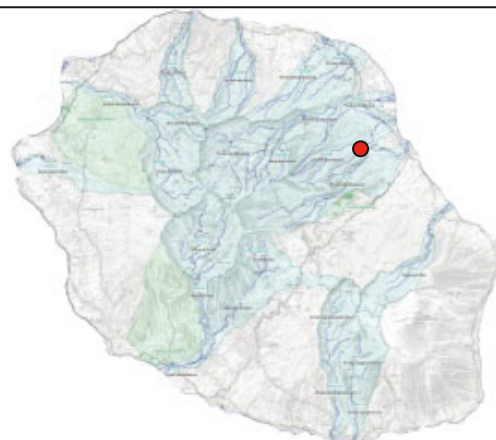
Station : ROC 1

Bassin-versant : Rivière des Roches

Rivière : Rivière des Roches

Lieu : Grand Bras**

Typologie	MP63 - Versants au vent
Masse d'eau	FRLR09
Code Sandre	10135508
Altitude	160 m
Distance à la source	10475 m
Distance à la mer	4300 m
X	55,6587
Y	-21,0353



Date d'échantillonnage : 21-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,03 m/s	Nb de taxons total	30
Profondeur moy	25 cm	Nb de taxons Insectes	19
Largeur moy	8,75 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	- Oligochaeta
- Dalles et argiles	40 %		- Physella acuta
- Blocs	40 %	Taxons particuliers	- Dineutus sp. (1)
- Pierres et galets	20 %		- Eoophyla sp. (n & l)
FST min			- Melanoides tuberculata
FST max			- Microvelia bourbonensis
FST moy			- Oxyethira flagellata
			- Psychodidae sp. 1
			- Rhagovelia infernalis infernalis
			- Trithemis annulata haematina
		Densité totale	3544 individus/m²

**Amont confluence Rivières des Roches

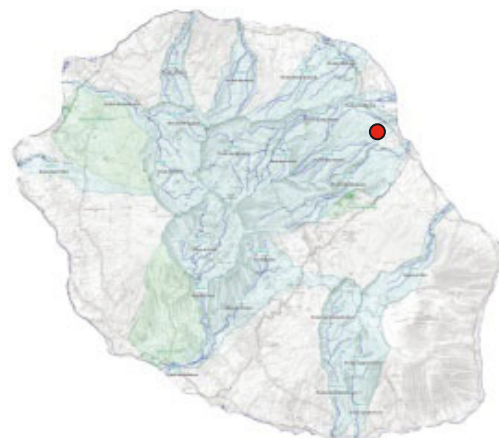
Station : ROC 2

Bassin-versant : Rivière des Roches

Rivière : Rivière des Roches

Lieu : Mon désir

Typologie	MP63 - Versants au vent
Masse d'eau	FRLR09
Code Sandre	10130460
Altitude	12 m
Distance à la source	13625 m
Distance à la mer	3625 m
X	55,6747
Y	-21,0162



Date d'échantillonnage : 21-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,10 m/s	Nb de taxons total	34
Profondeur moy	29 cm	Nb de taxons Insectes	19
Largeur moy	24,63 m	Nb de taxons Mollusques	7
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	
- Blocs	40 %	Taxons particuliers	- <i>Clithon longispina</i> - <i>Melanoides tuberculata</i> - <i>Microvelia bourbonensis</i> - <i>Psychoda</i> spp.
- Pierres et galets	30 %		
- Graviers	30 %		
FST min		Densité totale	1687 individus/m²
FST max			
FST moy			

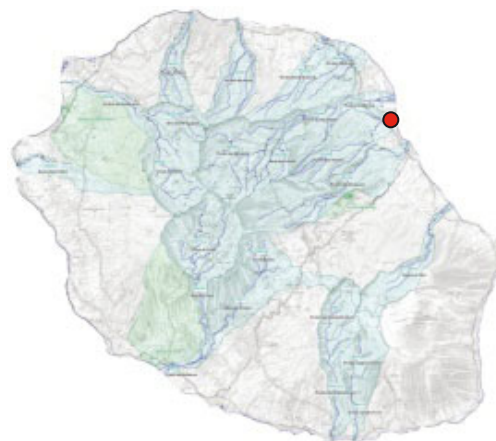
Station: ROC 3

Bassin-versant: Rivière des Roches

Rivière : Rivière des Roches

Lieu: Radier Beauvallon

Typologie	MP63 - Versants au vent
Masse d'eau	FRLR09
Code Sandre	10130480
Altitude	5 m
Distance à la source	15925 m
Distance à la mer	1125 m
X	55,6927
Y	-21,0058



Date d'échantillonnage : 17-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,17 m/s	Nb de taxons total	22
Profondeur moy	30 cm	Nb de taxons Insectes	7
Largeur moy	7,83 m	Nb de taxons Mollusques	8
Supports :			
- Blocs	50 %		
- Pierres et galets	50 %		
FST min		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500) -	<i>Neritilia consimilis</i>
FST max		Taxons particuliers	- <i>Clithon longispina</i>
FST moy		Densité totale	1180 individus/m²

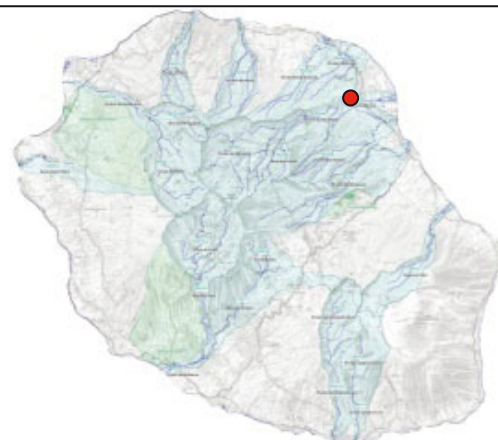
Station : PAN 2

Bassin versant : Rivière des Roches

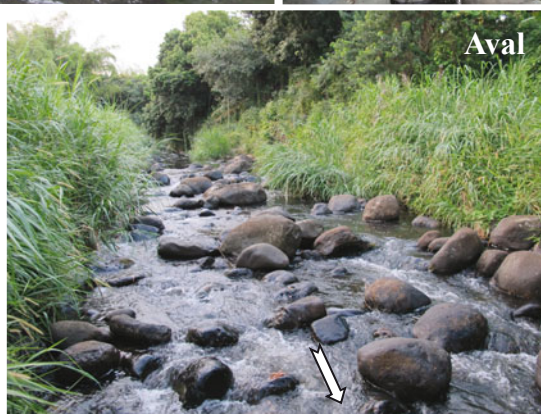
Rivière : Bras Panon

Lieu : Bras Pétard (Libéria)

Typologie	MP63-Versants au vent
Masse d'eau	FRLR09
Code Sandre	10136250
Altitude	40 m
Distance à la source	7150 m
Distance à la mer	3375 m
X	55,6712
Y	-21,0035



Date d'échantillonnage : 08-11-2011



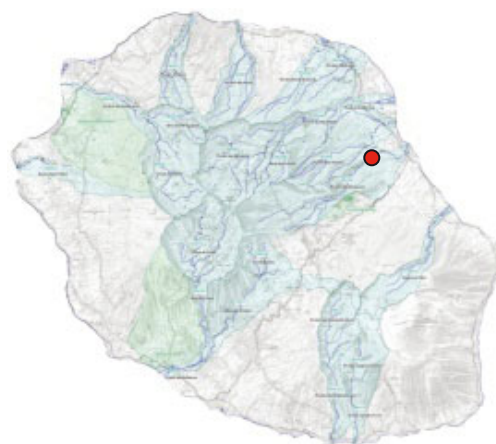
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,15 m/s	Nb de taxons total	35
Profondeur moy	30 cm	Nb de taxons Insectes	25
Largeur moy	8,76 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- Orthoclaudiinae
- Blocs	70 %	Taxons particuliers	- Atrichopogon sp.1
- Pierres et galets	20 %		- Culicinae
- Gravieres	10 %		- Enochrus sp. (l)
FST min			- Eoophyla sp. (l & n)
FST max			- Kempia sp.
FST moy			- Lispe sp.
			- Melanoides tuberculata
			- Microvelia bourbonensis
			- Orthetrum sp.
			- Oxyethira flagellata
			- Pseudagrion punctum
			- Stenochironomus sp.
			- Tinaria alternata
			- Trithemis annulata haematina
		Densité totale	2680 individus/m ²

Station : MAR 3

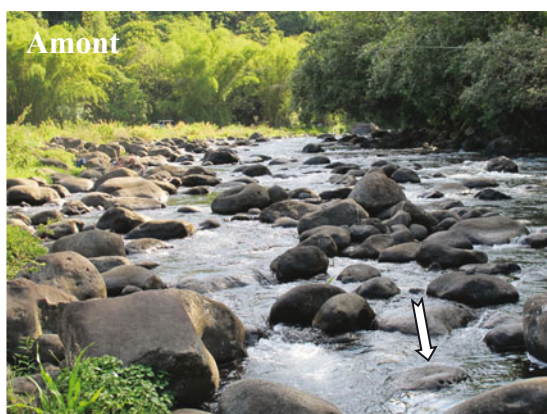
Rivière : Rivière des Marsouins

Lieu : Bethléem

Typologie	MP63 - Versants au vent
Masse d'eau	FRLR10
Code Sandre	10120170
Altitude	60 m
Distance à la source	31100 m
Distance à la mer	5350 m
X	55,6843
Y	-21,0403



Date d'échantillonnage : 16-11-2011



Aval



Milieu



Aval

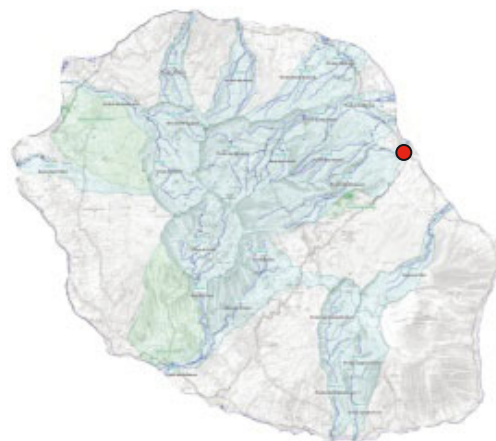
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,42 m/s	Nb de taxons total	20
Profondeur moy	31 cm	Nb de taxons Insectes	8
Largeur moy	22.67 m	Nb de taxons Mollusques	7
Supports :			
- Blocs	80 %		
- Pierres et galets	20 %		
FST min		Taxons abondants (n.bndiv/m²>500)	
FST max		Taxons particuliers	- <i>Clithon longispina</i> - <i>Stenochironomus</i> spp.
FST moy		Densité totale	1600 individus/m²

Station : MAR 4

Rivière : Rivière des Marsouins

Lieu : Saint-Benoit

Typologie	MP63 - Versants au vent
Masse d'eau	FRLR10
Code Sandre	10120180
Altitude	5 m
Distance à la source	35925 m
Distance à la mer	350 m
X	55,714
Y	-21,0364



Date d'échantillonnage : 16-11-2011



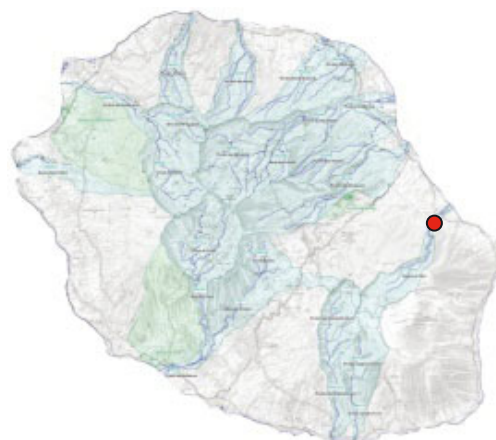
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,26 m/s	Nb de taxons total	21
Profondeur moy	34 cm	Nb de taxons Insectes	9
Largeur moy	30,13 m	Nb de taxons Mollusques	6
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	- <i>Clithon longispina</i> - <i>Eoophyla</i> sp. (l & n) - <i>Microvelia bourbonensis</i> - <i>Oxyethira flagellata</i>
- Blocs	50 %	Densité totale	1441 individus/m ²
FST min			
FST max			
FST moy			

Station: EST

Rivière : Est

Lieu : Aval pont RN2

Typologie	MP63 - Versants au vent
Masse d'eau	FRLR11
Code Sandre	10050180
Altitude	150 m
Distance à la source	15950 m
Distance à la mer	3250 m
X	55,7509
Y	-21,121



Date d'échantillonnage : 22-11-2011



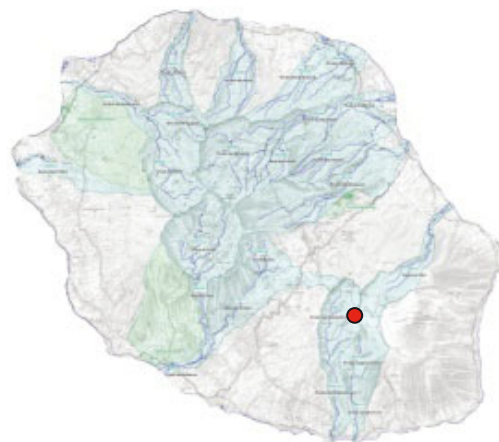
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,28 m/s	Nb de taxons total	15
Profondeur moy	25 cm	Nb de taxons Insectes	10
Largeur moy	9,70 m	Nb de taxons Mollusques	2
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	
- Blocs	40 %	Taxons particuliers	- <i>Nigrobaetis colonus</i>
- Pierres et galets	40 %	Densité totale	1575 individus/m²
- Gravier	20 %		
FST min	0		
FST max	11		
FST moy	5		

Station : LAN 1

Rivière : Rivière Langevin

Lieu : Cap Blanc

Typologie	P61 - Cirques au vent (réception)
Masse d'eau	FRLR12
Code Sandre	10015225
Altitude	685 m
Distance à la source	5250 m
Distance à la mer	11850 m
X	55,6473
Y	-21,2912



Date d'échantillonnage : 23-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,15 m/s	Nb de taxons total	23
Profondeur moy	26 cm	Nb de taxons Insectes	19
Largeur moy	7,29 m	Nb de taxons Mollusques	3
Supports :		Taxons abondants (n.indiv/m ² >500)	- Orthocladiinae - <i>Helisoma duryi</i>
- Blocs	40 %	Taxons particuliers	- <i>Coenagriocnemis reuniense</i> - <i>Oxyethira flagellata</i> (l & n) - Psychodidae sp. 1 - <i>Tipula</i> spp.
- Pierres et galets	30 %		
- Gravieres	30 %		
FST min		Densité totale	6796 individus/m ²
FST max			
FST moy			

Station : LAN 3

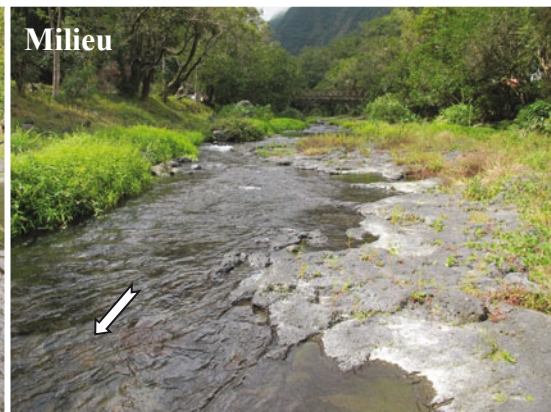
Rivière : Rivière Langevin

Lieu : Passerelle

Typologie	M61 - Cirques au vent (couloir)
Masse d'eau	FRLR13
Code Sandre	10010150
Altitude	270 m
Distance à la source	10800 m
Distance à la mer	5750 m
X	55,6419
Y	-21,3337



Date d'échantillonnage : 23-11-2011



Caractérisation de la station en 2010

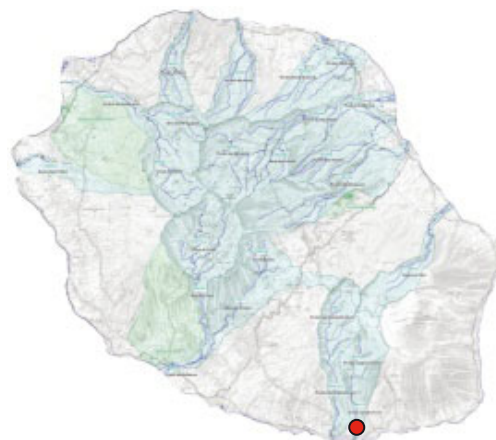
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,24 m/s	Nb de taxons total	22
Profondeur moy	29 cm	Nb de taxons Insectes	15
Largeur moy	8,88 m	Nb de taxons Mollusques	4
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	
- Dalles et argiles	40 %	Taxons particuliers	- <i>Microvelia bourbonensis</i>
- Blocs	30 %		- <i>Rhagovelia infernalis infernalis</i>
- Pierres et galets	30 %		- <i>Stenochironomus</i> spp.
FST min			- <i>Zygonix torridus</i>
FST max		Densité totale	1655 individus/m ²
FST moy			

Station: LAN 4

Rivière : Rivière Langevin

Lieu: Bassin Tamarin

Typologie	M61 - Cirques au vent (couloir)
Masse d'eau	FRLR13
Code Sandre	10010185
Altitude	40 m
Distance à la source	15850 m
Distance à la mer	650 m
X	55,6464
Y	-21,3787



Date d'échantillonnage : 25-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,20 m/s	Nb de taxons total	27
Profondeur moy	28 cm	Nb de taxons Insectes	18
Largeur moy	5,47 m	Nb de taxons Mollusques	2
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500) -	Oligochaeta
- Pierres et galets	40 %		- <i>Helobdella europaea</i>
- Algues	40 %	Taxons particuliers	- <i>Anax imperator mauricianus</i>
- Dalles et argiles	20 %		- <i>Atrichopogon</i> sp. 3
FST min			- <i>Crocothemis</i> spp.
FST max			- <i>Laccobius</i> spp. (l)
FST moy			- <i>Oxyethira flagellata</i> (l & n)
			- <i>Trithemis annulata haematina</i>
			- <i>Zygonix torridus</i>
		Densité totale	7677 individus/m²

Station : REM

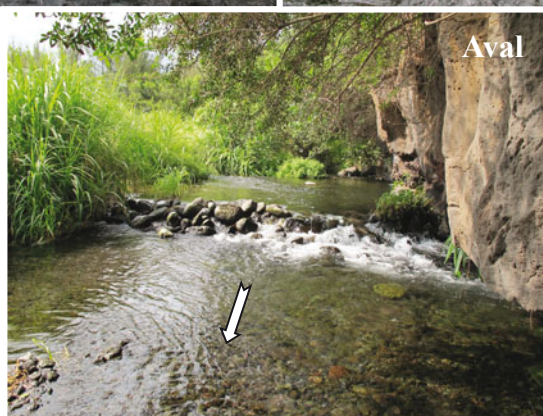
Rivière : Remparts

Lieu : L' Abattoir (Embouchure)

Typologie	M61 - Cirques au vent (couloir)
Masse d'eau	FRLR15
Code Sandre	10000190
Altitude	10 m
Distance à la source	21850 m
Distance à la mer	450 m
X	55,6187
Y	-21,3832



Date d'échantillonnage : 22-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,51 m/s	Nb de taxons total	22
Profondeur moy	25 cm	Nb de taxons Insectes	10
Largeur moy	4,56 m	Nb de taxons Mollusques	6
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	- <i>Enochrus</i> sp. - <i>Microvelia bourbonensis</i> - <i>Rhagovelia infernalis infernalis</i>
- Gravier	40 %		
- Blocs	10 %		
FST min		Densité totale	2485 individus/m²
FST max			
FST moy			

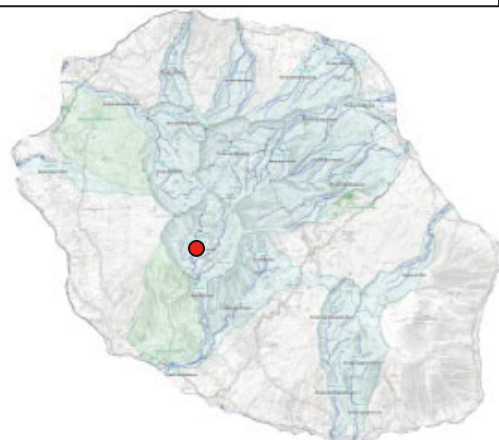
Station : BEN

Bassin-versant : Rivière St-Etienne

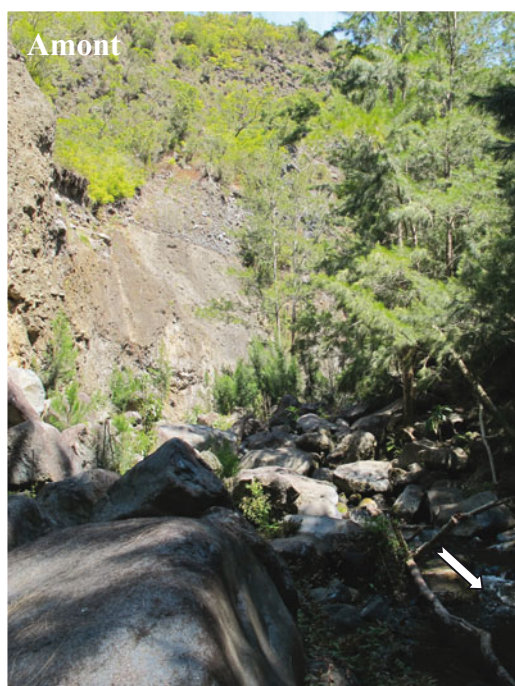
Rivière : Bras de Benjoin

Lieu : Sentier trois mares à Bras Sec

Typologie	P62 - Cirques sous le vent (réception)
Masse d'eau	FRLR18
Code Sandre	10606520
Altitude	1050 m
Distance à la source	3225 m
Distance à la mer	18950 m
X	55,4832
Y	-21,1344



Date d'échantillonnage : 03-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,16 m/s	Nb de taxons total	33
Profondeur moy	27 cm	Nb de taxons Insectes	25
Largeur moy	4,86 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- Orthocladinae - <i>Physella acuta</i>
- Blocs	60 %	Taxons particuliers	- <i>Atrichopogon</i> sp. 1 & sp. 2 - <i>Coenagriocnemis reuniense</i> - <i>Dineutus</i> sp. (l) - <i>Eoophyla</i> sp. (l) - <i>Kempia</i> sp. - <i>Microvelia bourbonensis</i> - <i>Nephrotoma</i> sp. - <i>Oxyethira flagellata</i> (l & n)
- Pierres et galets	30 %		
- Algues	10 %		
FST min		Densité totale	6112 individus/m ²
FST max			
FST moy			

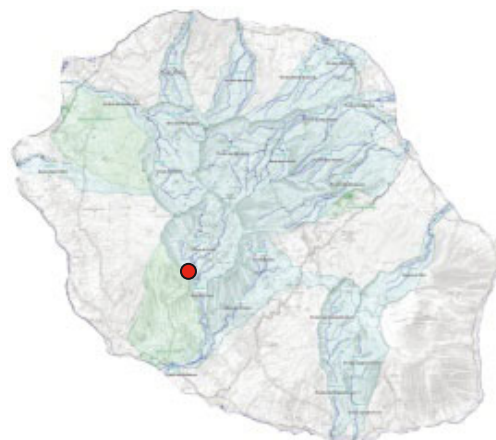
Station : CIL 1

Bassin-versant : Rivière St-Etienne

Rivière : Grand bras de Cilaos

Lieu : Pavillon

Typologie	P62 - Cirques sous le vent (réception)
Masse d'eau	FRLR18
Code Sandre	10600170
Altitude	370 m
Distance à la source	13325 m
Distance à la mer	17450 m
X	55,44 96
Y	-21,1886



Date d'échantillonnage : 04-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,41 m/s	Nb de taxons total	28
Profondeur moy	26 cm	Nb de taxons Insectes	20
Largeur moy	8,44 m	Nb de taxons Mollusques	4
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	- Orthocladinae - Ostracoda
- Pierres et galets	60 %	Taxons particuliers	- <i>Dineutus</i> sp. (l) - Eriopterini - <i>Laccobius starmühlneri</i> (a) - Psychodidae sp. 1 - <i>Trithemis annulata haemitina</i> - <i>Zygonix torridus</i>
- Sables et limons	20 %		
- Algues	20 %		
FST min		Densité totale	11563 individus/m²
FST max			
FST moy			

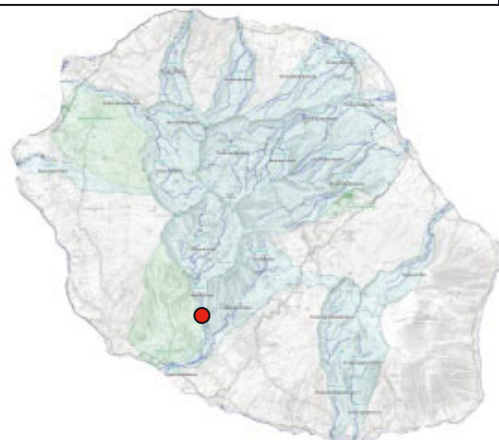
Station : CIL 2

Bassin-versant : Rivière St-Etienne

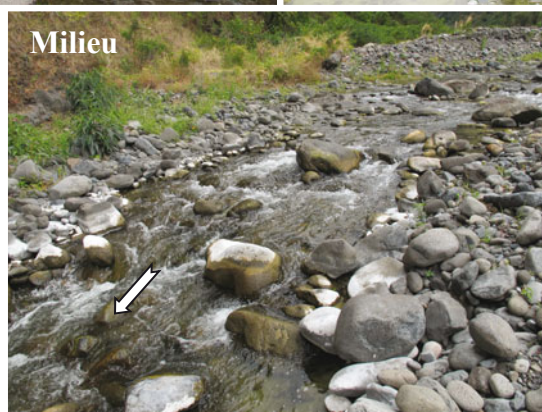
Rivière : Grand bras de Cilaos

Lieu : Îlet Furcy

Typologie	M62 - Cirques sous le vent (couloir)
Masse d'eau	FRLR19
Code Sandre	10600180
Altitude	200 m
Distance à la source	20350 m
Distance à la mer	10700 m
X	55,4547
Y	-21,2392



Date d'échantillonnage : 03-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,25 m/s	Nb de taxons total	30
Profondeur moy	16 m	Nb de taxons Insectes	17
Largeur moy	7,40 m	Nb de taxons Mollusques	6
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	- <i>Hydroptila grucheti</i> (l & n)
- Pierres et galets	60 %		- Orthocladiinae
- Blocs	20 %		- Ostracoda
- Sables et limons	20 %		- Oligochaeta
FST min		Taxons particuliers	- <i>Physella acuta</i>
FST max			- <i>Atrichopogon</i> sp. 3
FST moy			- <i>Dineutus</i> sp. (l)
			- <i>Lispe</i> sp.
			- <i>Laccobius mascarensis</i> (a)
			- <i>Microvelia bourbonensis</i>
			- <i>Rhagovelia infernalis infernalis</i>
			- <i>Zygonyx torridus</i>
		Densité totale	16472 individus/m²

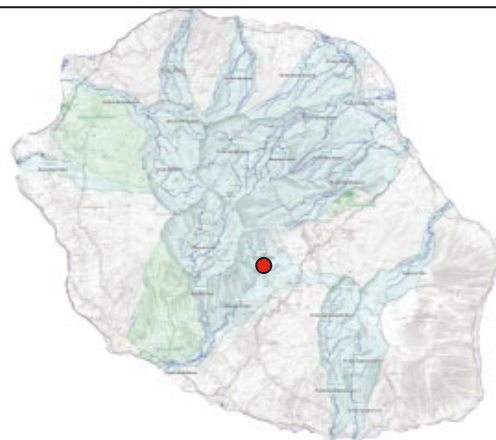
Station : PLA 1

Bassin-versant : Rivière St-Etienne

Rivière : Bras de Ste-Suzanne

Lieu : Grand Bassin

Typologie	P62 - Cirques sous le vent (réception)
Masse d'eau	FRLR16
Code Sandre	10610210
Altitude	600 m
Distance à la source	5300 m
Distance à la mer	20525 m
X	55,5302
Y	-21,1854



Date d'échantillonnage : 14-11-2011



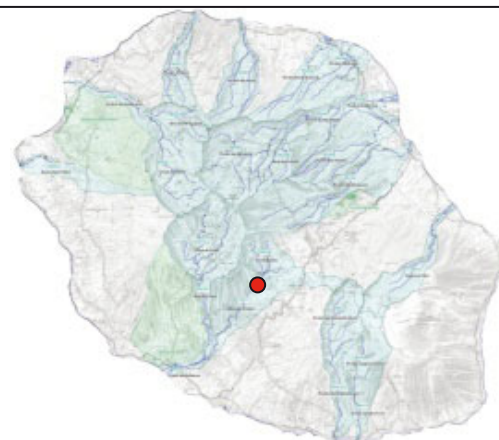
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,36 m/s	Nb de taxons total	27
Profondeur moy	48 cm	Nb de taxons Insectes	17
Largeur moy	6,81 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500) - <i>Hydroptila kieneri</i> (1 & n)	
- Pierres et galets	70 %	Taxons particuliers	
- Gravier	25 %	- <i>Dineutus</i> sp. (1)	
- Blocs	5 %	- <i>Eoophyla</i> sp. (1 & n)	
FST min	0	- <i>Microvelia bourbonensis</i>	
FST max	20	- <i>Oxyethira flagellata</i> (n)	
FST moy	11	- <i>Stenochironomus</i> sp.	
	6	- <i>Zygonix torridus</i>	
	20	Densité totale	4093 individus/m ²

Station : PLA 2

Bassin-versant : Rivière St-Etienne

Rivière : Bras de la Plaine

Lieu : Amont captage SAPHIR



Typologie	M62 - Cirques sous le vent (couloir)
Masse d'eau	FRLR17
Code Sandre	10610240
Altitude	420 m
Distance à la source	10125 m
Distance à la mer	15950 m
X	55,5079
Y	-21,2111

Date d'échantillonnage : 15-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,83 m/s	Nb de taxons total	21
Profondeur moy	25 cm	Nb de taxons Insectes	16
Largeur moy	11,47 m	Nb de taxons Mollusques	4
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- Orthocladiinae - <i>Hydropsyche mokaensis</i>
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	- <i>Dineutus</i> sp. (1) - <i>Eoophyla</i> sp. - <i>Nigrobaeatis colonus</i> - <i>Zygonix torridus</i>
- Blocs	40 %		
- Gravier	10 %		
FST min		Densité totale	6272 individus/m ²
FST max			
FST moy			

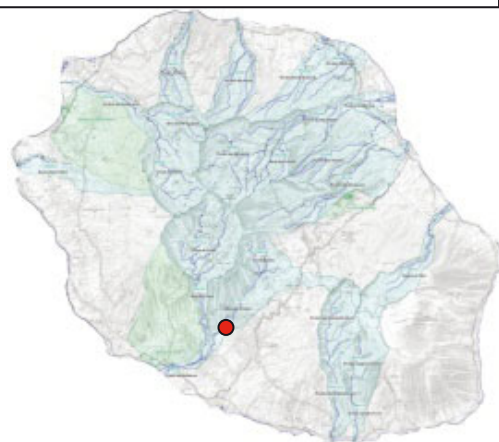
Station : PLA 3

Bassin-versant : Rivière St-Etienne

Rivière : Bras de la Plaine

Lieu : Petite ravine (aval puits AEP)

Typologie	M62 - Cirques sous le vent (couloir)
Masse d'eau	FRLR17
Code Sandre	10610250
Altitude	350 m
Distance à la source	11750 m
Distance à la mer	14850 m
X	55,4995
Y	-21,2284



Date d'échantillonnage : 15-11-2011



Caractérisation de la station en 2010

Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,43 m/s	Nb de taxons total	22
Profondeur moy	30 cm	Nb de taxons Insectes	12
Largeur moy	5,74 m	Nb de taxons Mollusques	5
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- Oligochaeta - Orthocladiinae
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	- Laccobius spp. (l) - Microvelia bourbonensis - Psychodidae sp. 1 - Talitridae - Zygonix torridus
- Blocs	40 %		
- Gravier	10 %	Densité totale	5559 individus/m ²
FST min			
FST max			
FST moy			

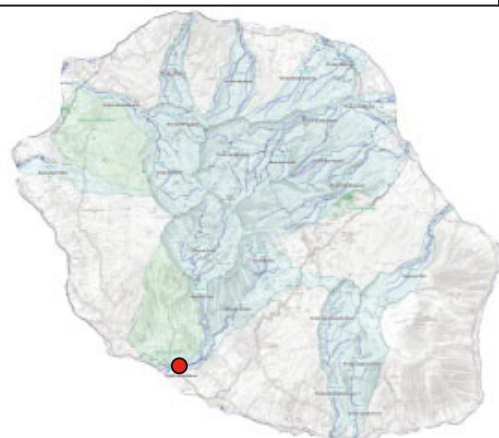
Station : SET

Bassin-versant : Rivière St-Etienne

Rivière : Rivière St-Etienne

Lieu : Embouchure Pont RN 1

Typologie	M62 - Cirques sous le vent (couloir)
Masse d'eau	FRLR20
Code Sandre	10610160
Altitude	40 m
Distance à la source	29300 m
Distance à la mer	1575 m
X	55,4215
Y	-21,2952



Date d'échantillonnage : 03-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,39 m/s	Nb de taxons total	29
Profondeur moy	20 cm	Nb de taxons Insectes	17
Largeur moy	6,52 m	Nb de taxons Mollusques	6
Supports :		Taxons abondants (n.indiv/m ² >500)	- Orthocladinae - Oligochaeta - Physella acuta
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	- Atrichopogon sp. 3 - Forcipomyia sp. - Hydrellia spp. - Laccobius spp. (1) - Microvelia bourbonensis - Rhagovelia infernalis infernalis - Zygonyx torridus
- Blocs	30 %		
- Litière	20 %		
FST min		Densité totale	9317 individus/m ²
FST max			
FST moy			

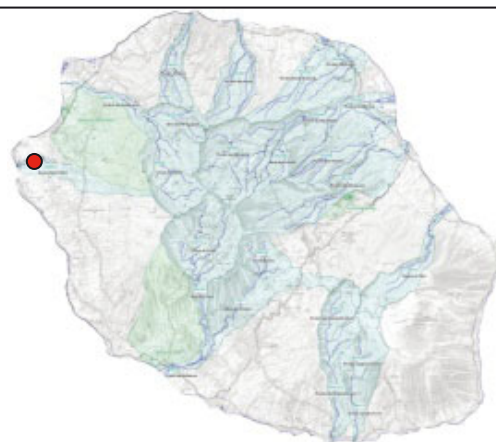
Station : SGI

Bassin versant : Ravine St-Gilles

Rivière : Saint-Gilles

Lieu : Captage du Verrou

Typologie	MP64 - Versants sous le vent (sud-ouest sec)
Masse d'eau	FRLR21
Code Sandre	10510550
Altitude	40 m
Distance à la source	11850 m
Distance à la mer	2175 m
X	55,2399
Y	-21,0481



Date d'échantillonnage : 13-11-2011



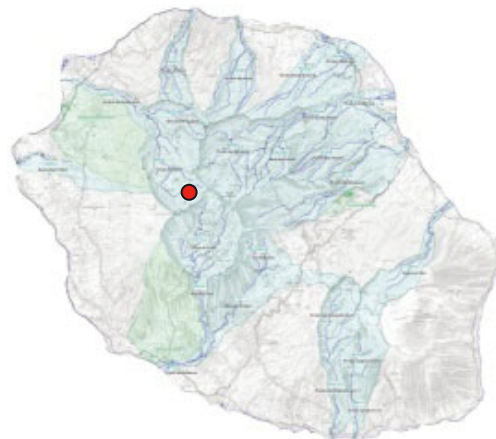
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,28 m/s	Nb de taxons total	23
Profondeur moy	35 cm	Nb de taxons Insectes	9
Largeur moy	4,45 m	Nb de taxons Mollusques	6
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	
- Pierres et galets	60 %	Taxons particuliers	- <i>Atyoda serrata</i>
- Blocs	30 %		- <i>Eoophyla</i> sp.
- Gravier	10 %		- <i>Melanoides tuberculata</i>
FST min			- <i>Microvelia bourbonensis</i>
FST max		Densité totale	1320 individus/m²
FST moy			

Station : GAL 1

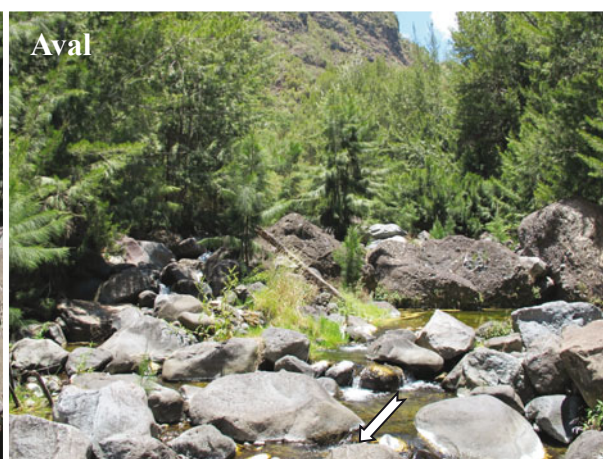
Rivière : Galets

Lieu : Marlat

Typologie	P62 - Cirques sous le vent (réception)
Masse d'eau	FRLR22
Code Sandre	10400120
Altitude	1400 m
Distance à la source	1850 m
Distance à la mer	28550 m
X	55,4348
Y	-21,0929



Date d'échantillonnage : 28-11-2011

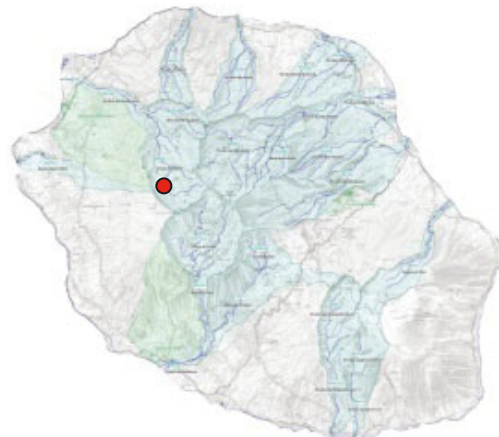


Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,20 m/s	Nb de taxons total	29
Profondeur moy	31 cm	Nb de taxons Insectes	21
Largeur moy	6,48 m	Nb de taxons Mollusques	2
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	- Orthocladiinae - Tr. Tanytarsini - Oligochaeta
- Blocs	40 %	Taxons particuliers	- <i>Coenagriocnemis reuniense</i> - Corixidae - Dytiscinae (1) - <i>Kempia</i> sp. - <i>Oxyethira flagellata</i>
- Dalles et argiles	40 %		
- Algues	20 %		
FST min		Densité totale	19256 individus/m ²
FST max			
FST moy			

Station : GAL 2

Rivière : Galets
Lieu : Trois Roches

Typologie	P62 - Cirques sous le vent (réception)
Masse d'eau	FRLR22
Code Sandre	10400140
Altitude	1200 m
Distance à la source	4600 m
Distance à la mer	25575 m
X	55,4137
Y	-21,0908



Date d'échantillonnage : 28-11-2011



Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,22 m/s	Nb de taxons total	27
Profondeur moy	21 cm	Nb de taxons Insectes	18
Largeur moy	7,03 m	Nb de taxons Mollusques	1
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	<ul style="list-style-type: none"> - Tr. Tanytarsini - Orthocladiinae - Oligochaeta - <i>Physella acuta</i> - <i>Hydropsyche mokaensis</i>
- Blocs	40 %	Taxons particuliers	<ul style="list-style-type: none"> - Corixidae - <i>Dineutus</i> sp. (l) - <i>Kempia</i> sp. - <i>Laccobius starmühlneri</i> (a) - <i>Oecetis</i> sp.
- Gravier	30 %		
- Sables et limons	30 %		
FST min		Densité totale	38124 individus/m ²
FST max			
FST moy			

Station: GAL3

Rivière : Galets

Lieu : Amont captage ILO

Typologie	P62 - Cirques sous le vent (réception)
Masse d'eau	FRLR22
Code Sandre	10400180
Altitude	300 m
Distance à la source	14425 m
Distance à la mer	15775 m
X	55,4035
Y	-21,0212



Date d'échantillonnage : 24-11-2011

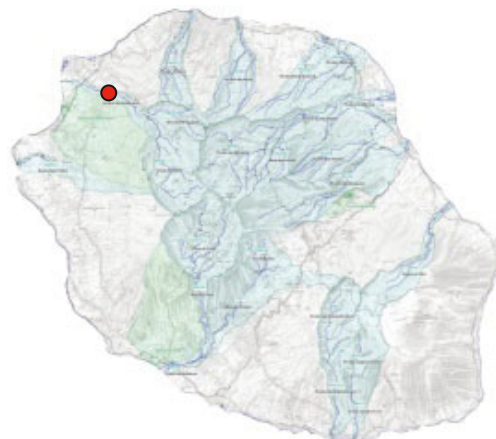


Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,30 m/s	Nb de taxons total	21
Profondeur moy	18 cm	Nb de taxons Insectes	14
Largeur moy	10,63 m	Nb de taxons Mollusques	3
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m²>500)	- Orthocladiinae - Hydropsyche mokaensis - Physella acuta
- Pierres et galets	40 %	Taxons particuliers	- Laccobius spp. (l)
- Gravier	30 %		
- Sables et limons	30 %	Densité totale	6684 individus/m²
FST min			
FST max			
FST moy			

Station : GAL 4

Rivière : Galets
Lieu : Ilet Malidé

Typologie	M62 - Cirques sous le vent (couloir)
Masse d'eau	FRLR24
Code Sandre	10410150
Altitude	120 m
Distance à la source	24500 m
Distance à la mer	6100 m
X	55,3313
Y	-20,9694



Date d'échantillonnage : 24-11-2011

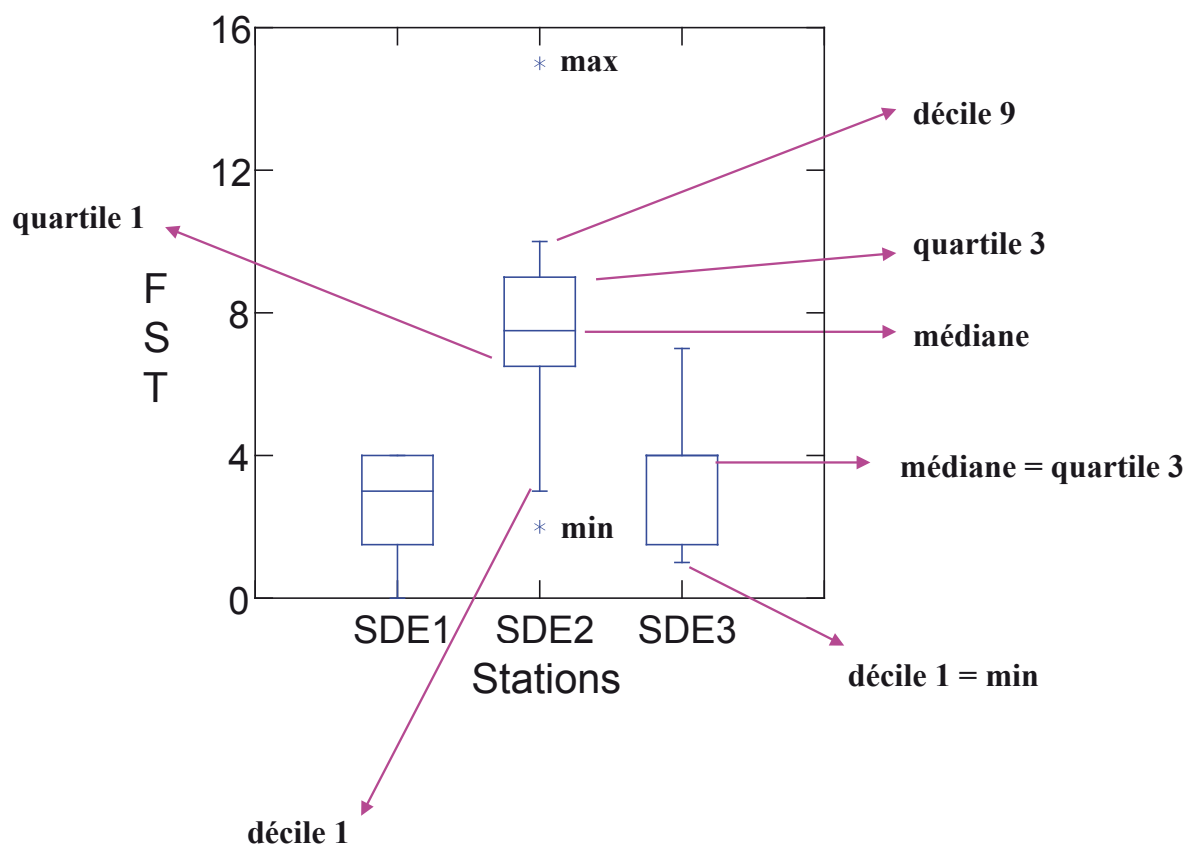


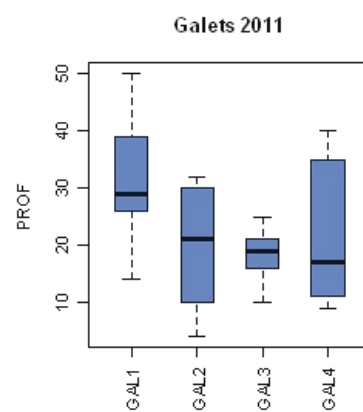
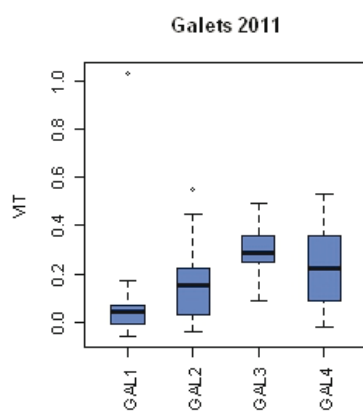
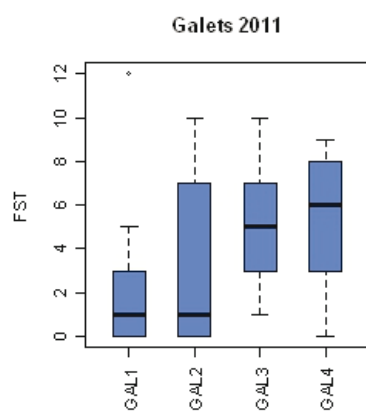
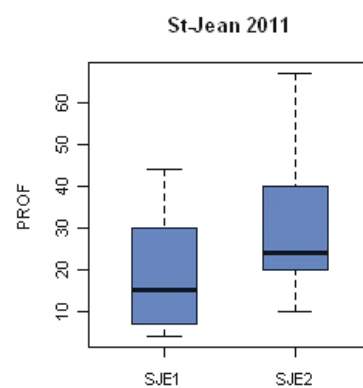
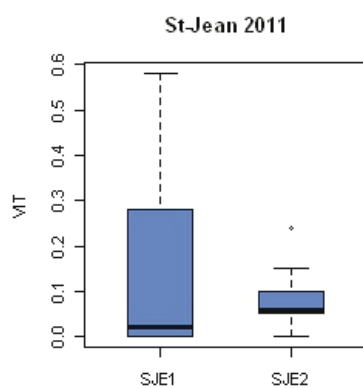
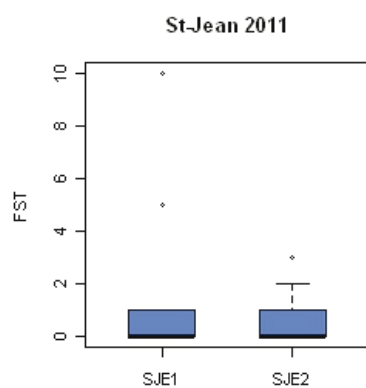
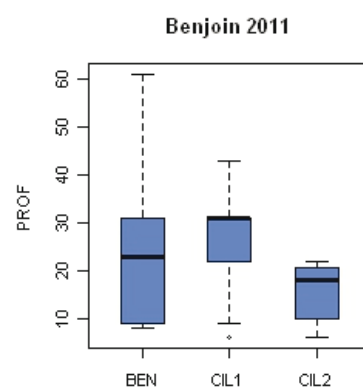
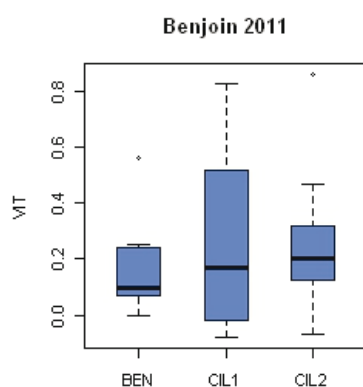
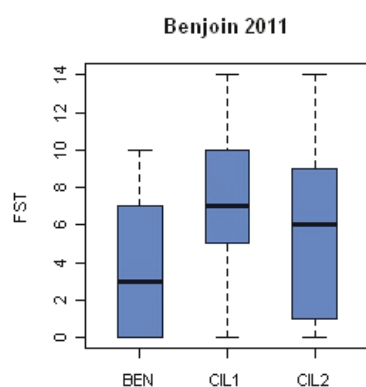
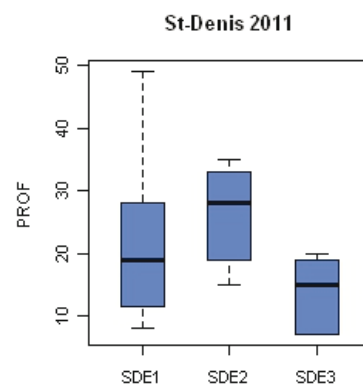
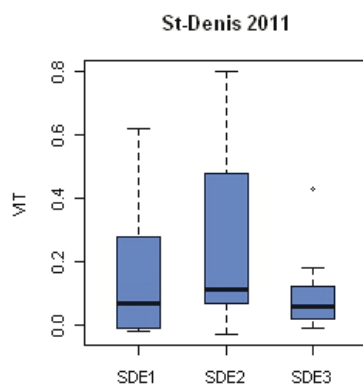
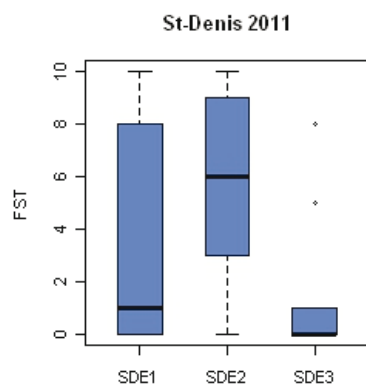
Caractérisation de la station en 2010			
Physique		Faunistique	
Vitesse moy	0,25 m/s	Nb de taxons total	34
Profondeur moy	20 cm	Nb de taxons Insectes	16
Largeur moy	23,66 m	Nb de taxons Mollusques	3
Supports :		Taxons abondants (nb.indiv/m ² >500)	<ul style="list-style-type: none"> - Oligochaeta - Orthocladiinae - <i>Hydroptila grucheti</i> (l & n) - Simuliidae - <i>Lymnaea natalensis</i>
- Pierres et galets	50 %	Taxons particuliers	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Atrichopogon</i> sp.3 - <i>Dineutus aereus</i> (a) - <i>Dineutus</i> sp. (l) - <i>Enochrus</i> sp. (l) - <i>Laccobius</i> spp. (l) - <i>Rhagovelia infernalis infernalis</i> - <i>Zygonix torridus</i>
- Blocs	25 %		
- Gravieres	25 %		
FST min		Densité totale	43213 individus/m ²
FST max			
FST moy			

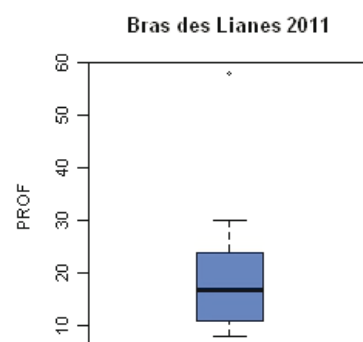
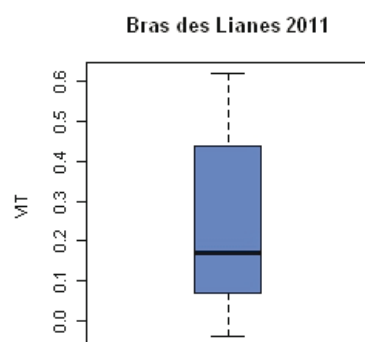
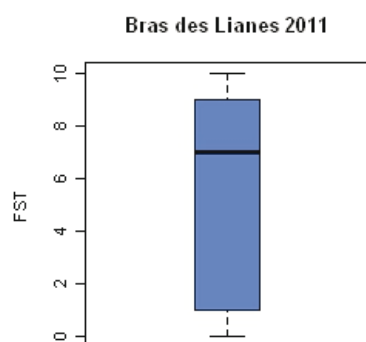
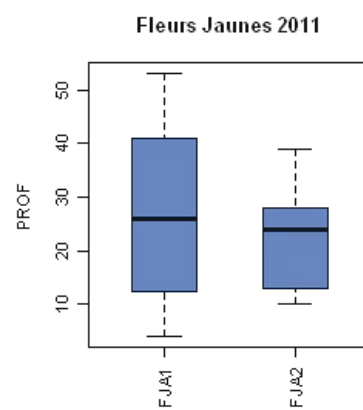
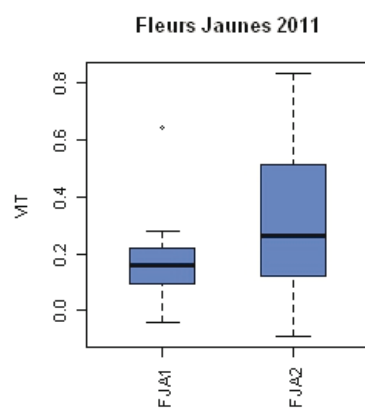
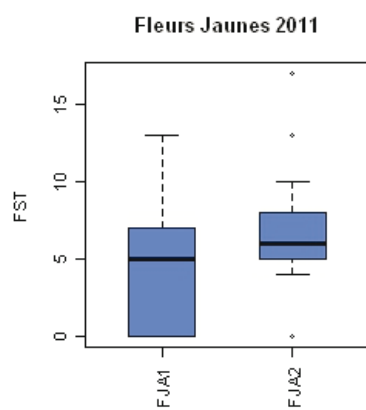
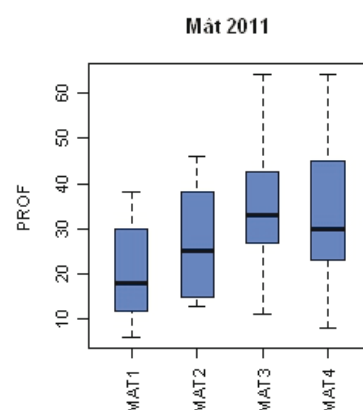
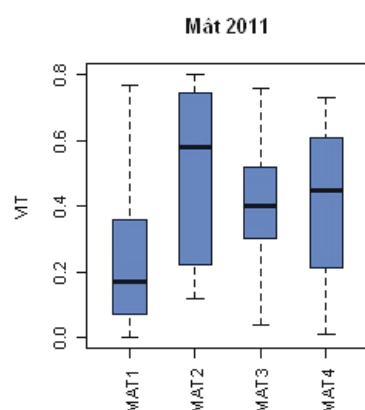
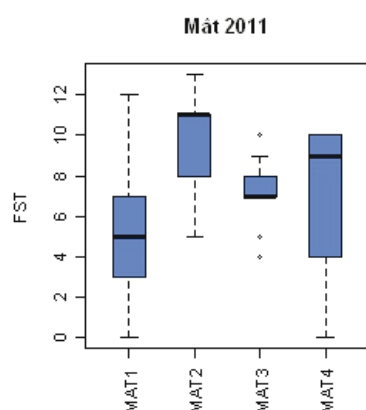
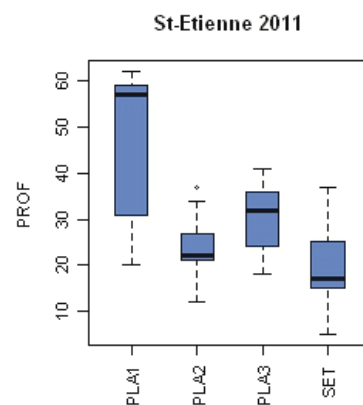
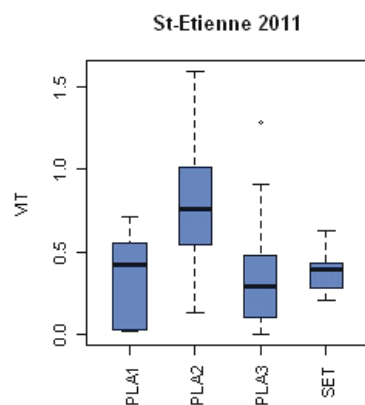
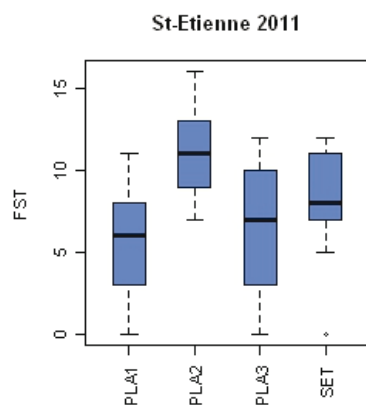
Annexe 2 : Typologie des Masses d'eau du bassin de la Réunion d'après l'arrêté du JO du 2 février 2010.

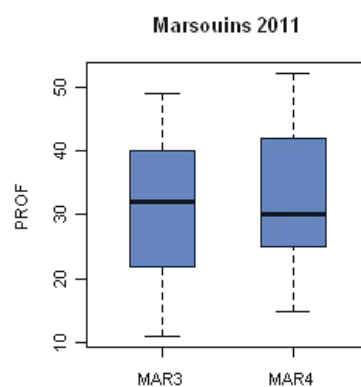
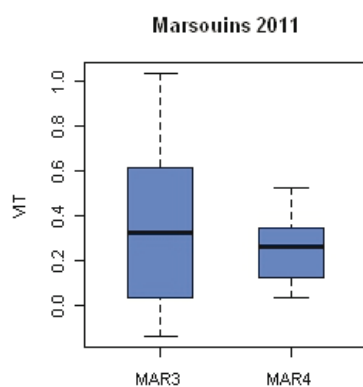
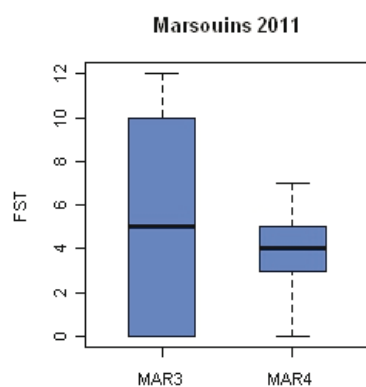
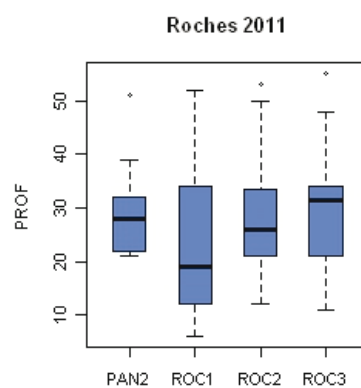
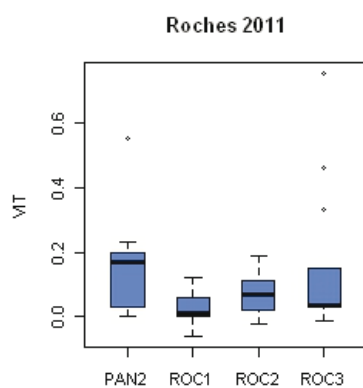
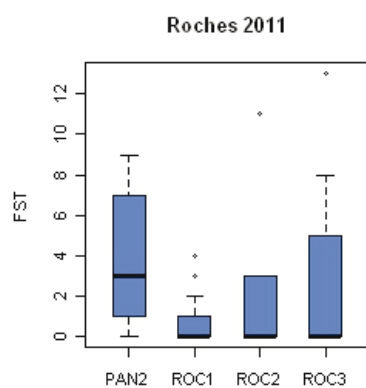
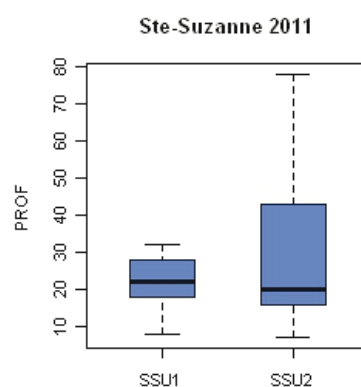
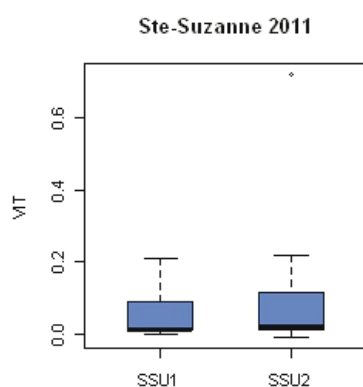
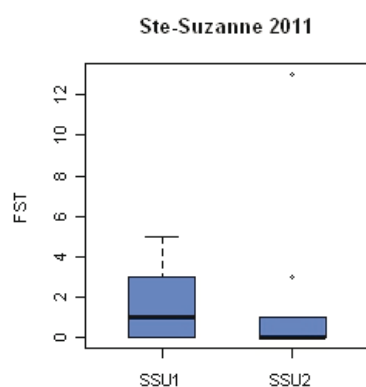
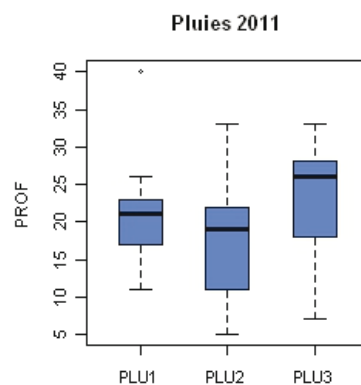
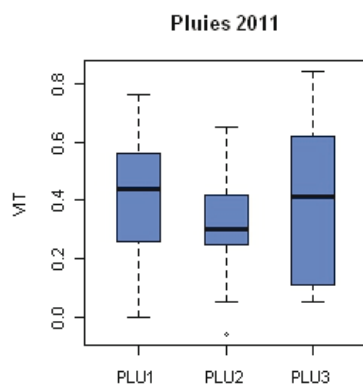
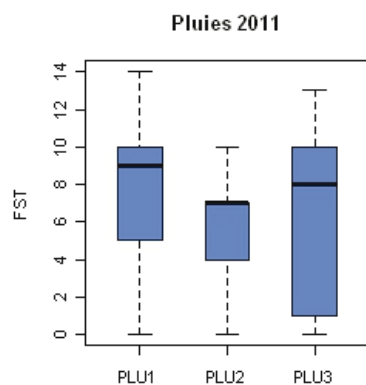
d'après arrêté 12/01/10 délimitation ME			
Hydroécorégion entre () autre dénomination	n° HER	Types de masses d'eau cours d'eau	
		Code mnémonique du type	Libellé du type
Cirques au vent (Cirques sud et est au vent)	1	P61	Petits cours d'eau des cirques au vent à la Réunion
		M61	Cours d'eau moyens des cirques au vent à la Réunion
Cirques sous le vent (Cirques sud ouest sous le vent)	2	P62	Petits cours d'eau des cirques sous le vent à la Réunion
		M62	Cours d'eau moyens des cirques sous le vent à la Réunion
Versants au vent	3	MP63	Cours d'eau des versants au vent à la Réunion
Versants sous le vent (Versants sud-ouest secs)	4	MP64	Cours d'eau des versants sous le vent à la Réunion

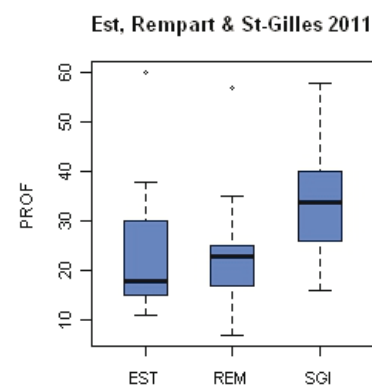
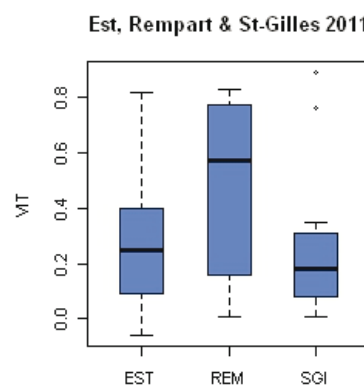
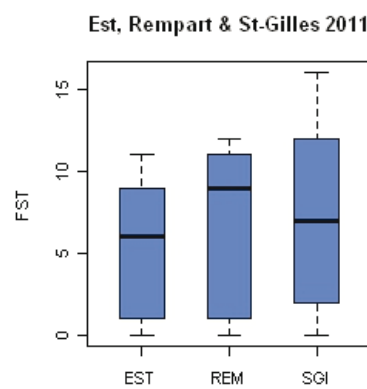
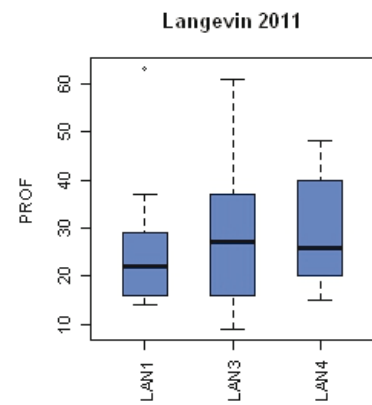
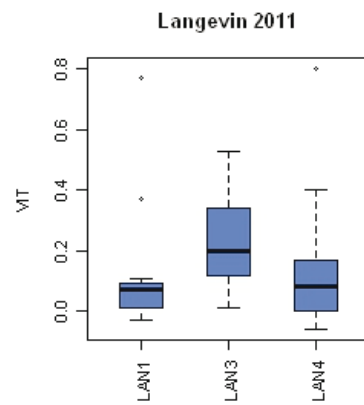
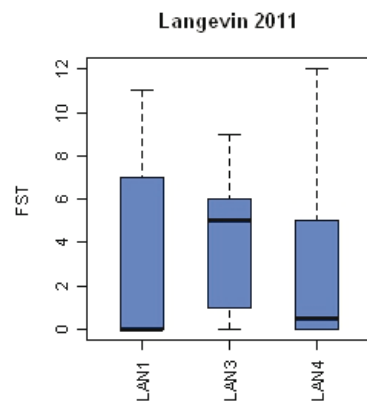
Annexe 3 : Représentation graphique des forces de cisaillement (FST), des vitesses moyennes du courant et des profondeurs mesurées pour chaque prélèvement effectué sur chacune des stations au cours de la campagne 2011. Les stations sont présentées sur le gradient amont-aval de chaque rivière. Les rivières de St-Gilles, des Remparts et de l'Est, avec une seule station échantillonnée, sont représentées sur le même graphe.











Annexe 4 : Abondance des taxons récoltés dans chacune des 40 stations au cours de cette campagne d'échantillonnage.

[illegible]

Annexe 5 : Fiche technique d'utilisation de la fonction IRM_v0 sous R.

FICHE TECHNIQUE D'UTILISATION DE LA FONCTION

IRM_v0 sous 

v0.1.4 (27 juin 2012)

Contenu

Introduction	2
Etapes préliminaires	3
Arguments de la fonction	3
Arguments à renseigner	4
Arguments pré-renseignés	5
Utilisation de la fonction	7
Etapas pratiques	7
Remarques	8
Code de la fonction	9

Introduction

Ce document détaille le fonctionnement de la fonction `IRM_v0` qui sert à calculer l'Indice Réunion Macroinvertébrés (IRM) dans sa version 0 (Rapport CNRS, 2012¹). Cette fiche suppose que l'utilisateur connaît le fonctionnement de base du logiciel R² et ne présente donc que les éléments essentiels de la fonction. En plus de la distribution de base de R dans sa version 2.15.0, cette fonction utilise les packages `ade4`³, `vegan`⁴ et `mefa`⁵ qui sont directement chargés par le code de la fonction (l'utilisateur n'a pas à s'occuper de charger en mémoire ces packages). Néanmoins, si ces packages n'ont pas encore été installés par l'utilisateur, copier/coller le code ci-dessous dans la console pour lancer l'installation :

```
install.packages("ade4")  
install.packages("vegan")  
install.packages("mefa")
```

La compilation du code R a été réalisée sous Windows 7. L'encodage des caractères peut poser problème sous MacOS notamment pour les accents. Une version sans accent du script a été générée : `IRM_v0_MacOS.r` dont l'utilisation n'est en rien modifiée par rapport à la fonction `IRM_v0_MacOS.r` (ex : le nom de la fonction dans R reste le même).

¹ **Rapport CNRS** (2012). Convention de recherche et développement. Office de l'eau de la Réunion-CNRS. Programme d'étude et de recherche 2008-2011. M. Forcellini, H. Grondin, C. Mathieu, N. Péru, M. Richarson, P. Sagnes, P. Usseglio-Polatera et P. Valade. Sous la direction scientifique de S. Méricoux et J-M. Olivier. Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques. UMR CNRS-LEHNA/ARDA, 506p.

² **R Development Core Team** (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

³ **Chessel, D., Dufour, A.B. et Thioulouse, J.** (2004): The ade4 package-I- One-table methods. R News. 4: 5-10.

⁴ **Oksanen, J., G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. Henry H. Stevens and H. Wagner** (2011). `vegan`: Community Ecology Package. R package version 2.0-2. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

⁵ **Solymos, P.** (2009). Processing Ecological Data in R with the mefa Package. Journal of Statistical Software 29(8), 1-28. URL <http://www.jstatsoft.org/v29/i08/>.

Etapas préliminaires

- Installer R dans sa version $\geq 2.15.0$ pour éviter d'éventuels problèmes d'incompatibilité.
- Placer les fichiers `IRM_v0.r` et `traitsReunion.csv` dans le dossier de travail R puis dans Rgui faire :

Fichier → *Sourcer du code R* et choisir le fichier `IRM_v0.r`

- Charger le fichier `traitsReunion.csv` (avec la fonction `read.csv` par exemple) dans un objet quelconque qui sera utilisé en lieu et place de l'argument `trait` de la fonction `IRM_v0`.

N.B. 1 : Le tableau de traits fourni avec la version actuelle de la fonction `IRM_v0.r` tient compte des taxons présents dans les campagnes de prélèvement effectuées entre 2008 et 2011 inclus. Tout nouveau taxon implique de compléter le tableau de traits contenu dans le fichier `traitsReunion.csv`.

N.B. 2 : les noms des catégories de trait et des traits sont rentrés sans accents (ex : « prédateur » et non « prédateur »).

Arguments de la fonction

La fonction comporte 16 arguments qui sont à renseigner (`ref`, `test`, `tabinforef`, `tabinfotest`, `trait`) ou le sont déjà par défaut (`choixmet`, `limclas`, `hyp`, `writcsv`, `eucl`, `log`, `met.typo`, `metrefecart`, `distmax`, `ecartr`, `ecartn`).

```
args(IRM_v0)
function (ref, test, tabinforef, tabinfotest, trait, choixmet = NULL,
  limclas = list(u = c(-100, -1, -0.55, -0.1, 0.5, 100), d = c(-100, -0.5,
  0.1, 0.55, 1, 100)), hyp = c("u", "d", "u", "d", "u", "u", "d", "d"),
  ,writcsv=TRUE, eucl=FALSE, log=FALSE, met.typo=FALSE, metrefecart=FALSE,
  distmax=FALSE, ecartr=FALSE, ecartn=FALSE,...)
```



faire attention aux dimensions des tableaux `ref`, `test`, `tabinforef`, `tabinfotest` et `trait` (Cf. tableau 1)

Tableau 1 : Récapitulatif des dimensions des tableaux de données. Le tableau permet d'illustrer les équivalences des nombres de lignes et de colonnes entre tableaux de données.

	nb. lignes	nb. colonnes
ref	n1	p
test	n2	p
tabinforef	n1	3
tabinfotest	n2	3
trait	p	k

Arguments à renseigner

- **ref & test** : tableaux à *n1* et *n2* sites x *p* taxons pour les sites de référence et « test » respectivement (Cf. tableau 2 pour un exemple). Noter également le format des noms des lignes qui doit contenir le nom de la station ainsi que la campagne.

Tableau 2 : Exemple de formatage pour les arguments `ref` et `L'exemple montre les données de densités de 10 taxons pour 6 campagnes de prélèvement dans deux sites de référence.`

```
head(ref)
      ANIS AROD ASER ATSP1 ATSP2 ATSP3 BWEB CBET CHSP CLIN
BEN.2008    0    0    0     2     1     0     0     0    47     2
BEN.2009    0    0    0     3     1     0     0     0     1    18
BEN.2010    0    0    0     0     0     0     0     0     0    23
CIL1.2008    0    0    0     0     0     0     0     0    33     0
CIL1.2009    0    0    0     0     0     0    40     0     2     0
CIL1.2010    0    0    0     0     0     0     1     0     5     0
```

- **tabinforef & tabinfotest** : tableaux à *n1* et *n2* sites pour les sites de référence et « test » respectivement. Chaque tableau comporte trois colonnes avec dans l'ordre (Cf. tableau 3 pour un exemple)
 1. une colonne avec des codes stations
 2. une colonne avec un code campagne
 3. une colonne avec typologie

Tableau 3 : Exemple de formatage pour les arguments `tabinforef` et `tabinfotest`. L'exemple montre les informations pour 6 campagnes de dans deux sites de référence (BEN ET CIL1).

```
head(tabinforef)
      c_sta camp c_HER2010
1      BEN 2008      P62
2      BEN 2009      P62
3      BEN 2010      P62
4     CIL1 2008      P62
5     CIL1 2009      P62
6     CIL1 2010      P62
```


- `trait` : tableau p taxons \times k traits avec les noms des modalités au croisement (Cf. tableau 4 pour un exemple)

Tableau 4 : Exemple de formatage pour l'argument `trait`. L'exemple montre les informations pour 6 taxons et 5 traits biologiques. Chaque trait comporte plusieurs modalités qui sont attribuées aux taxons. En cas d'absence de données la valeur « `<NA>` » est indiquée dans le tableau.

```
head(trait)
      courant      alim      type_alim      locom      respi
ANIS      <NA> prédateur      inv vivant  marcheur  branchies
AROD      limno  brouteur généraliste microphytes  rampant  tégument
ASER      <NA> collecteur      détritus algues  marcheur  branchies
ATSP1      <NA>      <NA>      <NA>  marcheur      <NA>
ATSP2      <NA>      <NA>      <NA>  marcheur      <NA>
ATSP3      <NA>      <NA>      <NA>  marcheur      <NA>
```

Arguments pré-renseignés

- `choixmet` : liste des métriques retenues dans le cadre de l'IRM v0 (Cf. Rapport CNRS, 2012¹). Le format des noms doit être respecté. Dans la version actuelle, cette liste est fixée dans le code de la fonction. Une modification de cet argument ne changera donc pas la sortie de la fonction `IRM_v0`. Cet argument est implémenté en vue d'une évolution de l'indice et d'une modification des métriques retenues.
- `limclas` : liste de deux éléments (u et d) qui fournit les valeurs des limites de classe d'écart à la référence pour les métriques dont l'impact induit une augmentation de la valeur (u) et celles dont l'impact induit une diminution de la valeur (d). Chaque élément comporte 6 valeurs qui permettent de délimiter 5 classes de qualité. Les valeurs -100 et 100 sont là pour assurer la prise en compte de très grands écarts à la référence.
- `hyp` : vecteur qui comporte autant de valeur que de métriques retenues dans l'indice (8 dans la version actuelle). Il indique le sens de variation de la métrique attendu en réponse à un impact (« u » pour « *up* », en cas d'augmentation ; « d » pour « *down* » en cas de diminution de la métrique). L'ordre des valeurs correspond à l'ordre des métriques fixé par l'argument `choixmet`. Cet argument bien que modifiable actuellement est tout de même fixé par la définition de l'IRM v0 (Rapport CNRS, 2012¹).
- `writcsv` : argument indiquant si un fichier .csv des résultats doit être produit dans le dossier de travail de R. Par défaut la valeur est « `FALSE` ». La sauvegarde des données a lieu si la valeur est passée à `TRUE`.

Les autres arguments permettent de tester les sorties de la fonction. Ce sont tous des arguments logiques qui sont actifs dans le code lorsque la valeur est passée à `TRUE`. Il faut bien noter ici qu'excepté `eucl` et `log`, tous ces arguments modifient la sortie de la fonction qui n'est alors plus un tableau de classe de qualité. Par conséquent, ils sont incompatibles entre eux et il faut bien veiller à n'avoir qu'un seul argument dont la valeur est `TRUE`.

- `eucl` : actuellement à `FALSE` par défaut car un forçage de la propriété euclidienne des matrices de distance existe déjà dans le calcul du coefficient de distance maximale. Cet argument permet d'avoir une distance Euclidienne via la fonction `my.as.dist`.
- `log` : actuellement à `FALSE` par défaut. Permet d'appliquer une transformation logarithmique (base e , $x+1$) aux métriques de densité.
- `met.typo` : actuellement à `FALSE` par défaut. Permet d'avoir la distribution des valeurs des métriques en les regroupant par type de la typologie.
- `metrefecart` : actuellement à `FALSE` par défaut. Permet d'avoir la distribution des écarts entre site de référence par type de la typologie.
- `distmax` : actuellement à `FALSE` par défaut. Permet d'avoir les coefficients de distance maximale par métrique et par type de la typologie.
- `ecartr` & `ecartn` : actuellement à `FALSE` par défaut. Ces deux arguments permettent d'obtenir respectivement les valeurs brutes (`ecartr`) et normalisées (`ecartn`) des écarts des sites tests à la référence.

Les sorties dues à ces arguments ne sont pas détaillées dans cette fiche. Charge à l'utilisateur d'en expérimenter l'utilisation.

Utilisation de la fonction

Etapas pratiques

La première étape est d'importer le tableau de traits fourni avec la fonction `IRM_v0.r`.

```
trait <- read.csv("traitsReunion.csv")
```

Si les objets contenant les données sont nommés par les noms des arguments de la fonction alors la commande suivante peut être exécutée :

```
MesResultats <- IRM_v0(ref,test,tabinforef,tabinfotest,trait,writescsv=TRUE)
```

Un message d'information indique à l'utilisateur que tout s'est bien déroulé et que les résultats sont disponibles dans le dossier de travail :

```
Fichier result_IRM.csv a été ajouté dans C:/Dossier_travail
```

On peut ensuite appeler les résultats. Ci-dessous un exemple pour trois métriques réalisé à partir des données de 2008-2011 (Cf. Rapport CNRS, 2012¹).

```
MesResultats[,1:4]
```

	Group.1	d_courant.limno	d_courant.rhéophile	d_courant.ubiquiste
M61.1	MAT4.2008	4	4	4
M61.2	MAT4.2009	4	4	4
M61.3	MAT4.2010	4	4	4
M61.4	REM.2008	4	4	4
M61.5	REM.2009	4	4	4
M61.6	REM.2010	4	4	4

La sortie de la fonction est constituée par un objet de classe `data.frame` à 10 colonnes. La première est une combinaison du code station et de l'année de la campagne de prélèvement. Les 8 suivantes sont les notes (/5) des campagnes pour chaque métrique. La dernière contient la note globale, somme des 8 notes de la campagne. A noter que le nom de ligne indique le type de la typologie utilisée correspondant au site échantillonné. Le numéro ajouté (en rouge dans l'exemple ci-dessus) est juste un indicateur du nombre de valeur par type ajouté par R pour éviter des répétitions dans les noms de ligne.

Remarques

En raison du découpage du réseau des sites de référence par type de masse d'eau, on se retrouve, dans l'état actuel (juin 2012) du réseau, avec des types ayant un très faible nombre de site pour l'évaluation de la référence (parfois un seul ; cf. Rapport CNRS, 2012¹). Ceci pose des problèmes de convergence à l'algorithme de la fonction `divcmax{ade4}` lorsque les valeurs des métriques sont très variables. Ainsi, dans les cas où le nombre de valeurs de référence est faible, la fonction `my.as.dist` contenue dans la fonction `IRM_v0` augmente artificiellement la taille de la matrice de distance inter-site de référence (pour une métrique donnée, dans un type de masse d'eau donné) en dupliquant le nombre observé de distance inter-site jusqu'à obtenir une matrice de distance (matrice carrée) qui contienne au moins 9 lignes (soit 72 valeurs de distance inter-site). Cette procédure permet le forçage de la convergence mais ne change en rien la valeur du coefficient de distance maximale obtenue dans les cas où l'algorithme converge « naturellement ».

Code de la fonction

Le code global de la fonction (fichier `IRM_v0.r`) est redonné ici à titre indicatif avec une coloration syntaxique obtenue à l'aide du logiciel Tinn-R⁶.

⁶ Tinn-R Editor – GUI for R Language and Environment, version 2.7.3.1 copyright 2001-2021, licence GNU-GPL

```

1  IRM_v0 <- function(ref, test, tabinfo, tabinfo, trait, choixmet=NULL, limclas=list(u=c(-100, -
2  1, -0.55, -0.1, 0.5, 100)), d=c(-100, -.5, .1, 0.55, 1, 100)), hyp =
3  c("u", "d", "u", "d", "u", "u", "d", "d"), writecsv=FALSE, eucl=FALSE, log=FALSE,
4  met.typos=FALSE, metrefecart=FALSE, distmax=FALSE, ecart=FALSE, ecartn=FALSE, ...){
5  #####
6  #####
7  #####CALCUL DE L'INDICE IRM_v0#####
8  #####IRM_v0.1.4#####
9  #####
10 #Compilée avec R 2.15.0
11 #Auteur : Nicolas PERU (nperu@free.fr)
12 #juin 2012
13
14 ####appel des packages R requis
15 require(vegan)
16 require(ade4)
17 require(mefa)
18
19 ##### ARGUMENTS DE LA FONCTION
20 #ref & test: tableaux n1 et n2 sites x p espèces.
21 #tabinfo & tabinfo: tableaux n1 et n2 sites à 3 colonnes avec dans l'ordre
22 # -1 une colonne des codes stations,
23 # -2 une colonne code campagne,
24 # -3 une colonne typologie
25 #limclas : définition des limites de classe suivant le sens attendu de variation de la
26 métrique en réponse à un impact
27 #trait, tableau p espèces x k traits avec les noms de modalités au croisement.
28 #####
29
30 #garde-fous
31 if(ncol(ref)!=ncol(test)) stop("ref et test doivent avoir le même nombre de colonnes")
32 if(nrow(ref)!=nrow(tabinfo)) stop("ref et tabinfo doivent avoir le même nombre de
33 lignes")
34 if(nrow(test)!=nrow(tabinfo)) stop("test et tabinfo doivent avoir le même nombre de
35 lignes")
36 if(nrow(trait)!=ncol(ref) | nrow(trait)!=ncol(test)) stop("Le tableau de traits doit avoir un
37 nombre de lignes égal au nombre de colonnes de ref et test")
38
39
40 #Dans la v0, le choix des métriques est fixé dans la fonction mais pourra à terme être inclus
41 dans les arguments.
42 choixmet <-
43 c("d_courant.limno", "d_courant.rheophile", "d_courant.ubiquiste", "d_alim.filt.file", "d_type_al
44 im.generaliste", "ric_courant.limno", "ric_respi.tegument", "S")
45
46 ####Fonctions utilitaires
47 #1
48 scale01 <- function (x)
49 {
50     xx <- as.matrix(x)
51     x01 <- as.numeric(xx > 0)
52     dim(x01) <- dim(xx)
53     x01 <- as.data.frame(x01)
54     names(x01) <- names(x)
55     row.names(x01) <- row.names(x)
56     return(x01)
57 }
58 #2
59 euclid <- function(A,B){
60 #à adapter si l'indice devait prendre la forme de combinaison de métriques
61 dis <- sqrt((A-B)^2)
62 signe <- sign(A-B) #ATTENTION on redonne un signe à la distance
63 dis_sign <- dis*signe
64 return(dis_sign)
65 }
66 #3
67 my.as.dist <- function(vec, nfac, di, dimax=20, eucl=TRUE, ...){
68 #####
69 #Construit une matrice de distance à partir d'un nombre de valeur en le multipliant par un
70 entier naturel
71 #vec : vecteur des valeurs de base
72 #nfac : le facteur multiplicateur jusqu'où on veut aller
73 #di : la dimension de départ souhaitée (1 valeur, la matrice étant carrée
74 #dimax: la dimension maximale souhaitée
75 nval <- length(vec)
76 nval2 <- nval*(2:nfac)
77 di_th <- (di+1):dimax

```

```

78 sq.nval <- c((di_th*di_th) - di_th)/2
79 newdi <- di_th[is.element(sq.nval,nval2)][1]
80 newnval <- sq.nval[is.element(sq.nval,nval2)][1]
81 mydist <- vec2dist(rep(vec,newnval/nval),newdi)
82 if(eucl) mydist <- quasieucld(mydist)
83 return(mydist)
84 }
85
86 ####
87
88
89 #formatage des données aux classes d'objet souhaitée
90 trait <- data.frame(trait)[order(rownames(trait)),]
91 ref <- data.frame(ref)[order(rownames(ref)),order(colnames(ref))]
92 rownames(ref) <- paste(tabinforef[,1],tabinforef[,2],sep=".")
93 test <- data.frame(test)[order(rownames(test)),order(colnames(test))]
94 rownames(test) <- paste(tabinfotest[,1],tabinforef[,2],sep=".")
95 typo_ref <- as.factor(tabinforef[,3])
96 typo_test <- as.factor(tabinfotest[,3])
97
98
99 ###calcul des métriques
100 metd.ref <- t(apply(ref,1,function(x) unlist(sapply(trait,function(z) tapply(x,z,sum))))))
101 metd.test <- t(apply(test,1,function(x) unlist(sapply(trait,function(z) tapply(x,z,sum))))))
102 metric.ref <- t(apply(scale01(ref),1,function(x) unlist(sapply(trait,function(z)
103 tapply(x,z,sum))))))
104 metric.test <- t(apply(scale01(test),1,function(x) unlist(sapply(trait,function(z)
105 tapply(x,z,sum))))))
106 colnames(metd.ref) <- colnames(metd.test) <- paste("d_",colnames(metd.ref),sep="")
107 colnames(metric.ref) <- colnames(metric.test) <- paste("ric_",colnames(metric.ref),sep="")
108 Sref <- specnumber(ref)
109 Stest <- specnumber(test)
110
111 metref <- data.frame(metd.ref,metric.ref,S=Sref)[,choixmet]
112 if(log) metref <- data.frame(loglp(metd.ref),metric.ref,S=Sref)[,choixmet]
113 mettest <- data.frame(metd.test,metric.test,S=Stest)[,choixmet]
114 if(log) mettest <- data.frame(loglp(metd.test),metric.test,S=Stest)[,choixmet]
115
116 ###écarts entre sites de ref par type de masse d'eau et coefficient de distance maximale
117 metref.dist <- apply(metref,2,tapply,typo_ref,dist)
118 metref.dist <- lapply(metref.dist,function(x)
119   lapply(x,function(z){
120     if(is.null(z)) {z <- "no ref"} else {while(nrow(as.matrix(z))<9)
121       z <- my.as.dist(vec=as.vector(z),nfac=20,di=nrow(as.matrix(z)),dimax=200,eucl=eucl) }
122     return(z)}
123   )
124 )
125 options(warn=-1)
126 coefdmax <- sapply(metref.dist,function(x) x <- sapply(x,function(z)
127 if(z=="no ref") z <- matrix(0) else z <- divcmax(quasieucld(z))$value))
128 options(warn=0)
129
130 ###écarts à la référence
131 metinv.tot <- rbind(metref,mettest)
132 statutref <- c(rep(1,nrow(metref)),rep(0,nrow(mettest)))
133 typo.tot <- as.factor(c(as.character(typo_ref),as.character(typo_test)))
134
135 metinv.typo <- apply(metinv.tot,2,tapply,typo.tot,I)
136
137 metinv.ecart <- mapply(
138   function(x){
139     mapply(function(z) {
140       zcol <- metinv.tot[,z]
141
142       metsubref <- zcol[typo.tot==x & statutref==1]
143       if(length(metsubref!=0)) {names(metsubref) <- rownames(metinv.tot)[typo.tot==x &
144 statutref==1]}
145       else invisible(x)
146
147       metsubtest <- zcol[typo.tot==x & statutref==0]
148       if(length(metsubtest!=0)) {names(metsubtest) <- rownames(metinv.tot)[typo.tot==x &
149 statutref==0]}
150       else invisible(x)
151
152       if (length(metsubref)==0 | length(metsubtest)==0){ecart <- matrix(0)}
153       else {ecart <- mapply(function(y) {
154         ec <- euclid(metsubref,y)

```

```

155     signec <- sign(ec)
156     ecn <- (sqrt(abs(ec)/coefdistmax[x,z]))*signec
157     if(ecartr) {ecn <- ec}
158     return(ecn)
159   }
160   ,metsubtest) }
161   names(ecart) <- rep(names(metsubtest),each=length(metsubref) )
162   return(ecart)
163   },colnames(metinv.tot))
164 }
165 ,levels(typo.tot)
166 )
167 #on élimine les types non testés (pas de ref et/ou pas de test)
168 metinv.ecart <- metinv.ecart[unlist((lapply(metinv.ecart,function(x){x <- dim(x);x <-
169 !is.null(x);return(x)})))]
170
171 #construction des classes de qualité
172 note.met <- metinv.ecart
173 note.met <- lapply(note.met,function(x) {rownames(x)<- 1:nrow(x)
174 x<- as.data.frame(x)}
175 )
176 clas_u <- data.frame(classe=levels(as.factor(cut(-99:99,breaks=limclas$u))),note=1:5)
177
178 clas_d <- data.frame(classe=levels(as.factor(cut(-99:99,breaks=limclas$d))),note=5:1)
179
180 for (i in 1:length(note.met)){
181 note.met[[i]][,hyp=="u"] <- apply(note.met[[i]][,hyp=="u"],2,
182     function(z) {
183       z <- cut(z,breaks=limclas$u)
184       levels(z) <- clas_u[,2]
185       return(as.numeric(as.character(z))) }
186     )
187
188 note.met[[i]][,hyp=="d"] <- apply(note.met[[i]][,hyp=="d"],2,
189     function(z) {
190       z <- cut(z,breaks=limclas$d)
191       levels(z) <- clas_d[,2]
192       return(as.numeric(as.character(z))) }
193     )
194 note.met[[i]] <- as.matrix(note.met[[i]])
195 rownames(note.met[[i]]) <- rownames(metinv.ecart[[i]])
196 }
197 result <- do.call("rbind",lapply(note.met,function(x)
198 aggregate(x,list(rownames(x)),function(z) ceiling(median(z))))))
199 result <- data.frame(result,note_totale =rowSums(result[,2:9]))
200 if(writecsv==TRUE) {
201   write.csv(result,"result_IRM.csv")
202   cat("Le fichier result_IRM.csv a été ajouté dans",getwd(),"\n")}
203
204 #condition sur la sortie en fonction des valeurs souhaitée
205 #ATTENTION : les conditions ne sont pas prévues pour être toutes mises en même temps = TRUE.
206 Faire les sorties une par une !!!!
207 if(met.typo) result <- metinv.typo
208 if(metrefecart) result <- metref.dist
209 if(distmax) result <- coefdistmax
210 if (ecartr) result <- metinv.ecart
211 if (ecartn) result <- metinv.ecart
212 return(result)
213 }#fin de fonction IRM.

```


Annexe 6 : Taxons utilisés lors du calcul de l'IRM et leurs traits. Avec : E : Embranchement ; C : Classe ; O : Ordre ; F : Famille ; courant : Préférences hydrauliques ; alim. : Comportements alimentaires ; type_alim. : Régimes alimentaires ; locom. : Modes de locomotion ; respi. : Modes de respiration ; inv. vivant : invertébrés vivant ; filt.filet : filtreur (avec construction de filet) ; limno. : limnophile ; NA : Non renseigné.

E/C/O/F				Taxon	Code	courant	alim.	type_alim.	locom.	respi.
Plathelminthes	Turbellaria	Tricladida	DugesIIDae	<i>Dugesia</i> sp.	DUSP	ubiquiste	predateur	inv. vivant	rampant	tegument
				<i>DugesIIDae</i> sp. 1	DUSP1	NA	NA	NA	NA	NA
Annelida	Hirudinea	Arhynchobdellida	Salifidae	<i>Barbronia weberi</i>	BWEB	ubiquiste	predateur	inv. vivant	rampant	tegument
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella europaea</i>	HEUR	NA	predateur	inv. vivant	rampant	tegument
		Neritopsina	Neritidae	<i>Clithon longispina</i>	CLON	NA	brouteur	NA	rampant	branchies
Mollusca	Gastropoda			<i>Neritilia consimilis</i>	NCON	NA	brouteur	NA	rampant	branchies
				<i>Neritina gagates</i>	NGAG	NA	brouteur	NA	rampant	branchies
				<i>Septaria borbonica</i>	SBOR	ubiquiste	brouteur	NA	rampant	branchies
				<i>Ferrissia modesta</i>	FMOD	rheophile	brouteur	NA	rampant	tegument
				<i>Lymnaea columella</i>	LCOL	limno.	brouteur	generaliste	rampant	tegument
				<i>Lymnaea natalensis</i>	LNAT	limno.	brouteur	generaliste	marcheur	tegument
		Pulmonata	Lymnaeidae	<i>Lymnaea truncatula</i>	LTRU	limno.	brouteur	generaliste	marcheur	tegument
				<i>Lymnaea</i> spp.	LYSP	NA	NA	NA	NA	NA
				<i>Physella acuta</i>	PACU	limno.	brouteur	generaliste	rampant	tegument
			Planorbidae	<i>Afrogyrus rodriguezensis</i>	AROD	limno.	brouteur	generaliste microphytes	rampant	tegument
				<i>Helisoma duryi</i>	HDUR	limno.	brouteur	NA	rampant	tegument
				<i>Melanoides tuberculata</i>	MTUB	NA	brouteur	NA	rampant	branchies
		Sorbeoconcha	Thiaridae	<i>Thiara scabra</i>	TSCA	limno.	brouteur	plantes	rampant	branchies
		Amphipoda	Talitridae	Talitridae	TALI	NA	NA	NA	NA	NA
		Decapoda	Atyidae	<i>Atyoida serrata</i>	ASER	NA	collecteur	détritus algues	marcheur	branchies
		Coleoptera	Gyrinidae	<i>Dineutus aerus</i>	DAER	NA	NA	NA	NA	NA
				<i>Dineutus</i> sp.	DISP	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
				Dytiscinae	DYTN	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	aérienne
			Hydraenidae	<i>Sicilicula borbonica</i>	SIBO	NA	NA	NA	marcheur	aérienne
				<i>Laccobius mascarensis</i>	LMAS	NA	NA	NA	NA	NA
				<i>Laccobius starmühlneri</i>	LSTA	NA	NA	NA	NA	NA
			Hydrophilidae	<i>Laccobius</i> spp.	LASP	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	aérienne
				<i>Enochrus</i> sp.	ENSP	NA	NA	NA	NA	NA
				<i>Coelostoma</i> sp.	COEL	NA	NA	NA	NA	NA
Arthropoda	Crustacea	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i> sp.1	ATSP1	NA	NA	NA	marcheur	NA
				<i>Atrichopogon</i> sp.2	ATSP2	NA	NA	NA	marcheur	NA
				<i>Atrichopogon</i> sp.3	ATSP3	NA	NA	NA	marcheur	NA
				<i>Dasyhelea</i> sp.	DASP	ubiquiste	collecteur	generaliste microphytes	marcheur	tegument
				<i>Forcipomyia</i> sp.	FOSP	NA	NA	NA	NA	NA
				<i>Kempia</i> sp.	KESP	NA	NA	NA	NA	NA
			Chironomidae	Chironomini	CHSP	ubiquiste	collecteur	generaliste microphytes	fouisseur	tegument
				Orthoclaadiinae	ORTH	rheophile	brouteur	generaliste	marcheur	tegument
				Tanypodinae	TANY	limno.	predateur	generaliste	marcheur	tegument
				Tanytarsini	TASP	limno.	broyeur	generaliste	marcheur	tegument
				Culicinae	CULN	NA	NA	NA	NA	NA
				Dolichopodidae	DOLI	NA	predateur	inv. vivant	rampant	aérienne
				Clinocerinae	CLIN	ubiquiste	predateur	inv. vivant	marcheur	NA
				Hemerodromiinae	HEME	limno.	predateur	inv. vivant	marcheur	NA
				Ephydriidae sp.1	EPHYsp1	NA	NA	NA	marcheur	aérienne
				Ephydriidae sp.2	EPHYsp2	NA	NA	NA	marcheur	aérienne
				<i>Hydrellia</i> spp.	HLIA	NA	broyeur	NA	fouisseur	NA
		Limoniidae	Eriopterini	Eriopterini	ERIO	NA	NA	NA	NA	NA
				Metalimno. bia sp.	MESP	NA	NA	NA	rampant	aérienne
				Limoniini	LIMO	NA	NA	NA	NA	NA
				limnophora sp.1	LIMNsp1	ubiquiste	perceur	plantes	marcheur	NA
				limnophora sp.2	LIMNsp2	NA	perceur	plantes	marcheur	NA
				<i>Lispe</i> sp.	LISP	NA	predateur	inv. vivant	rampant	aérienne
		Psychodidae	Psychodidae spp.	<i>Psychoda</i> spp.	PSYCsp	NA	collecteur	NA	fouisseur	aérienne
				Psychodidae sp.1	PSYCsp1	NA	NA	NA	fouisseur	aérienne
				<i>Tinearia alternata</i>	TALT	NA	NA	NA	fouisseur	aérienne
				Sciomyzidae	SCIO	NA	predateur	inv. vivant	NA	aérienne
		Simuliidae	Simuliidae	Simuliidae	SIMU	rheophile	filtreur	generaliste	fixée	branchies
				<i>Nephrotoma</i> spp.	NESP	NA	NA	NA	NA	NA
				<i>Tipula</i> spp.	TISP	NA	NA	NA	rampant	aérienne
				<i>Nigrobaetis colonus</i>	NCOL	ubiquiste	brouteur	generaliste	marcheur	branchies
	Ephemeroptera	Baetidae	Corixidae	Corixidae	CORI	NA	NA	NA	NA	NA
				<i>limnogonus cereiventris</i>	LCER	NA	NA	NA	NA	NA
				<i>Microvelia bourbonensis</i>	MBOU	NA	predateur	inv. vivant	nageur	aérienne
	Heteroptera	Veliidae		<i>Rhagovelia infernalis</i>	RINF	NA	predateur	inv. vivant	nageur	aérienne
				<i>Eoophyla</i> sp.	EOSP	limno.	NA	NA	marcheur	branchies
				<i>Anax imperator</i>	AIMP	NA	NA	NA	NA	NA
	Lepidoptera	Aechnidae	Corduliidae	<i>Hemicordulia atrovirens</i>	HATR	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
				<i>Crocothemis</i> spp.	CROC	NA	NA	NA	NA	NA
	Odonata	Libellulidae		<i>Orthetrum</i> spp.	ORSP	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
				<i>Trithemis annulata haematina</i>	TANU	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
				<i>Zygonyx torridus</i>	ZTOR	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
				Libellulidae	LIBE	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
				Anisoptera	ANIS	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
				Coenagrionidae	COEN	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
		Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Coenagrioncnemis reuniense</i>	CREU	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
				<i>Pseudagrion punctum</i>	PPUN	NA	NA	NA	NA	NA
				Coenagrionidae	COEN	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	branchies
				<i>Hydropsyche mokaensis</i>	HMOK	rheophile	filt. filet	generaliste	marcheur	branchies
				<i>Hydroptila grucheti</i>	HGRU	limno.	perceur	plantes	marcheur	branchies
				<i>Hydroptila kieneri</i>	HKIE	limno.	perceur	NA	marcheur	branchies
		Leptoceridae	Philopotamidae	<i>Hydroptila starmühlneri</i>	HSTA	rheophile	perceur	generaliste	marcheur	branchies
				<i>Oxyethira flagellata</i>	OFLA	NA	perceur	NA	marcheur	NA
				<i>Hydroptila</i> spp.	HYSP	NA	NA	NA	NA	NA
				<i>Oecetis</i> sp.	OESP	NA	predateur	inv. vivant	marcheur	tegument
				<i>Chimarra bettinae</i>	CBET	NA	filtreur	NA	marcheur	tegument

Tableau a : Notes obtenues pour chaque station « test » après calcul de l'IRM_v0 à partir des données 2011, en fonction du référentiel 1. Les couleurs indiquent l'état écologique des stations (Tableau 4). Avec : d. limnophiles : la densité de taxons limnophiles ; d. rheophiles : la densité de taxons rhéophiles ; d. ubiquistes : la densité de taxons ubiquistes ; d. filteurs (filet) : la densité de taxons filteurs (avec construction de filet) ; d. generalistes : la densité de taxons généralistes ; ric. limnophiles : la richesse en taxons limnophiles ; ric. tegument : la richesse en taxons à respiration tégumentaires ; S : la richesse taxonomique totale ; M61, M62, MP63, P61, P62 (Tableau1).

[illegible]

Tableau b : Notes obtenues pour chaque station « test » après calcul de l'IRM_v0 à partir des données 2011, en fonction du référentiel 2. Les couleurs indiquent l'état écologique des stations (Tableau 4). Avec : d. limnophiles : la densité de taxons limnophiles ; d. rheophiles : la densité de taxons rhéophiles ; d. ubiquistes : la densité de taxons ubiquistes ; d. filteurs (filet) : la densité de taxons filteurs (avec construction de filet) ; d. generalistes : la densité de taxons généralistes ; ric. limnophiles : la richesse en taxons limnophiles ; ric. tegument : la richesse en taxons à respiration tégumentaires ; S : la richesse taxonomique totale ; M61, M62, MP63, P61, P62 (Tableau1).

[illegible]

Annexe 8 : Notes obtenues pour chaque station « test » à partir du score des 8 métriques, pour les campagnes 2008, 2009, 2010 & 2011, avec 2011 incluse au référentiel.

Tableau c : Notes obtenues pour chaque station « test » après calcul de l'IRM v1 pour les campagnes 2008, 2009, 2010, 2011. Les couleurs indiquent l'état écologique des stations (Tableau 4). Avec : d. limnophiles : la densité de taxons limnophiles ; d. rheophiles : la densité de taxons rhéophiles ; d. ubiquistes : la densité de taxons ubiquistes ; d. filteurs (filet) : la densité de taxons filteurs (avec construction de filet) ; d. generalistes : la densité de taxons généralistes ; ric. limnophiles : la richesse en taxons limnophiles ; ric. tegument : la richesse en taxons à respiration tégumentaires ; S : la richesse taxonomique totale ; M61, M62, MP63, P61, P62 (Tableau1).

	camp	d. limnophiles	d. rheophiles	d. ubiquistes	d. filteurs (filet)	d. generalistes	ric. limnophiles	ric. tegument	S	Note
M61	MAT4 2008	5	4	5	3	4	4	4	3	32
	MAT4 2009	5	5	5	3	1	5	2	3	29
	MAT4 2010	4	5	5	3	2	5	1	3	28
	MAT4 2011	3	5	4	3	1	4	2	3	25
	REM 2008	5	1	5	3	5	4	2	3	28
	REM 2009	5	1	5	2	5	5	2	3	28
	REM 2010	4	5	5	2	1	4	2	3	26
M62	REM 2011	3	5	4	2	3	4	4	4	29
	CIL2 2008	5	1	5	1	5	5	4	4	30
	CIL2 2009	2	5	1	1	1	4	5	4	23
	CIL2 2010	3	1	5	2	5	4	5	4	29
	CIL2 2011	2	5	2	1	2	4	5	5	26
	GAL4 2008	5	2	5	1	5	5	4	4	31
	GAL4 2009	2	2	3	1	4	5	4	4	25
	GAL4 2010	3	5	1	1	1	5	4	4	24
	GAL4 2011	3	5	2	1	2	5	4	5	27
	PLA3 2008	5	2	3	3	5	5	3	3	29
	PLA3 2009	4	3	2	3	5	4	4	4	29
	PLA3 2010	3	1	4	2	5	3	5	5	28
	PLA3 2011	5	1	5	2	5	3	5	4	30
	SET 2008	5	1	5	1	5	5	4	4	30
	SET 2009	5	1	5	1	5	5	4	4	30
	SET 2010	5	1	5	1	5	4	5	4	30
	SET 2011	4	4	5	1	3	4	5	5	31
MP63	EST 2008	5	5	5	3	3	5	2	3	31
	EST 2009	5	2	5	3	5	5	2	3	30
	EST 2010	5	2	5	4	5	5	2	3	31
	EST 2011	4	4	5	4	4	5	2	3	31
	MAR2 2008	4	5	3	4	1	5	3	4	29
	MAR2 2009	4	5	2	4	1	4	3	4	27
	MAR2 2010	3	5	2	4	1	4	4	4	27
	MAR4 2008	5	2	2	3	5	5	2	3	27
	MAR4 2009	5	1	3	2	5	4	4	3	27
	MAR4 2010	4	1	2	2	5	4	2	3	23
	MAR4 2011	4	2	2	2	5	4	2	3	24
	PAN2 2008	3	2	2	2	5	4	2	4	24
	PAN2 2009	5	2	5	2	5	4	2	3	28
	PAN2 2010	4	3	2	2	5	5	2	4	27
	PAN2 2011	3	3	2	2	3	4	2	5	24
	PLU3 2008	5	2	5	3	5	4	4	3	31
	PLU3 2009	2	3	2	4	3	4	3	4	25
	PLU3 2010	3	3	3	3	3	4	3	3	25
	PLU3 2011	2	3	1	2	3	3	4	4	22
	ROC1 2008	2	4	3	3	3	4	5	4	28
	ROC1 2009	5	2	5	3	5	4	4	4	32
	ROC1 2010	4	5	4	4	2	5	4	3	31
	ROC1 2011	3	2	2	4	4	3	5	4	27
	ROC3 2008	5	2	3	3	5	5	2	4	29
	ROC3 2009	5	2	2	3	5	5	2	3	27
	ROC3 2010	5	3	2	2	5	5	2	3	27
	ROC3 2011	5	1	2	3	5	5	2	3	26
	SDE3 2008	5	1	3	2	5	5	2	3	26
	SDE3 2009	4	2	2	3	5	4	2	4	26
	SDE3 2010	2	5	4	2	3	5	2	3	26
	SDE3 2011	5	1	4	2	5	5	2	3	27
	SJE1 2008	2	2	3	3	2	4	2	4	22
	SJE1 2009	5	1	4	2	5	4	3	4	28
	SJE1 2010	3	3	4	3	3	5	3	4	28
	SJE1 2011	3	3	4	3	3	4	4	4	28
	SJE2 2008	3	5	1	2	2	4	2	4	23
	SJE2 2009	3	5	1	2	2	4	4	4	25
	SJE2 2010	3	5	1	2	3	4	3	4	25
	SJE2 2011	2	5	1	2	2	4	4	4	24
	SSU2 2008	3	3	3	3	4	4	4	4	28
	SSU2 2009	4	1	3	2	5	5	2	3	25
	SSU2 2010	4	2	3	2	5	4	2	3	25
	SSU2 2011	3	2	2	2	5	4	3	4	25
P61	LAN2 2008	5	5	4	5	3	3	3	4	32
	LAN2 2009	5	5	3	5	2	4	2	3	29
	LAN2 2010	5	5	4	3	3	3	2	3	28
	MAT2 2008	1	4	4	1	4	2	4	4	24
	MAT2 2009	3	2	4	1	5	2	4	4	25
	MAT2 2010	2	2	4	1	5	2	4	4	24
	MAT2 2011	1	4	4	1	3	2	4	5	24
	MAT3 2008	1	2	4	1	4	4	3	4	23
	MAT3 2009	1	2	4	1	5	3	4	4	24
P62	MAT3 2010	5	2	4	1	5	3	4	3	27
	MAT3 2011	1	4	4	4	4	1	4	4	26

Annexe 9 : Graphiques montrant l'évolution temporelle des notes de IRM.

Graphiques classées par type de ME :

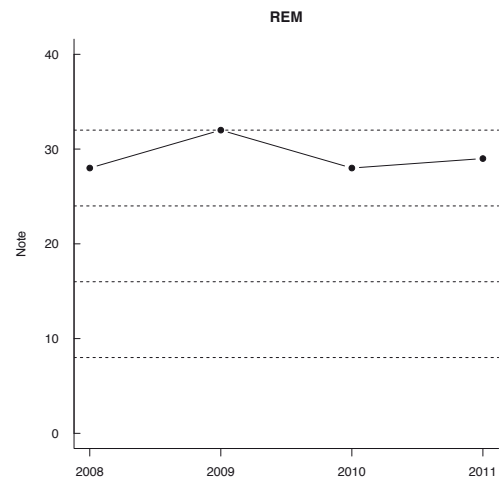
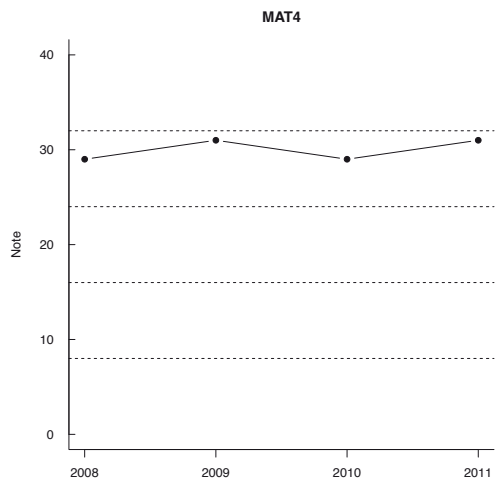
- M61 :
 - MAT4
 - REM

- M62 :
 - CIL2
 - GAL4
 - PLA3
 - SET

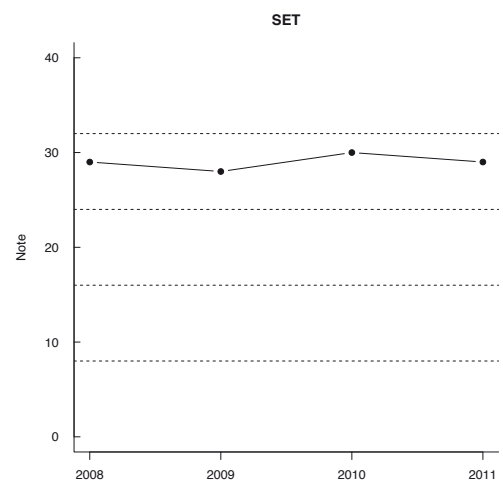
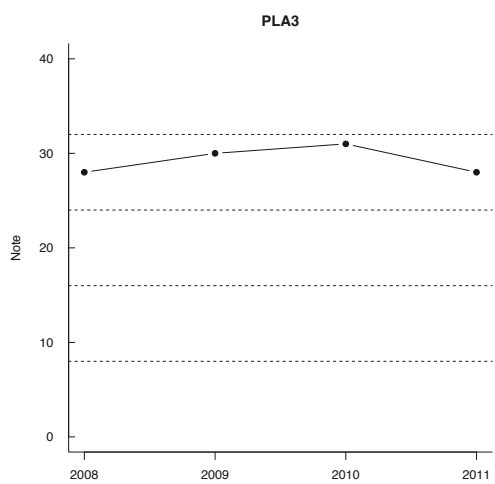
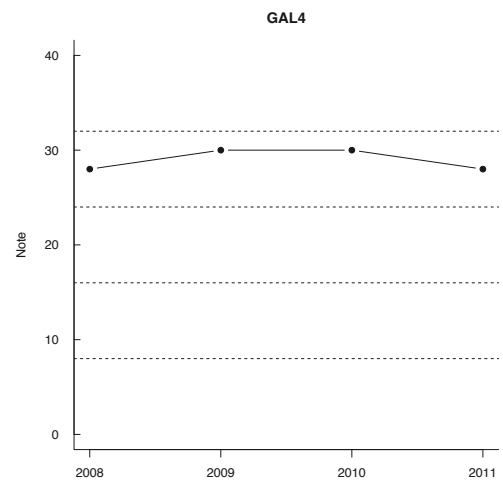
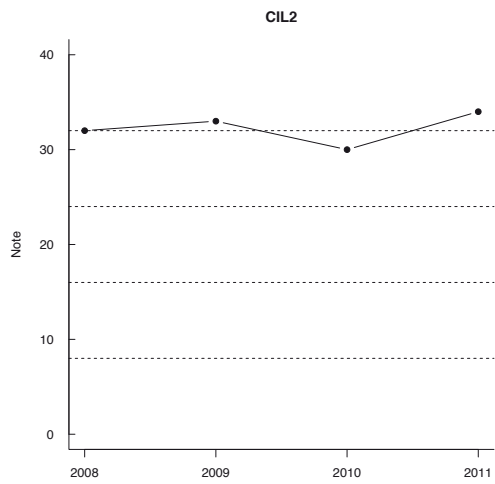
- MP63 :
 - EST
 - MAR2
 - MAR4
 - PAN2
 - PLU3
 - ROC1
 - ROC3
 - SDE3
 - SJE1
 - SJE2
 - SSU2

- P61 :
 - LAN2
 - MAT2
 - MAT3

M61



M62



MP63

