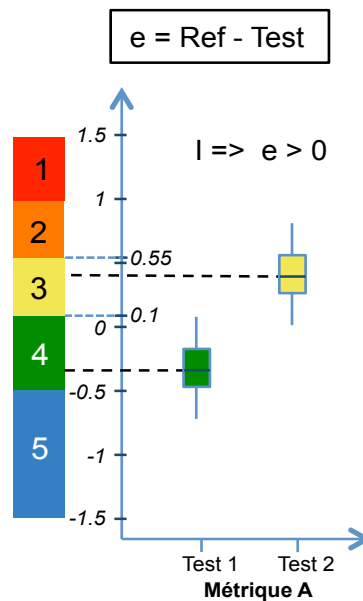




Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et des invertébrés benthiques.



Mai 2012

Développement de l'Indice Réunion Poissons v0 (IRP)

Maxence Forcellini, Henri Grondin, Chloé Mathieu, Nicolas Péru, Marine Richarson, Pierre Sagnes, Philippe Usseglio-Polatera et Pierre Valade

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

Convention de recherche et développement. Office de l'eau de la Réunion-CNRS.
Programme d'étude et de recherche 2008-2011.



UMR CNRS 5023, Laboratoire d'écologie des hydrosystèmes naturels et anthropisés

43 Boulevard du 11 Novembre 1918 69622 Villeurbanne Cedex.

SOMMAIRE

1	DESCRIPTION DES JEUX DE DONNEES	3
1.1	POISSONS	3
1.2	CHOIX DES STATIONS DE REFERENCE	5
1.2.1	Pressions physico-chimiques	5
1.2.2	Pression hydrologique	6
1.2.3	Occupation du sol	6
1.2.4	Choix des stations de référence	7
1.3	LISTE DES METRIQUES CONSIDEREES	13
1.3.1	Liste des métriques	13
1.4	SELECTIONS DES METRIQUES ET HYPOTHESE DU SENS DE VARIATION	14
1.5	VARIABILITE DES METRIQUES BIOLOGIQUES EN CONDITIONS DE REFERENCES	14
1.6	ECART A LA REFERENCE	15
1.7	PROJECTION DES PECHEES « TEST » SUR L'ACP REF	16
1.8	CALCUL DES ECARTS A LA REFERENCE	17
2	CONSTRUCTION DES CLASSES DE QUALITE ET DETERMINATION DE LA NOTE FINALE	19
3	RESULTATS	23
4	DISCUSSION	27

1 Description des jeux de données

1.1 Poissons

Les données utilisées ont été collectées dans le cadre du Réseau Piscicole de la Réunion entre 2000 et 2010. 29 stations ont été échantillonnées dans les 13 rivières pérennes de l'île. La répartition des stations dans les types de masses d'eau définies dans l'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 (JO du 2 février 2010¹) est présentée dans le Tableau 7. Il existe un fort déséquilibre de répartition des stations dans les différents types. Pour cette raison, la classification des cours d'eau adoptée correspond à celle proposée en 2008² dans laquelle 2 types de cours d'eau sont identifiés : les rivières de type cirques ou pseudo-cirques (Pluies, Mât, Marsouins, Est, Langevin, Saint-Etienne, Saint-Denis, Saint-Gilles, Remparts, et Rivière des Galets), et les "rivières intermédiaires du nord (Sainte-Suzanne, Saint-Jean et Rivière des Roches). Au sein de chacun des types, chaque rivière est scindée longitudinalement en 3 zones prenant en compte les caractéristiques géomorphologiques, l'altitude et la présence d'obstacles au déplacement des poissons :

- la zone aval : zone qui ne présente pas d'obstacle majeur à la libre circulation des poissons depuis la mer,
- la zone intermédiaire : matérialisée en aval par les premières ruptures de pente depuis l'embouchure ou la présence d'un cassé limitant la progression des espèces dotées des plus faibles capacités de montaison (ex. la cascade Jacqueline sur la Rivière Langevin),
- la zone amont : d'accès très limité pour la plupart des espèces, soit du fait de l'éloignement de la mer, soit par la présence d'obstacles difficilement franchissables

La répartition des stations du Réseau Piscicole de La Réunion selon la zonation longitudinale des peuplements est présentée dans le Tableau 2.

¹ 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, Journal officiel de la République Française, 2 février 2010.

² ARDA (2008) Réseau piscicole de la Réunion 2000/2007 : mise en place d'outils d'interprétation de la qualité des peuplements. Rapport à l'OLE, la DIREN, la Région Réunion & le Département de la Réunion. 25p.

Tableau 1 : Répartition des stations du Réseau Piscicole au sein des types proposés dans l'arrêté de 2010.

Station\type	M61	P61	M62	P62	MP63	MP64
RP-ROC1					1	
RP-ROC2					1	
RP-BPAN1					1	
RP-BPAN2					1	
RP-MAT0	1					
RP-MAT1	1					
RP-MAT2		1				
RP-MAT3		1				
RP-FLJA		1				
RP-PLUIES0					1	
RP-PLUIES1					1	
RP-STDENIS					1	
RP-STJEAN					1	
RP-STJEAN1					1	
RP-STESUZ					1	
RP-STGIL						1
RP-GAL1			1			
RP-MARS					1	
RP-MARS2					1	
RP-MARS3					1	
RP-EST					1	
RP-STETIEN			1			
RP-BPLA1			1			
RP-BPLA2			1			
RP-GDBASS				1		
RP-LANG1	1					
RP-LANG2	1					
RP-LANG3	1					
RP-REMPART	1					
Total	6	3	4	1	14	1

Tableau 2 : répartition des stations d'échantillonnage dans les types (bassins versants et zonation longitudinale) proposés.

Type de Bassin Versant	Bassin versant	Station	Zone aval	Zone intermédiaire	Zone amont
I	Saint-Denis	STDENIS		+	
I	Pluies	PLUIE 0 PLUIE 1	+	+	
II	Saint-Suzanne	STESUZ	+		
II	Saint-Jean	STJEAN STJEAN 1	+		
I	Mât	MAT 0 MAT 1 MAT 2 MAT 3 FLJA	+	+	+
II	Roches	ROC 1 ROC 2 BPAN 1 BPAN 2	+	+	
I	Marsouins	MARS 1 MARS 2 MARS 3	+	+	
I	Est	EST		+	
I	Langevin	LANG 1 LANG 2 LANG 3		+	+
I	Remparts	REMPART	+		
I	Saint-Etienne	STETIEN BPLA 1 BPLA 2 GDBASS	+	+	+
I	Saint-Gilles	STGIL		+	
I	Galets	GAL 1		+	
TOTAL			11	14	4

1.2 Choix des stations de référence

Le choix des stations de référence a été réalisé sur la base de l'examen des modalités des différents types de pressions (qualité physicochimique de l'eau, pression hydrologique et modalités d'occupation du sol et continuité écologique) au niveau des stations d'échantillonnage. Le détail des données est présenté dans le Tableau 3 (à l'exception des données de continuité écologique).

1.2.1 Pressions physico-chimiques

Les classes de qualité 1 et 2 sont considérées comme déclassantes. Trois paramètres comportent des valeurs de classes potentiellement impactantes : la concentration en phosphore, la concentration en matières en suspension et la concentration en pesticides.

Les stations potentiellement déclassées par les pressions physico-chimiques sont répertoriées dans le Tableau 3 .

Tableau 3 : liste des 14 stations déclassées par au moins 1 des paramètres physico-chimiques (en rouge : valeurs estimées), les valeurs surlignées sont les valeurs déclassantes.

Stations	Code Sandre	Mat_Org. et Oxyd.	Mat. Azot. hors NO3	Nitrates	Phosphore	Mat en susp	Acidification	Pesticides
RP-EST	10050180	4	4	5	1	5	5	4
RP-STESUZ	10300280	4	4	5	1	4	5	2
RP-LANG 3	10010150	3	3	4	2	5	5	5
RP-MAT 0	10220180	3	3	4	2	2	4	3
RP-REM	10000175	4	3	5	2	5	4	4
RP-PLUIES	10310830	4	4	5	2	4	4	5
RP-PLUIES 0	10310890	4	4	5	2	4	4	4
RP-STETIEN	10610160	4	4	5	2	5	4	4
RP-STJEAN1	10300170	4	4	5	3	5	5	1
STJEAN	10300180	4	4	5	3	5	5	1
RP-BPAN 2	10136550	4	4	4	3	4	5	2
RP-BPAN1	10136250	4	4	4	3	4	5	2
RP-ROC 2	10130460	3	3	5	4	5	5	2
RP-ROC 1	10130480	3	3	5	4	5	5	2

1.2.2 Pression hydrologique

Parmi l'ensemble des stations suivies (Réseau Piscicole), 8 stations sont déclassées par le paramètre "hydrologie" calculé sur la base des abstractions d'eau au niveau des stations d'échantillonnages (Tableau 4).

Tableau 4 : liste des 8 stations d'échantillonnage des peuplements de poissons déclassées par le paramètre "hydrologie" ; valeur de "R" dans ces stations et classe.

Code station	Code_sandre	R	Classe
RP-EST	10050180	7,23	5
RP-GAL1	10410125	48,6	3
RP-MARS 3	10120150	2,5	5
RP-MAT 1	10220110	40,89	3
RP-BPLA 2	10610250	3,99	5
RP-BPLA 1	10610290	8,75	5
RP-STETIEN	10610160	8,42	5
RP-STGIL	10510550	32,76	4

1.2.3 Occupation du sol

Les paramètres d'occupation du sol pouvant potentiellement avoir un impact sur la qualité des peuplements de macroinvertébrés sont les pourcentages de surfaces urbanisées, de surfaces utilisées pour l'agriculture intensive en amont des stations d'échantillonnage soit à l'échelle du bassin versant, soit à l'échelle du tronçon ou du sous-tronçon. Les valeurs de pourcentage déclassantes pour les paramètres d'occupation du sol sont :

- pourcentage d'urbanisation à l'échelle du bassin versant en amont de la station : 15%
- pourcentage de surface en agriculture intensive à l'échelle du bassin versant en amont de la station : 15%

- pourcentage d'urbanisation en amont de la station à l'échelle du tronçon ou du sous-tronçon : 10%
- pourcentage de surface en agriculture de canne à sucre à l'échelle du tronçon ou du sous-tronçon : 10%
- pourcentage de surface en agriculture intensive à l'échelle du tronçon ou du sous- tronçon : 10%

Les stations potentiellement déclassées sont : RP-FLJA, RP-MARS, RP-MAT3, RP-MAT2, RP-MAT0, RP-BPAN1, RP-PLUIES0, RP-ROC1, RP-BPAN2, RP-BPLA1, RP-GDBASS, RP-LANG1, RP-MAT1, RP-STESUZ, RP-STJEAN1, RP-STETIEN, RP-STGIL, RP-STJEAN

1.2.4 Choix des stations de référence

La démarche méthodologique de mise au point des indices de bioévaluation de la qualité écologique des cours d'eau imposée par la D.C.E. nécessite de caractériser les peuplements de stations les moins impactées possibles par les activités anthropiques. Lorsque la situation actuelle ne permet pas de réaliser cette opération, il est possible de procéder à une évaluation de la composition faunistique soit à partir de données fournies par des experts, soit à partir d'un travail de modélisation permettant d'estimer la composition et la densité des organismes. À la Réunion, aucune de ces 2 méthodes alternatives n'est utilisable.

Le choix de stations de référence nécessite donc une opération de reclassement de certaines stations selon certains critères visant à minimiser l'impact de certaines activités.

Nous avons donc délibérément choisi d'examiner l'impact des pêcheries de bichiques sur les notes de continuité biologique au niveau de stations d'échantillonnage. Si l'on fait abstraction de l'impact de ces pêcheries, les notes de continuité sont améliorées pour la quasi-totalité des stations (sauf 3) et essentiellement pour les 2 espèces de cabots bouche ronde (Tableau 5).

En raison du caractère diadrome des espèces autochtones de poissons de la Réunion, **la continuité écologique est un facteur déterminant** pour la structure des peuplements et la densité des populations piscicoles des rivières.

L'altération de la continuité et l'altération des régimes de débits, constituent probablement les pressions anthropiques ayant l'impact le plus important sur les peuplements piscicoles. Le braconnage, pression non mesurée et non-quantifiable, est également probablement une autre source de perturbation pour des espèces cibles comme les anguilles par exemple.

En conséquence, compte-tenu du (relativement) faible nombre de stations d'échantillonnage et des caractéristiques biologiques et écologiques des espèces autochtones de la Réunion (espèces diadromes), les 2 paramètres majeurs pris en compte pour le choix des stations de référence sont la **continuité écologique** et les **pressions hydrologiques**.

Les 9 stations de référence ont été déterminées suite au calcul réalisé en faisant abstraction de la pression induite par les pêcheries de bichiques (Tableau 5). Si l'on occulte cette pression, les indices de continuité dans ces stations sont proches de ceux observés dans les conditions naturelles pour plusieurs groupes d'espèces (en particulier les cabots bouche ronde).

Tableau 5 : note de continuité biologique au droit des stations d'échantillonnage du Réseau Piscicole de la Réunion en situation naturelle et en situation aménagée (actuelle) en faisant abstraction de la perturbation engendrée par les pêcheries de bichiques aux embouchures.

Les pêcheries de bichiques sont ici considérées comme des obstacles de type 4 (barrière quasi-totale) pour les bouches rondes (espèces cibles), de type 2 (impact modéré) pour les anguilles et les "Poissons divers".

Stations	Type BV	Position	Hydro	Continuité biologique aménagée à la montaison - sans pêcheries de bichiques				
				Cabots bouche ronde	Anguilles	Chitte	Kuhlia	Poissons divers
LANG 1	1	intermédiaire	M61	2	2	4	4	3
LANG 2	1	intermédiaire	M61	2	3	4	4	4
LANG 3	1	amont	M61	3	4	4	4	4
REMPART	1	aval	M61	2	3	2	3	4
STETIEN	1	aval	M62	2	2	2	3	3
BPLA 1	1	intermédiaire	M62	2	2	2	3	3
BPLA 2	1	intermédiaire	M62	2	2	2	3	3
GDBASS	1	amont	P62	2	4	4	4	4
STGIL	3	intermédiaire	MP64	3	3	3	4	4
GAL 1	3	intermédiaire	M62	3	3	3	4	4
STDENIS	3	intermédiaire	MP63	2	3	3	4	4
PLUIES 0	1	aval	MP63	1	1	1	1	1
PLUIES	1	intermédiaire	MP63	1	1	1	1	1
STESUZ	2	aval	MP63	2	3	2	2	3
STJEAN	2	aval	MP63	1	1	1	1	1
STJEAN 1	2	aval	MP63	1	1	1	1	1
MAT 0	1	aval	M61	1	1	1	1	1
MAT 1	1	intermédiaire	M61	2	3	4	4	4
MAT 2	1	intermédiaire	P61	2	3	4	4	4
MAT 3	1	amont	P61	2	4	4	4	4
FLJA	1	amont	P61	2	4	4	4	4
ROC 1	2	aval	MP63	2	2	2	3	3
ROC 2	2	aval	MP63	2	2	2	3	3
BPAN 1	2	aval	MP63	2	2	2	3	3
BPAN 2	2	intermédiaire	MP63	2	2	2	3	3
MARS 1	1	aval	MP63	1	1	1	1	1
MARS 2	1	intermédiaire	MP63	1	1	1	1	1
MARS 3	1	intermédiaire	MP63	1	1	1	1	1
EST	1	intermédiaire	MP63	3	3	3	3	3
				4	pas de changement/situation naturelle			
				3	pas de changement/situation naturelle			

Les valeurs des différentes métriques de pressions anthropiques sont consignées dans le Tableau 6.

Les coefficients de pressions hydrologiques (classes hydrologiques) dans ces stations sont tous égaux à 1 (pas d'impact).

La qualité physico-chimique des stations est généralement bonne (indice compris entre 3 et 5). Cinq valeurs sont égales à 2 : le paramètre de qualité pour le phosphore dans les stations MAT0 et PLUIES1, le paramètres de concentration en matières en suspension à la station MAT0 et le

paramètre de qualité pour les pesticides aux stations BPAN2 et ROC. Les fortes valeurs de concentration en phosphore observée de manière ponctuelle sont à mettre en relation avec la nature volcanique du substratum de l'Île de la Réunion. Elles ne sont pas associées à de fortes concentrations en nitrates, il est donc très improbable qu'elles induisent des phénomènes d'eutrophisation durables lorsque les débits sont moyens. Pour cette raison nous n'avons pas considéré ces valeurs comme déclassantes dans les stations concernées. La valeur de concentration en MES à la station MAT0 n'a pas été considérée comme déclassante en raison du manque d'information concernant l'impact de cette variable (dans la gamme de valeurs mesurées) sur les espèces de poissons. La valeur concernant les pesticides aux stations BPAN2 et ROC2 est une valeur estimée (du fait du faible nombre de stations de mesure pour ce paramètre), nous n'avons donc pas considéré cette valeur comme déclassante.

Concernant les pourcentages d'occupation du sol par des activités humaines potentiellement impactantes, les valeurs des variables peuvent être importante mais ont été considérées comme peu impactantes par rapport aux métriques de continuité ou de pression hydrologique.

L'absence de données permettant d'établir des corrélations entre ces variables d'occupation du sol et des métriques biologiques concernant les espèces de poissons nous incite à adopter cette démarche.

En résumé, nous avons identifié 9 stations de référence parmi les 29 stations échantillonnées, les 20 autres stations étant des stations dites « test » (Tableau 7).

Le nombre de stations de référence et de stations « test » dans chacun des 2 types de bassin versant et par zone est indiqué dans le Tableau 8.

Tableau 6 : valeurs des métriques de pressions pour les stations de référence (station d'échantillonnage des poissons).

Stations	HER 2010	Type	Zone	Urb.	Agri int.	Urb. 100m	Agri can 100m	Agri Int. 100m	Mo oX	MN	NO3	Phos	MES	Acid	micropol	Clas hydro	R
RP-MAT0	P62	1	aval	5,0%	22,9%	10,9%	14,5%	19,6%	3	3	4	2	2	4	3	1	93,56
RP-BPAN2	P62	2	interm	0,0%	9,7%	0,0%	0,0%	32,4%	4	4	4	3	4	5	2	1	100
RP-GDBASS	P61	1	amont	0,0%	15,5%	0,0%	0,0%	0,0%	5	5	5	5	5	5	5	1	80,5
RP-LANG1	P61	1	interm	2,4%	17,2%	15,7%	0,0%	34,5%	3	3	5	4	5	4	5	1	94,78
RP-LANG2	P62	1	interm	1,6%	12,0%	8,7%	0,0%	0,0%	3	3	5	4	5	4	5	1	94,78
RP-STJEAN	P62	2	aval	14,6%	64,3%	33,8%	36,0%	66,2%	4	4	5	3	5	5	1	1	98,48
RP-MARS2	P62	1	interm	0,2%	1,8%	0,0%	0,9%	0,9%	3	3	5	4	5	4	3	1	100
RP-PLUIES1	P61	1	interm	1,2%	3,4%	0,0%	0,0%	0,0%	4	4	5	2	4	4	5	1	148,61
RP-ROC2	M61	2	aval	0,5%	5,9%	0,0%	5,4%	6,2%	3	3	5	4	5	5	2	1	95,02

Tableau 7 : Statut des 42 stations d'échantillonnage de macroinvertébrés. En jaune le stations de référence.

Bassin Versant	Station	dist. mer	Rang de Strahler	Code sandre	Code masse d'eau	Type ME HER 2010	Code HER 2010	Type de bv	Zone	Ref/test
Rivière des Roches	RP-ROC1	1125	3	10130480	FRLR09	Versants au vent	MP63	2	aval	test
	RP-ROC2	3625	3	10130460	FRLR09	Versants au vent	MP63	2	aval	ref
	RP-BPAN1	3375	2	10136250	FRLR09	Versants au vent	MP63	2	aval	test
	RP-BPAN2	7200	1	10136550	FRLR09	Versants au vent	MP63	2	interm	ref
Rivière du Mât	RP-MAT0	1800	3	10220180	FRLR08	Cirques au vent (couloir)	M61	1	aval	ref
	RP-MAT1	7600	3	10220110	FRLR08	Cirques au vent (couloir)	M61	1	interm	test
	RP-MAT2	14670	2	10200190	FRLR05	Cirques au vent (réception)	P61	1	interm	test
	RP-MAT3	20650	1	10200180	FRLR05	Cirques au vent (réception)	P61	1	amont	test
	RP-FLJA	18195	2	10206180	FRLR05	Cirques au vent (réception)	P61	1	amont	test
Rivière des Pluies	RP-PLUIES0	1250	1	10310890	FRLR02	Versants au vent	MP63	1	aval	test
	RP-PLUIES1	5575	1	10310830	FRLR02	Versants au vent	MP63	1	interm	ref
Rivière St-Denis	RP-STDENIS	3850	2	10320350	FRLR01	Versants au vent	MP63	1	interm	test
Grande Rivière St-Jean	RP-STJEAN	2300	2	10300180	FRLR04	Versants au vent	MP63	2	aval	ref
	RP-STJEAN1	5500	2	10300170	FRLR04	Versants au vent	MP63	2	aval	test
Rivière Ste-Suzanne	RP-STESUZ	3600	2	10300280	FRLR03	Versants au vent	MP63	1	aval	test
Ravine St-Gilles	RP-STGIL	2175	1	10510550	FRLR21	Versants sous le vent	MP64	1	interm	test
Rivière des Galets	RP-GAL1	13600	3	10410125	FRLR24	Cirques sous le vent (couloir)	M62	1	interm	test
Rivière des Marsouins	RP-MARS	350	3	10120180	FRLR10	Versants au vent	MP63	1	aval	test
	RP-MARS2	5350	3	10120170	FRLR10	Versants au vent	MP63	1	interm	ref
	RP-MARS3	16000	3	10120150	FRLR10	Versants au vent	MP63	1	interm	test
Rivière de l'Est	RP-EST	3250	2	10050180	FRLR11	Versants au vent	MP63	1	interm	test
Rivière St-Etienne	RP-STETIEN	1575	3	10610160	FRLR20	Cirques sous le vent (couloir)	M62	1	aval	test
	RP-BPLA1	7500	2	10610290	FRLR17	Cirques sous le vent (couloir)	M62	1	interm	test
	RP-BPLA2	14850	2	10610250	FRLR17	Cirques sous le vent (couloir)	M62	1	interm	test
	RP-GDBASS	23100	1	10610210	FRLR16	Cirques sous le vent (réception)	P62	1	amont	ref
Rivière Langevin	RP-LANG1	10	1	10010190	FRLR13	Cirques au vent (couloir)	M61	1	aval	ref
	RP-LANG2	2800	1	10010180	FRLR13	Cirques au vent (couloir)	M61	1	aval	ref
	RP-LANG3	5750	1	10010150	FRLR13	Cirques au vent (couloir)	M61	1	amont	test
Rivière des Remparts	RP-REMPART	2100	1	10000175	FRLR15	Cirques au vent (couloir)	M61	1	aval	test

Tableau 8 : Nombre de stations de référence et de stations « test » dans chacun des 2 types de bassin versant et par zone.

BV\ zone	Amont	Intermédiaire	Aval	Ref	Test
BV de type 1	4	11	8	6	17
BV de type 2		1	5	3	3

1.3 Liste des métriques considérées

Les premières propositions de construction d'un indice de bioindication basé sur les peuplements de poissons intégraient les données concernant les populations de macrocrustacés. Le caractère diadrome de ces espèces et leurs modalités d'occupation des habitats en rivière constituaient les principaux arguments motivant l'intégration de ce groupe faunistique dans la démarche. La D.C.E impose qu'un indicateur basé sur des métriques relatives au peuplement piscicole n'envisage pas l'ajout d'autres groupes faunistiques. Pour cette raison, les macrocrustacés ont été écartés du jeu de données utilisé.

1.3.1 Liste des métriques

Le choix des métriques biologiques est une étape essentielle dans le cadre du développement d'un indice biotique. Aussi, dans un premier temps, un ensemble de métriques a été considéré. Des critères de sélection ont ensuite été mis en place pour ne garder que les métriques pertinentes. **Des hypothèses claires doivent être notamment posées quant aux variations des valeurs des métriques face à un impact anthropique potentiel.** Un total de **5 métriques** a donc été testé pour le développement de l'IRP. Il s'agit de **la richesse totale en taxons, la richesse en espèces accompagnatrices** ainsi que **les densités en *Sicyopterus lagocephalus*, en *Cotylopus acutipinnis* et en espèces accompagnatrices.**

Les espèces accompagnatrices sont des espèces qui sont présentes au côté des espèces de bouches rondes avec des densités moins importantes que ces dernières. La liste de ces espèces varie en fonction de la position sur le gradient longitudinal :

- Cours inférieur : *Anguilla bicolor*, *Eleotris mauritiana*, *Kuhlia rupestris*, *Microphis brachyurus m.*, *Stenogobius polyzona*, *Agonostomus telfairii*, *Anguilla mossambica*,
- Cours moyen : *Agonostomus telfairii*, *Anguilla mossambica*, *Awaous commersoni*, *Eleotris fusca*
- Cours supérieur : *Anguilla mossambica*, *Anguilla marmorata*

1.4 Sélections des métriques et hypothèse du sens de variation

Les métriques qui présentaient des valeurs de faible amplitude dans les différents types de masses d'eau telles que définies par Olivier et al. 2004 ont été supprimées des analyses. Il s'agit des métriques de richesses citées précédemment. La corrélation entre métrique a également été prise en compte mais aucune corrélation importante ($> 80\%$) n'a été mise en évidence (Figure 1).

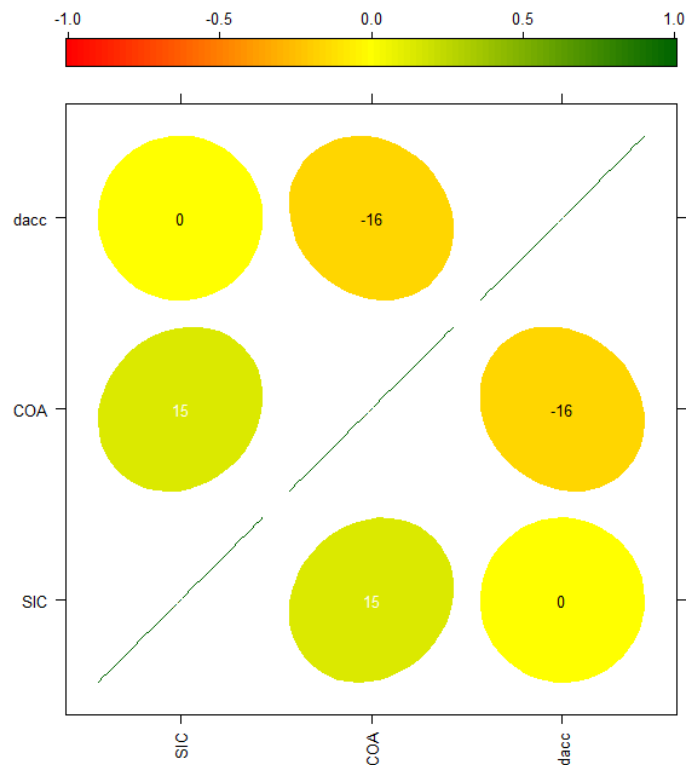


Figure 1 : Corrélogramme des valeurs des métriques (normées au préalable) retenues dans les sites de référence. Pour chaque corrélation, la forme est de plus en plus elliptique lorsque la corrélation tend vers 1 ou -1. Le code couleur permet de distinguer rapidement les corrélations positives (en vert) ou négatives (en rouge). La valeur exacte du coefficient de corrélation de Pearson est indiquée. SIC : densité en *Sicyopterus lagocephalus*. COA : densité en *Cotylopus acutipinnis*. Dacc : densité en espèces accompagnatrices.

La sélection des métriques nous a conduit à retenir les trois métriques de densité en espèces (SIC, COA et dacc ; Figure 1).

Le sens de variation des trois métriques en réponse à un impact est le même : une augmentation des pressions devrait entraîner **une diminution des densités**.

1.5 Variabilité des métriques biologiques en conditions de références

L'approche par condition de référence nécessite une évaluation de la variabilité des métriques dans les stations de référence pour chaque type. Le moyen le plus simple pour visualiser globalement cette variabilité reste l'ACP. Cette ACP illustre la variabilité des valeurs observées des trois métriques retenues dans les pêches annuelles réalisées dans les stations de référence.

L'ACP, appelée « ACP ref » dans la suite du rapport, révèle une bonne homogénéité des conditions de référence dans les types de masse d'eau mais une variabilité intra-station, c'est-à-dire interannuelle, qui peut être forte (Figure 2).

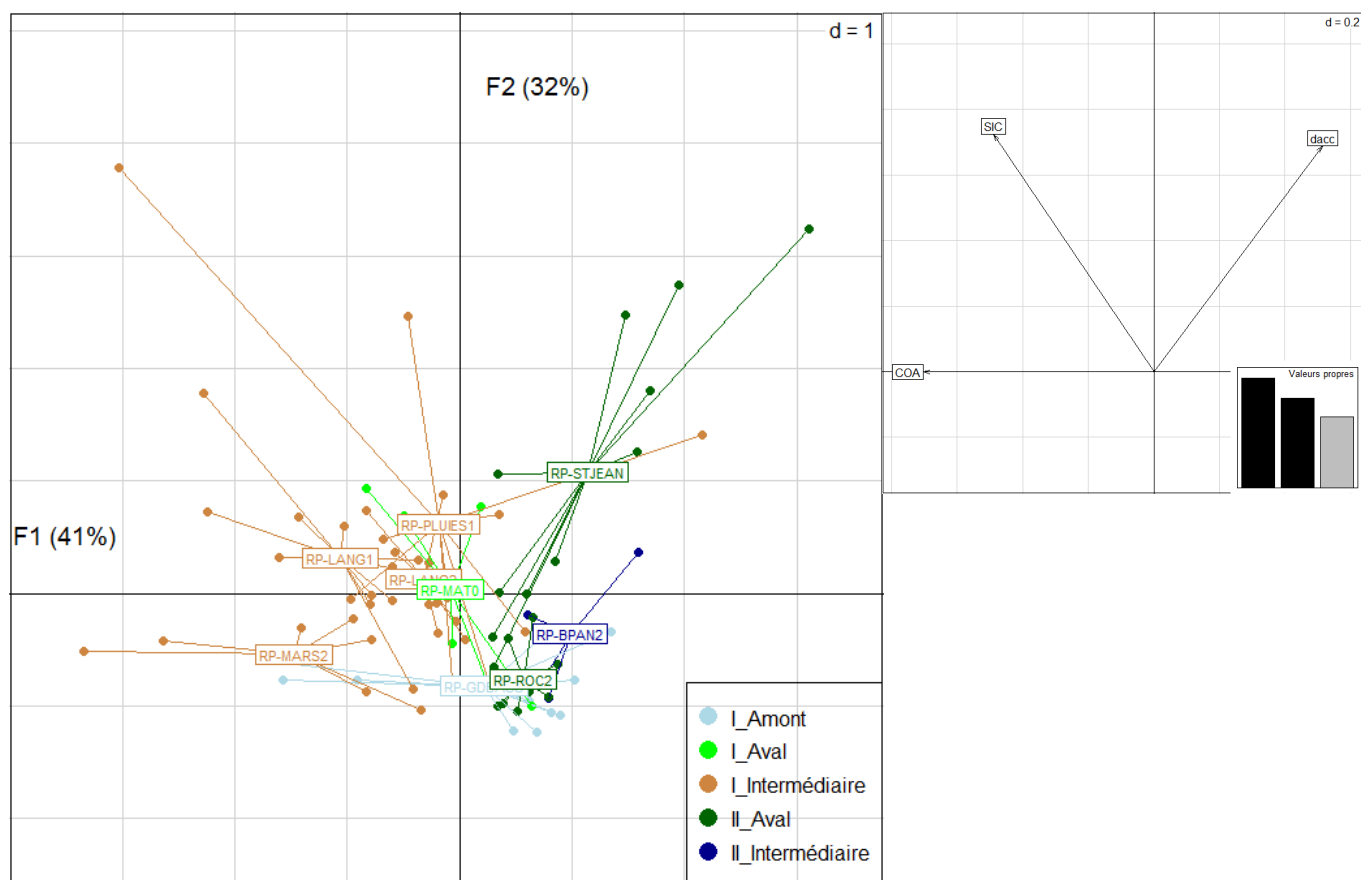


Figure 2 : A) Premier plan factoriel de l'ACP ref. Chaque point correspond à une station-campagne de référence. Chaque station est positionnée au barycentre des stations-campagnes. Les couleurs regroupent les stations selon leur type de masses d'eau. B) Premier plan factoriel de l'ACP ref des trois métriques retenues.

1.6 Ecart à la référence

L'approche DCE compatible impose une comparaison des stations « test » à une référence. Une valeur de référence doit donc être définie pour chaque métrique biologique et pour chacun des types de masses d'eau. De manière générale, les outils de bioindication se basent sur la moyenne des valeurs observées (Bonada et al. 2006³) au sein d'un type de masses d'eau. Dans le contexte des métriques « poissons » de l'île de la Réunion, ce calcul de la moyenne serait inadapté vu la variabilité importante observée au sein de chaque station de référence (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Cette variabilité, en plus du faible nombre de stations, impose d'essayer de conserver le maximum de valeurs de référence possible afin 1) d'exprimer au mieux la variabilité en conditions de référence et 2) d'avoir un nombre de valeurs statistiquement suffisant. Le choix a

³ Bonada, N., N. Prat, V. H. Resh, and B. Statzner. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring : a comparative analysis of recent approach. *Annual Review of Entomology* **51**:495-523.

donc été fait de conserver les valeurs des métriques pour toutes les pêches effectués dans tous les types (une pêche correspond à une échantillonnage réalisé dans une station à une date donnée). Ainsi, pour une valeur d'une métrique donnée d'une pêche « test » donnée, on calculera les écarts de cette valeur à chacune des pêches de référence du type correspondant. Certaines stations de référence ayant été suivies à partir de 2004 permettront d'obtenir sept valeurs d'écarts pour une campagne « test » donnée alors que celles suivies depuis 2000 donneront 11 valeurs d'écart.

1.7 Projection des pêches « test » sur l'ACP ref

La projection des stations « test » sur le premier plan factoriel de l'ACP ref présente une première illustration de l'importance des écarts entre pêches « test » et pêches de référence suivant le type de masses d'eau considéré (Figure 3).

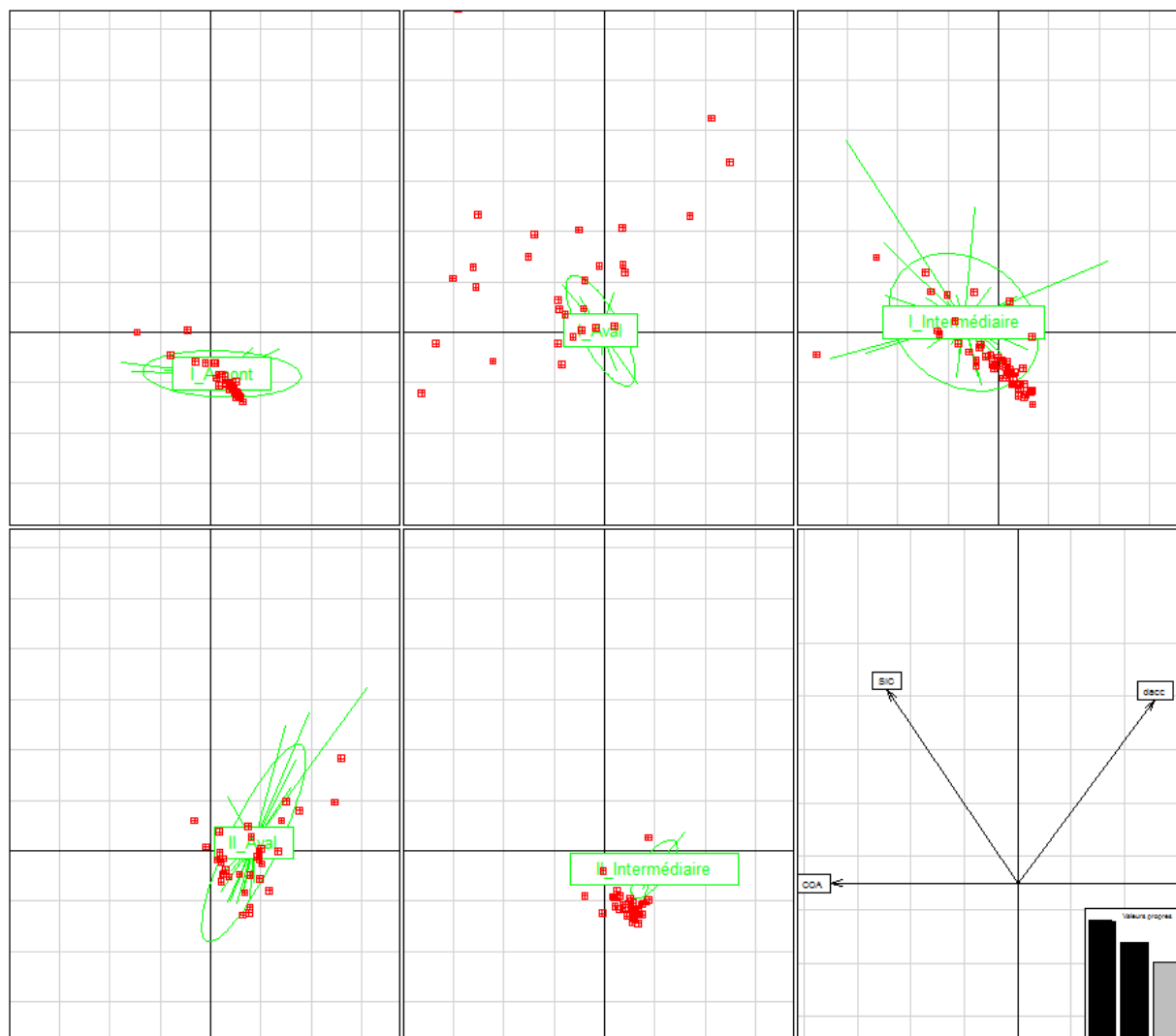


Figure 3 : Projection en individus supplémentaires des pêches « test » (carrés rouges) sur le premier plan factoriel de l'ACP ref. La distribution des valeurs de référence est représentée par une ellipse illustrant la variabilité au sein de chaque type. Le plan des métriques est redonné pour faciliter l'interprétation de la variabilité des conditions de référence.

1.8 Calcul des écarts à la référence

Dans la définition des écarts à la référence, il est important de pouvoir distinguer des écarts dus à une simple variabilité naturelle des communautés (faibles impacts anthropiques) de ceux provenant d'une modification du milieu d'origine anthropique. Au sein d'un type donné, la variabilité des conditions de référence (exprimant en grande partie la variabilité naturelle des communautés) d'une métrique donnée est quantifiée par les distances Euclidiennes entre stations-campagnes de référence. A partir de la matrice de ces distances, le coefficient de distance maximale est calculé selon un algorithme (Rao 1982⁴, Chessel et al. 2004) qui vise à estimer la distance maximale théorique que l'on pourrait obtenir selon la distribution observée des distances. Cette démarche est à rapprocher des estimateurs de richesse établis à partir des courbes de saturation (Magurran, 2004). On notera que l'algorithme conduit quasiment toujours à une valeur maximale estimée très importante⁵, toujours très supérieur à l'écart maximal observé entre stations de référence (Tableau 9).

Tableau 9 : Valeurs du coefficient de distance maximale (colonnes *divcmax*) et de l'écart maximal observé entre pêches de référence (colonnes *Obs.*) pour chaque métrique de l'IRP dans chaque type de masse d'eau.

	Type I						Type II			
	Amont		Intermédiaire		Aval		Aval		Intermédiaire	
	<i>divcmax</i>	<i>Obs.</i>	<i>divcmax</i>	<i>Obs.</i>	<i>divcmax</i>	<i>Obs.</i>	<i>divcmax</i>	<i>Obs.</i>	<i>divcmax</i>	<i>Obs.</i>
SIC	6268	158	3.07E+05	1109	78356	560	42828	414	5663	151
COA	37870	389	95533	618	610	49	1158	68	3	3
dacc	13	7	77	18	8	6	191	28	18	8

L'écart à la référence pour une métrique donnée d'une station-campagne « test » donnée, est ensuite quantifié par les distances Euclidiennes de cette pêche « test » aux pêches de référence.

Les écarts à la référence ont été standardisés en les divisant par le coefficient de distance maximale. Cette standardisation permet de fournir une échelle des écarts commune pour tous les types et toutes les métriques et faciliter la définition des échelles de qualité. Le score standardisé (e_{ik} , ci-dessous) exprime le pourcentage de différence observé entre une pêche « test » et ses pêches de référence par rapport à la différence maximale que l'on pourrait attendre au regard de la variabilité naturelle. Cet écart devrait être généralement compris dans l'intervalle [0,1] mais peut s'en écarter dans les situations nettement éloignées des conditions de référence. Du fait de la valeur élevée prise par le coefficient de distance maximale, il a été décidé de prendre la racine carrée de

⁴ Rao, C.R. 1982 Diversity and dissimilarity coefficients: a unified approach. *Theoretical Population Biology*, 21 : 24–43.

⁵ Péru, N. 2010. Apport des traits biologiques dans la caractérisation de la diversité fonctionnelle des écosystèmes lotiques en situation de référence. Thèse. Lyon 1, Villeurbanne.

l'écart afin d'avoir une meilleure utilisation de l'intervalle [0,1]. Cependant, ceci a pour conséquence de réduire la valeur des écarts >1. Ceci sera pris en compte lors de la construction des classes de qualité.

$$e_{ik} = \sqrt{\frac{d_{\text{Euclid}}(\text{REF}_{jl}, \text{TEST}_{ik})}{\text{divc}_{\text{max}}(d_{\text{Euclid}}(\text{REF}))}}$$

avec, e_{ik} : l'écart à la référence de la station test i lors de la campagne k ; REF_{jl} : la valeur pour la station de référence j de la campagne l et $\text{divc}_{\text{max}}(d_{\text{Euclid}}(\text{REF}))$: le coefficient de distance maximale entre stations de référence.

Une distance étant sans signe par définition, nous avons conservé le signe de la différence :

$$\text{sgn}(e_{ik}) = \text{REF} - \text{TEST}$$

Avec REF et TEST, les valeurs brutes des métriques pour les stations-campagnes de référence et la station-campagne « test » respectivement.

Par ce mode de calcul, il y a deux possibilités quant à l'interprétation des valeurs des e_{ik} (qui varie donc après cette conservation du signe de $-\infty$ à $+\infty$) :

-la **réponse de la métrique** est supposée **croissante** (d'après les hypothèses du sens de variations des métriques à un impact) : la pression est supposée induire une augmentation de la valeur de la métrique. Dans ce cas, les **impacts devraient être mesurés par des $e_{ik} < 0$** dont la valeur absolue est d'autant plus forte que l'on s'écarte de la situation de référence.

-la **réponse de la métrique** est supposée **décroissante** (d'après les hypothèses du sens de variations des métriques à un impact) : la pression induit une réduction de la valeur de la métrique. Dans ce cas, les **impacts devraient être mesurés par $e_{ik} > 0$** dont la valeur absolue est d'autant plus forte que l'on s'écarte de la situation de référence. C'est le cas avec les métriques biologiques choisies pour calculer l'IRP.

A la suite de cette étape, nous disposons d'un ensemble de valeurs d'écarts aux valeurs de référence pour chaque métrique d'une station-campagne « test » donnée. Nous avons choisi de retenir la médiane de cette distribution comme valeur servant à définir la classe de qualité pour la station-campagne « test ».

En résumé, si après calcul on obtient pour une métrique donnée, un signe opposé au sens attendu des impacts, on est en situation de non-impact. Par exemple, si on observe une

augmentation de la densité en SIC ($e_{ik} < 0 = \text{REF-TEST} < 0$) alors qu'un impact devrait induire une diminution ($e_{ik} > 0 = \text{REF-TEST} > 0$) alors on est en situation de non-impact.

2 Construction des classes de qualité et détermination de la note finale

La construction de l'échelle de qualité a été faite à partir de la distribution empirique des écarts à la référence pour toutes les métriques confondues.

Dans le cas d'une métrique dont la valeur est supposée diminuer en réponse à un impact, on attend une valeur d'écart positive (respectivement négative dans le cas d'une métrique en augmentation) en cas d'impact. Les trois classes de mauvais état au sens DCE (i.e. : « Etat moyen », « Mauvais état » et « Très mauvais état »), seront donc définies dans l'intervalle $]0, +\infty[$ (respectivement $]-\infty, 0[$). De fait, toutes les valeurs d'écart >1 (respectivement <-1) s'écartent très fortement de la référence et constituent donc la classe de « Très mauvais état » et se verront attribuer un score de 1. Les écarts entre 0.55 et 1 (respectivement -1 et -0.55), constitueront la classe « Mauvais état » et auront un score de 2. Nous avons choisi de considérer un écart à la référence de 10% (en valeur absolue) comme acceptable d'un point de vue écologique. Ainsi, la classe « Etat moyen » (score de 3) sera attribuée pour des écarts dans l'intervalle 0.55 et 0.1 (respectivement -0.55 et -0.1) et le « Bon état » (score de 4) sera atteint pour des écarts entre 0.1 et -0.5 (respectivement -0.1 et 0.5). Ces intervalles sont repris dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Limites des 5 classes d'état écologique définies à partir des hypothèses sur le sens de variation des métriques en réponse à un impact. Les valeurs dans les intervalles correspondent aux écarts avec leur signe.

Réponse de la métrique	
Etat	$e > 0$
Très mauvais	$]1, +\infty[$
Mauvais	$]0.55, 1]$
Moyen	$]0.1, 0.55]$
Bon	$] -0.5, 0.1]$
Très bon	$] -\infty, -0.5]$

La Figure 4 montre un exemple de sortie graphique.

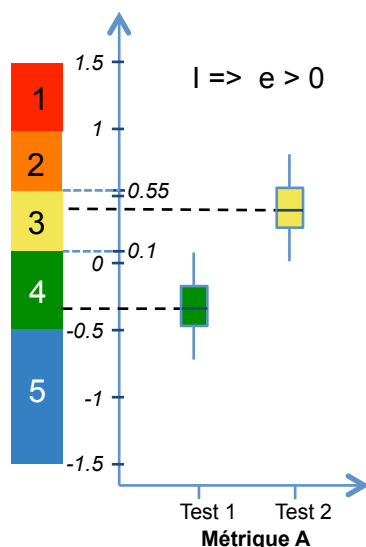


Figure 4 : Exemple fictif de graphe des notes de l'IRM pour deux métriques A et B dans deux stations « test » 1 et 2.

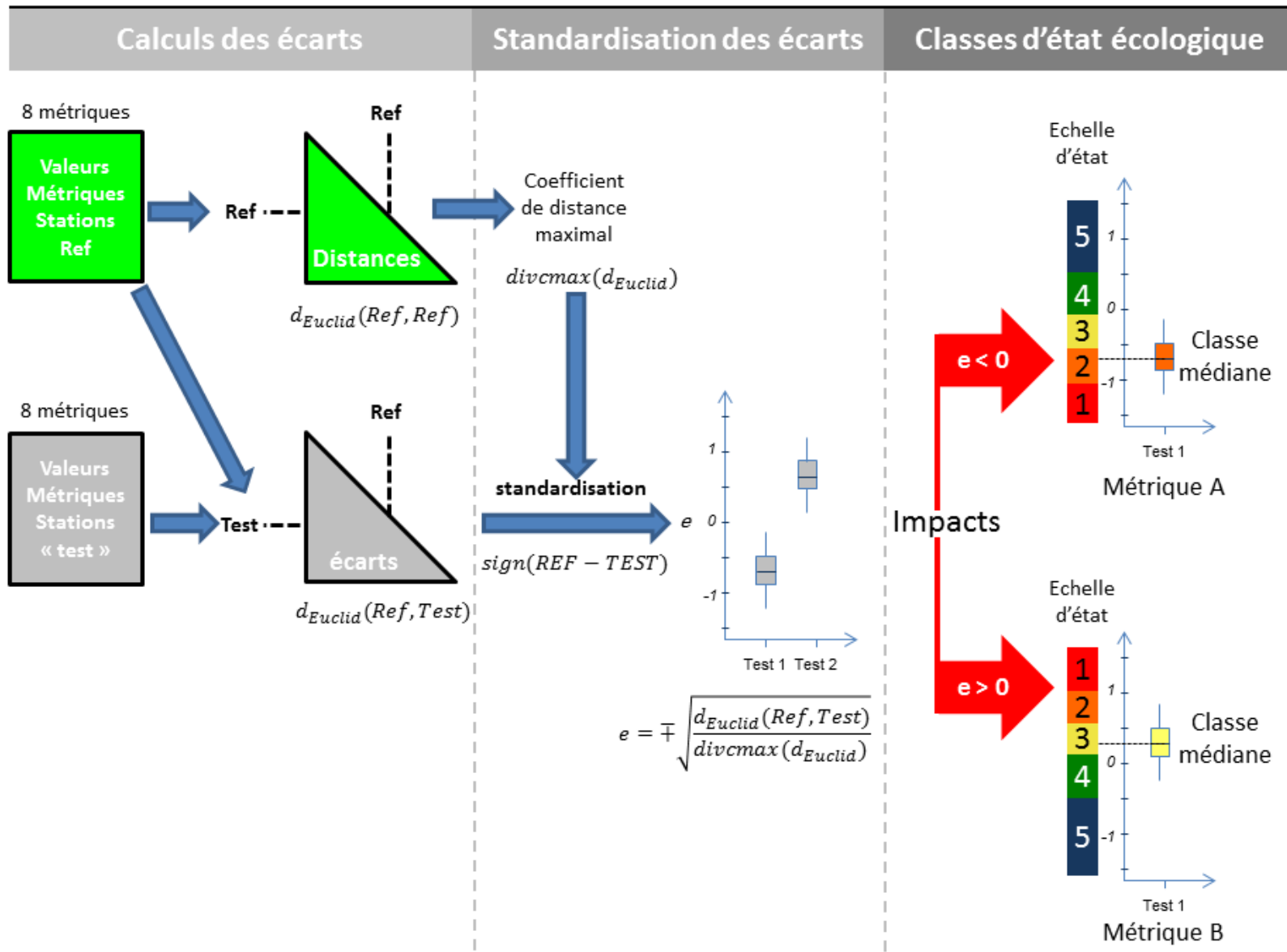
La note globale de l'IRM est donc calculée en additionnant les 8 notes de qualités exprimées par chacune des 8 métriques biologiques et écologiques retenues. On obtient ainsi une note / 40 (Tableau 11).

Tableau 11 : Notes calculées en additionnant les 8 métriques biologiques et écologiques retenues et limites des 5 classes de qualité.

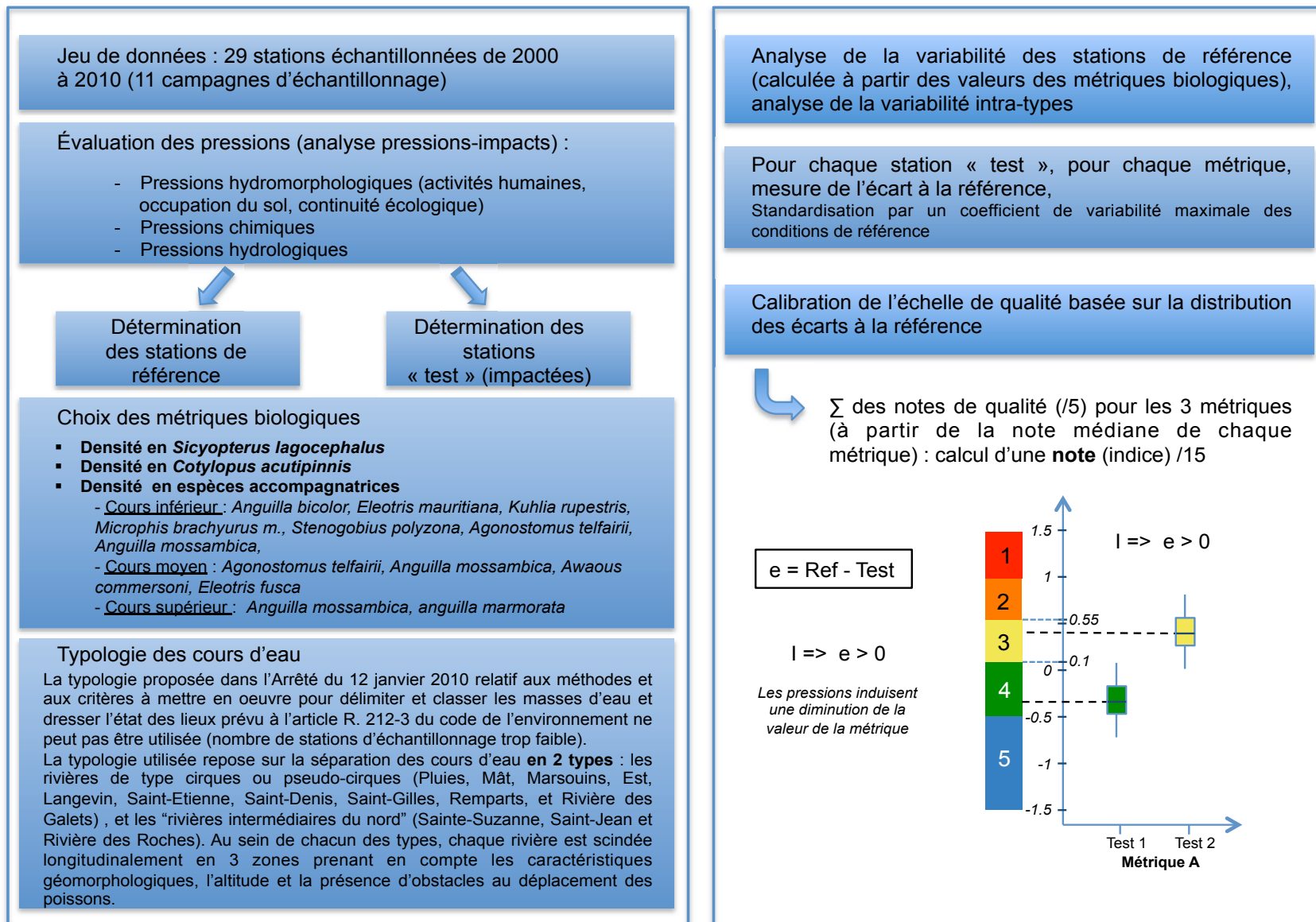
Etat	Note
Très mauvais	[3-5]
Mauvais	[6-8]
Moyen	[9-11]
Bon	[12-14]
Très bon	15

Démarche de la construction de l'indice IRP.

Trois grandes étapes de la construction de l'indice : 1 - *Phase de calcul des écarts* : calcul de deux matrices de distances pour chaque métrique retenue entre stations de référence (triangle vert) d'une part, et entre stations « test » et stations de référence d'autre part (triangle gris). 2 - *Phase de standardisation des écarts* : la matrice de distances entre stations de référence sert de base au calcul du coefficient de distance maximale. Les écarts Ref-Test sont divisés par ce coefficient. L'écart utilisé correspond à la racine carrée de ce quotient auquel est affecté le signe de la différence entre la valeur de référence de la métrique et la valeur test. 3 - *Phase de construction des classes d'état écologique* : définies selon le sens de variation attendu en réponse à un impact et également selon la distribution empirique des écarts à la référence (e). La médiane de la distribution des écarts d'une station « test » est utilisée pour définir la classe d'état écologique finale de la station.



Résumé de la démarche méthodologique – Indice Réunion macroinvertébrés (IRP)



3 Résultats

Les valeurs d'indices calculées (Tableau 12) pour les 20 stations test montrent que :

- les notes obtenues sont très stables sur la période d'échantillonnage pour 15 stations sur 20,
- les notes diminuent légèrement sur la période à la station Saint-Etienne, notamment en 2009-2010 (réfection du pont ?), ce phénomène est essentiellement à la note de la métrique « densité en espèces d'accompagnement », la même observation peut être faite pour la Rivière Sainte-Suzanne,
- à l'inverse, les notes de l'indice semblent plus élevées depuis 2005 à la station GAL1 et ce notamment grâce à une augmentation de notes liées à la densité des 2 espèces de bouches rondes, il en est de même pour la Ravine Saint-Gilles,
- les notes sont globalement bonnes à la station MARS (aval de la rivière des Marsouins).

Tableau 12 : Notes obtenues pour chaque station « test » à chaque campagne de pêche à partir des 3 métriques biologiques utilisées dans le calcul de l'IRP.

RP-BPAN1	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
dacc	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3,00	4,00	0,33	4,00
Note	12	12	12	12	11	12	12	12	12	-	-	-	-

RP-ROC1	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
dacc	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
Note	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	-	-	-	-

RP-STDENIS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3,00	4,00	0,30	4,00
COA	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4,00	5,00	0,30	5,00
dacc	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3,00	0,00	3,00
Note	12	12	12	11	11	12	12	12	12	12	12	-	-	-	-

RP-STJEAN1	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
dacc	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
Note	12	12	12	12	12	12	12	-	-	-	-

RP-STESUZ	2000	2001	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
dacc	5	5	4	4	3	4	3	3	4	3,00	5,00	0,78	4,00
Note	13	13	12	12	11	12	11	11	12	-	-	-	-

RP-PLUIESO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
COA	4	3	4	5	4	4	3	3	5	0,69	4,00
dacc	5	5	4	3	3	3	5	3	5	1,00	4,00
Note	13	12	12	12	11	11	12	-	-	-	-

P-GAL1	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	3	3	4	3	3	4	4	4	3	4	4	3,00	4,00	0,52	4,00
COA	4	1	2	3	5	5	5	5	5	5	5	1,00	5,00	1,45	5,00
dacc	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3,00	5,00	0,60	3,00
Note	10	7	9	9	11	12	12	14	11	12	12	-	-	-	-

RP-LANG3	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
dacc	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3,00	0,00	3,00
Note	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	-	-	-	-

RP-FLJA	2000	2001	2002	2003	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
dacc	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3,00	0,00	3,00
Note	11	11	11	11	11	11	11	11	11	-	-	-	-

RP-MAT3	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
dacc	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3,00	0,00	3,00
Note	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	-	-	-	-

RP-MAT2	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
dacc	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3,00	0,00	3,00
Note	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	-	-	-	-

RP-MAT1	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
dacc	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	4,00	0,30	3,00
Note	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	-	-	-	-

RP-MARS3	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
dacc	3	4	4	4	4	3	4	4	3	0,49	4,00
Note	11	12	12	12	11	12	12	-	-	-	-

RP-MARS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	4,00	5,00	0,52	5,00
dacc	3	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	3,00	5,00	0,69	5,00
Note	12	13	13	14	13	12	14	13	13	12	14	-	-	-	-

RP-BPLA2	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
dacc	3	4	3	3	3	3	3	3	4	0,38	3,00
Note	11	12	11	11	11	11	11	-	-	-	-

RP-BPLA1	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,00	4,00
dacc	4	4	3	3	4	4	4	3	4	0,49	4,00
Note	12	12	11	11	12	12	12	-	-	-	-

RP-STETIEN	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4,00	5,00	0,50	4,00
dacc	3	3	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3,00	5,00	1,04	3,00
Note	12	12	13	13	13	13	13	12	12	11	11	-	-	-	-

RP-EST	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
dacc	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3,00	4,00	0,53	3,50
Note	11	11	12	12	12	12	11	12	11	11	-	-	-	-

RP-STGIL	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	min	max	écart-type	médiane
SIC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00	4,00	0,00	4,00
COA	1	2	2	2	1	1	3	5	5	5	4	1,00	5,00	1,66	2,00
dacc	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,00	3,00	0,00	3,00
Note	8	9	9	9	8	8	10	12	12	12	11	-	-	-	-

RP-REMPART	2007	2008	2009	2010	Min.	Max.	écart-type	Median
SIC	4	4	4	4	4	4,00	0	4
COA	4	4	4	4	4	4,00	0	4
dacc	3	3	3	3	3	3,00	0	3
Note	11	11	11	11	11	-	-	-

4 Discussion

La plupart des stations poissons atteignent un état écologique « Bon » ou « Moyen » et ces valeurs sont relativement stables au cours des 11 années de suivi. Cependant, les valeurs des métriques calculées dans les stations de référence sont sans aucun doute surestimées en raison de la méthode de déclassement choisie pour disposer de stations de référence. Certaines stations proches des embouchures, fortement impactées par les activités de pêche aux bichiques (entre autres), atteignent de manière surprenante un bon état écologique (MARS, Rivière des Marsouins et STETIEN, Rivière St-Etienne jusqu'en 2008).

Même si la procédure de calcul est pertinente, les valeurs d'indice obtenues pour les stations « test » semblent donc surestimer l'état écologique de ces stations. Plusieurs hypothèses permettraient d'expliquer ce phénomène :

- la forte variabilité intra-types des stations de référence ;
- le (relativement) faible nombre de stations ;
- le faible nombre de métriques biologiques ou écologiques potentiellement utilisables.

L'Indice Réunion Poissons (IRP) proposé dans ce travail constitue une première étape (version 0), majoritairement destinée à établir une méthodologie de calcul basée sur une méthode DCE compatible.

Les données utilisées sont issues d'un plan d'échantillonnage établi en 2000 pour satisfaire des objectifs différents. Suite à la mise en œuvre de la DCE et compte tenu du coût important de l'acquisition des données, le réseau piscicole en place n'a pas été modifié. Il est maintenant évident qu'il serait souhaitable de le réadapter en fonction des exigences imposées par une démarche de calcul de l'IRP qui tiendrait mieux compte de la typologie des masses d'eau proposée en 2010⁶.

La méthodologie employée s'appuie sur un inventaire détaillé et quantitatif des pressions-impacts à l'échelle du tronçon, cette étape étant incontournable. Fin 2011, ces données n'étaient que partiellement disponibles et un important travail de recensement des pressions, au droit des stations d'échantillonnage, a dû être entrepris. Le jeu de données utilisé n'est donc pas optimal et devra prochainement être complété. Il constitue néanmoins une base de données utilisable dans le

⁶ 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, Journal officiel de la République Française, 2 février 2010.

cadre de l'établissement d'une version initiale des indices (calage de la méthodologie). Le travail réalisé sur l'analyse de la continuité écologique a constitué une aide précieuse pour évaluer les pressions sur les stations du réseau piscicole.

L'utilisation des organismes aquatiques en tant que bio-indicateurs de la qualité écologique des cours d'eau repose sur une bonne connaissance des exigences écologiques et de la biologie de ces organismes. L'élaboration d'indices pertinents en milieux tempérés (I2M2 ou IPR+) n'aurait pu se faire sans cette connaissance. L'échantillonnage réalisé entre 2000 et 2010 a permis d'acquérir des connaissances précises sur la composition faunistique des peuplements de poissons.

L'acquisition de données complémentaires sur la biologie et l'écologie des poissons indigènes devra être poursuivie pour confirmer les métriques actuelles et, éventuellement, motiver l'utilisation de nouvelles métriques.

Conclusions générales

La convention recherche et développement entre l'OLE et le CNRS avait pour objectifs :

- l'acquisition de données « invertébrés » et « poissons » sur un ensemble de stations (collaboration entre l'ARDA et l'UMR CNRS 5023) ;
- le traitement, l'analyse, la bancarisation et l'interprétation des données ;
- le développement des modalités de caractérisation des indices multimétriques « invertébrés » et « poissons » ;
- l'élaboration d'un nouvel atlas des macroinvertébrés des cours d'eau réunionnais.

L'acquisition de données « invertébrés » et « poissons » a été réalisée conformément au projet, à l'exception d'une station d'invertébrés (Marsouins amont) qui n'a pas pu être échantillonnée (étiage sévère).

Toutes les données ont été stockées en bases de données.

Le présent rapport fournit une analyse synthétique des résultats obtenus sur les 3 années.

L'important travail de collecte de données a permis :

- d'augmenter la robustesse du jeu de données « poissons » après la modification du plan d'échantillonnage en 2004 ;
- d'acquérir de nouvelles données de bonne qualité sur les peuplements de macroinvertébrés des rivières pérennes de la Réunion et sur les paramètres clés de l'habitat ;
- d'élaborer une nouvelle version de l'Atlas des macroinvertébrés aquatiques de l'île de la Réunion ;
- de réaliser un travail d'analyse synthétique sur la variabilité spatio-temporelle des peuplements (invertébrés et poissons) ;
- de mettre à disposition les données nécessaires pour la construction des indices.

L'objectif principal de cette étude était d'estimer la faisabilité du développement d'indices de bio-indication de la qualité écologique des cours d'eau, compatibles avec les exigences de la DCE. Les procédures de calcul imposées par la DCE nécessitent de disposer

de nombreuses données de qualité sur les « pressions-impacts » à l'échelle des tronçons de cours d'eau ainsi que d'une gamme de stations d'échantillonnage réparties le long d'un gradient de perturbations anthropiques. Des jeux de données importants sont alors indispensables pour valider une approche statistique robuste.

L'analyse conjointe des données de pressions-impacts actuellement disponibles et des données biologiques collectées a permis la mise au point de deux indices de bio-évaluation multimétriques (IRM et IRP, versions 0) utilisant respectivement les structures de peuplements des macroinvertébrés et des poissons.

Même si la procédure de calcul est pertinente, les valeurs d'indices obtenues pour les stations « test » semblent surestimer l'état écologique de ces stations. Plusieurs hypothèses permettraient d'expliquer ce phénomène :

- la nécessité d'affiner les données concernant la quantification des « pressions-impacts » ;
- la forte variabilité intra-types des stations de référence qui remettrait en question la typologie des masses d'eau ;
- la faiblesse statistique du jeu de données (notamment temporelle pour les invertébrés) ;
- le faible nombre de métriques biologiques ou écologiques potentiellement utilisables actuellement ;
- la définition de l'état de référence attribué à certaines stations a probablement été surévalué pour les invertébrés et a nécessité un travail de déclassement des stations pour les poissons, notamment vis à vis des pressions relatives à la continuité écologique (pêche aux bichiques).

Dans ces conditions, une amélioration du jeu de données pris en compte (pressions et données biologiques) conduira sans doute à une révision de l'état des peuplements en conditions de référence. Une acquisition de connaissances supplémentaires sur la biologie et l'écologie des espèces devrait permettre de préciser la réponse des peuplements et des populations aquatiques aux perturbations induites par les activités humaines.

Il sera probablement nécessaire de discuter de la pertinence de la typologie des masses d'eau proposée en 2010. Une remise en question de cette typologie pourrait induire une révision des plans d'échantillonnage afin de les mettre en concordance avec la typologie retenue (de manière importante pour les poissons et dans une moindre mesure pour les invertébrés).

Enfin, l'analyse des pressions révèle la nécessité d'élaborer des politiques de gestion des milieux aquatiques en cohérence avec les objectifs DCE.