

Séminaire ONEMA outre-mer : restitution des actions de bioindication

Invertébrés benthiques des cours d'eau des Antilles : l'Indice Biologique Macroinvertébrés Antilles (IBMA)

Caroline Bernadet¹, Heliott Tournon-Poncet¹, Nicolas Bargier¹, Régis Cereghino²

¹ Asconit Consultants

² Université Paul Sabatier Toulouse III, CNRS, Laboratoire Ecolab





Contexte local (Martinique et Guadeloupe)

Bioévaluation de la qualité des cours d'eau

- **Un indice existant peu performant** : IB971 (DESU Barthe, 2002)
- **Un contexte biogéographique particulier** : l'I₂M₂ (Mondy et al., 2012) n'est pas applicable car les communautés sont différentes (ex. absence de Plécoptères)
- Utilisation des **indices de Shannon et Equitabilité de Piélou**



Développement d'un indice basé sur les macroinvertébrés benthiques



Les exigences de la DCE

Les macro-invertébrés benthiques



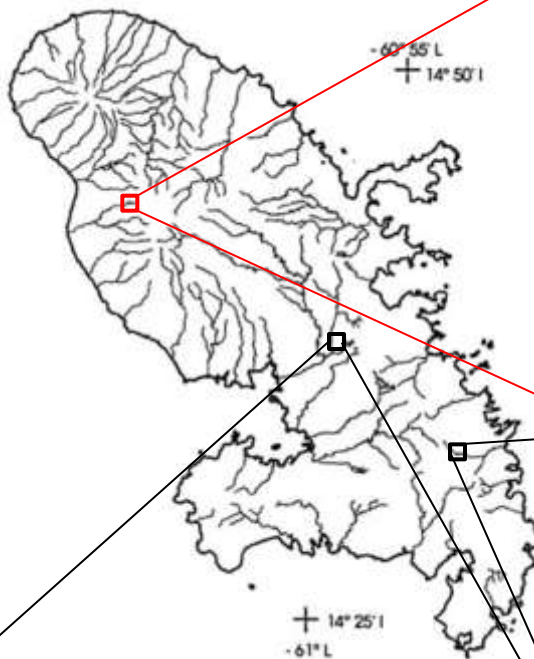
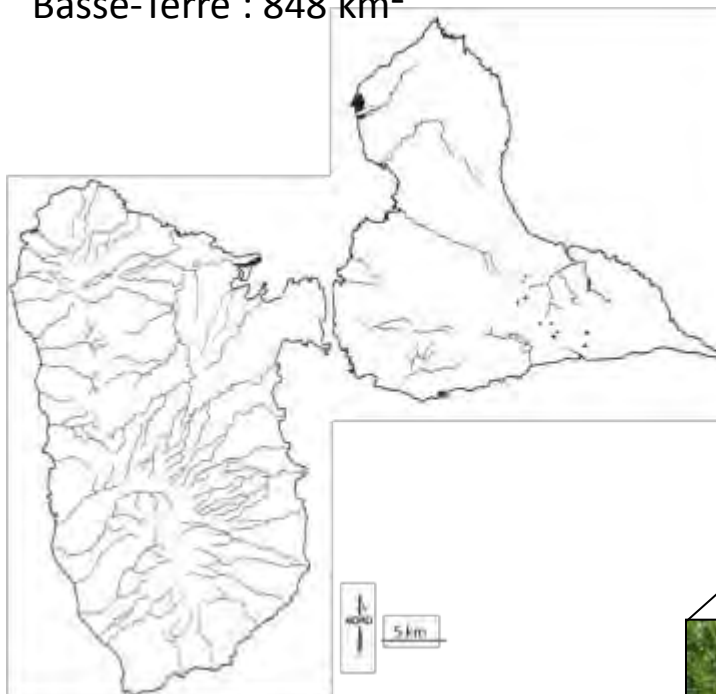
- L'évaluation doit être réalisée par rapport à une situation de référence
- La typologie des masses d'eau doit être considérée, ainsi que
- L'abondance des macroinvertébrés benthiques
- Leur diversité
- Un ratio d'espèces sensibles sur espèces tolérantes



Le réseau hydrographique

Martinique : 1128 km²

Basse-Terre : 848 km²



Bassin versant	Superficie	Linéaire du cours d'eau principal
la Lézarde	116 km ²	35,8 km
la Capot	57 km ²	21,8 km
le Galion	37 km ²	23,2 km
la Rivière Salée	36 km ²	20,6 km
le Lorrain	35 km ²	18,4 km



Pressions anthropiques sur les cours d'eau

Pressions agricoles



Pressions liées à l'urbanisation



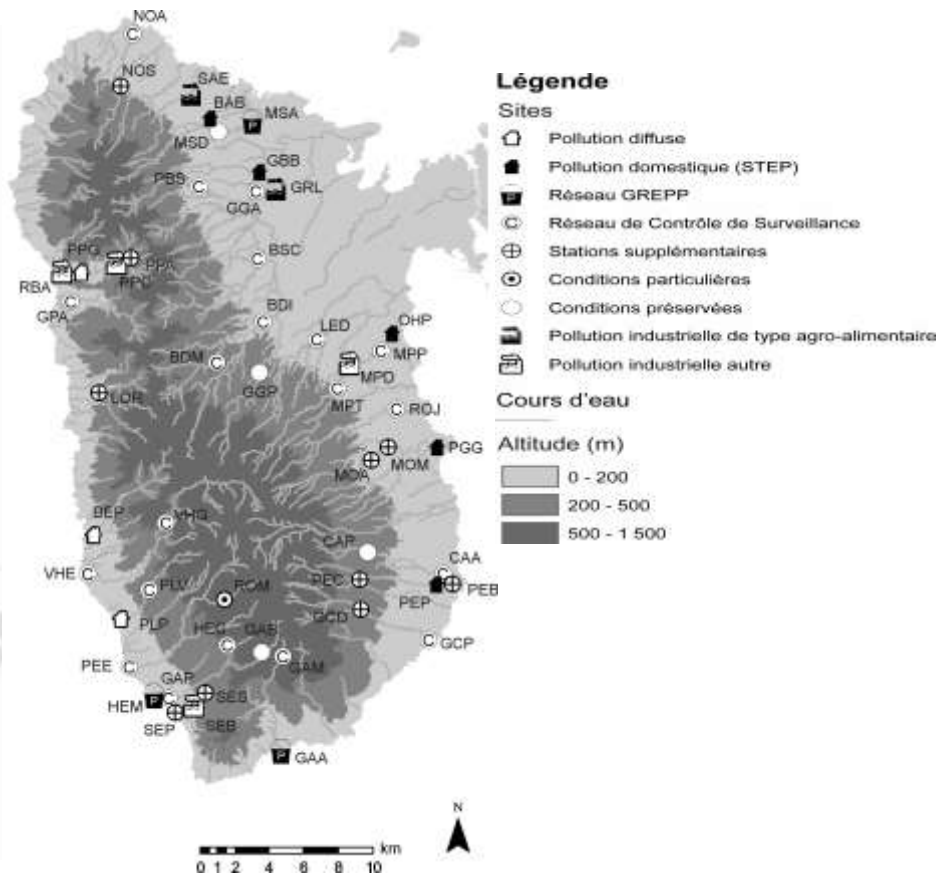
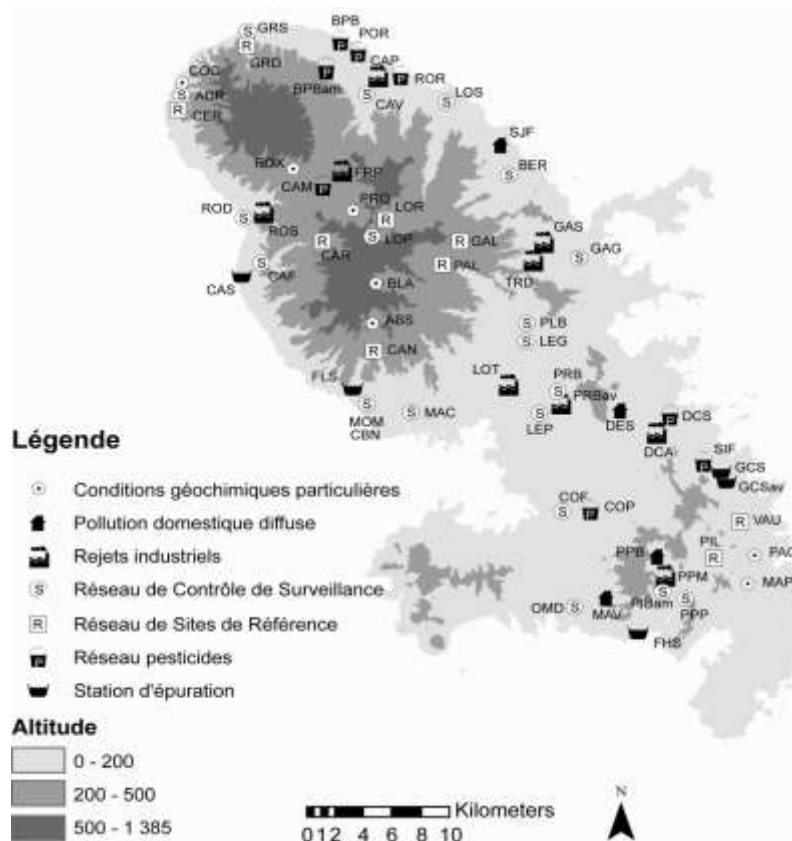
Stations d'épuration non conformes



Rejets industriels



Matériel et méthode



63 et 52 stations
3 campagnes de terrain
(carême et hivernage)

Stations caractérisées par :

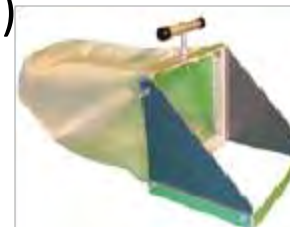
- 21 paramètres physico-chimiques
- 3 variables d'occupation des sols
- macroinvertébrés benthiques



Matériel et méthode

Protocole de prélèvement des macroinvertébrés benthiques

Protocole normalisé XP T 90-233 (Afnor, 2009)



12 prélèvements, répartis 3 phases :

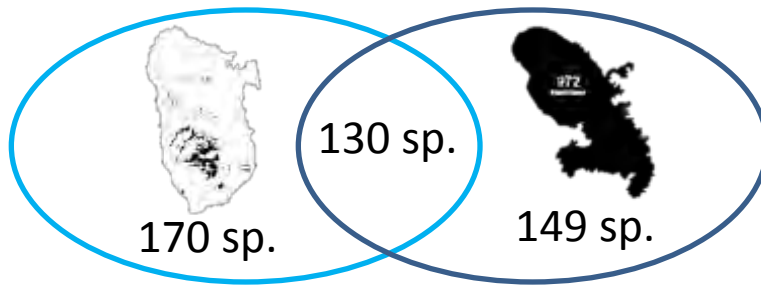
- Phase A : 4 prélèvements dans les habitats marginaux
- Phase B: 4 prélèvements dans les habitats dominants selon l'ordre d'habitabilité
- Phase C : 4 prélèvements dans les habitats dominants au prorata de leurs surfaces relatives.





Macroinvertébrés : biodiversité locale

- Connaissance taxonomique insuffisante de certains groupes (diptères)
- Un pool d'espèces pauvre comparé aux continents, mais une faune parmi les plus diversifiées des Petites Antilles



= **194 sp.** au total

Dont six espèces citées pour la première fois
aux Antilles françaises



Thiara scabra



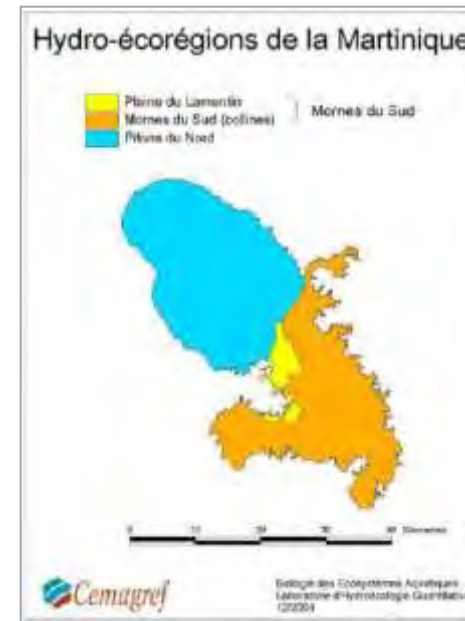
*Cherax
quadricarinatus*



Développement d'un indice commun

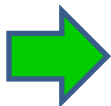


Typologies existantes



« Une confirmation sur la base des données hydrobiologiques reste nécessaire »
(Chandesris et al., 2005 ; Martinique)

« Cette différence entre cours amont et aval serait à valider en fonction de données biologiques complémentaires, notamment d'échantillonnage de macro-invertébrés »
(Wasson et al., 2004 ; Guadeloupe)

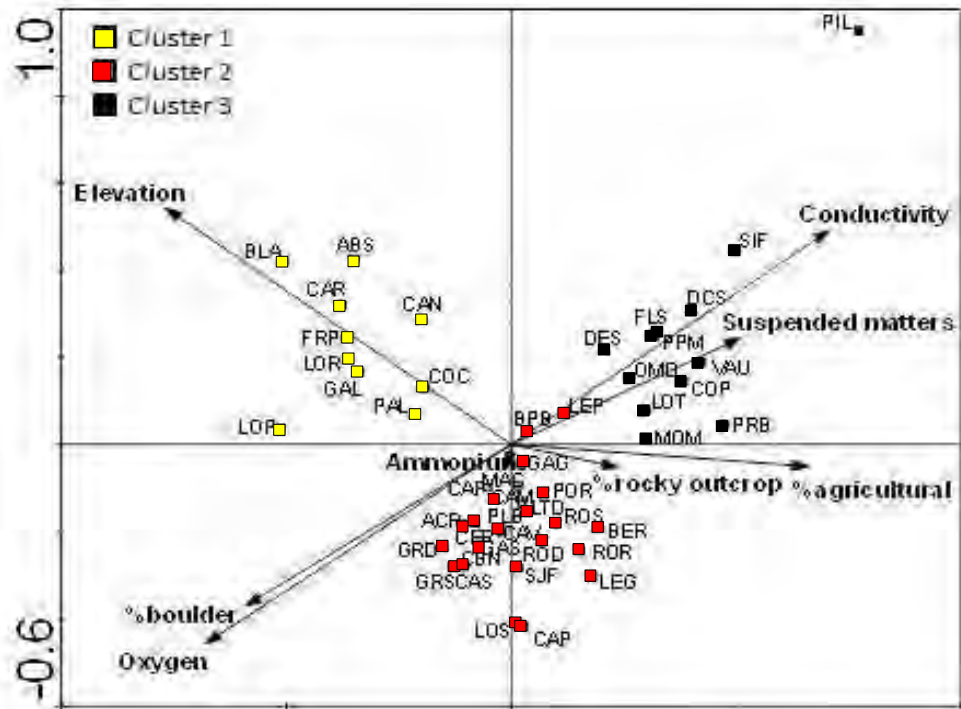


Nécessité de faire une classification biotypologique



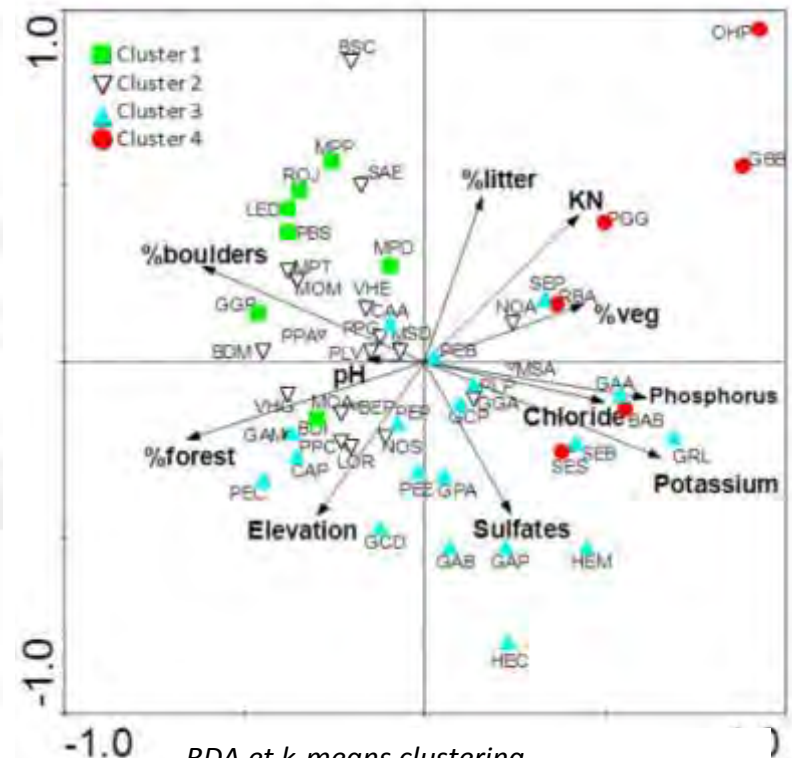
La biotypologie

MARTINIQUE



Analyse Canonique des Correspondances et algorithme de Ward

GUADELOUPE



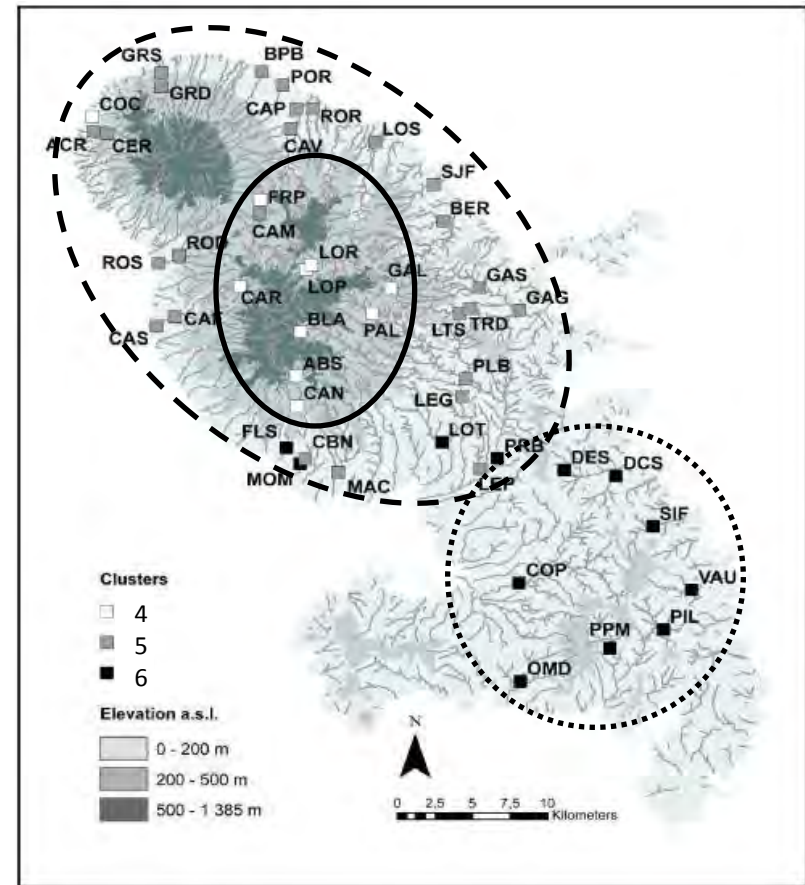
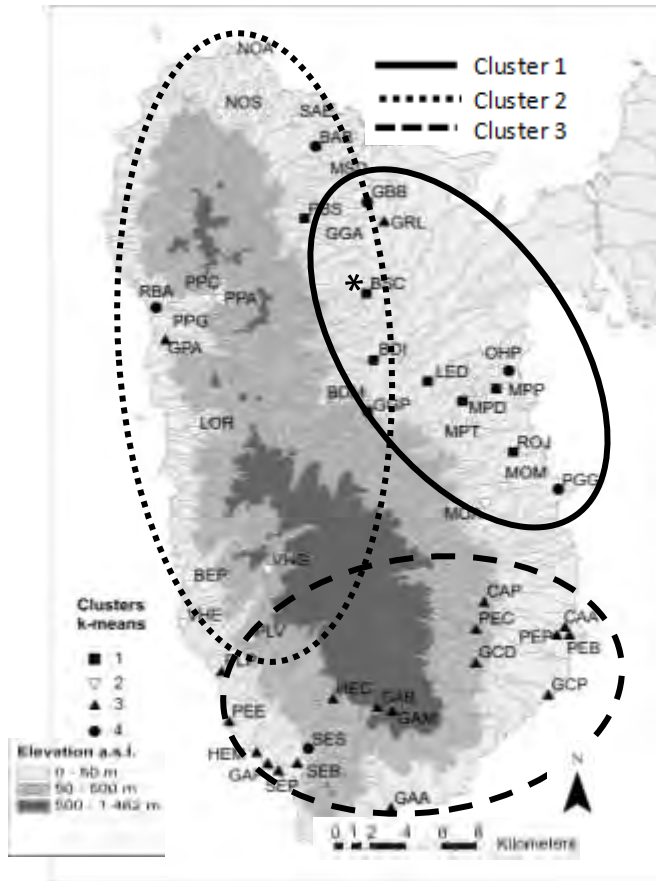
RDA et k-means clustering



Partition de variance : les **facteurs géomorphologiques** sont les principaux facteurs structurant les communautés.



La biotypologie



Six types de stations homogènes (communautés et habitats) dégagés, malgré la forte ubiquité de la faune



Le regroupement est essentiellement géographique.



Identification des sites de références

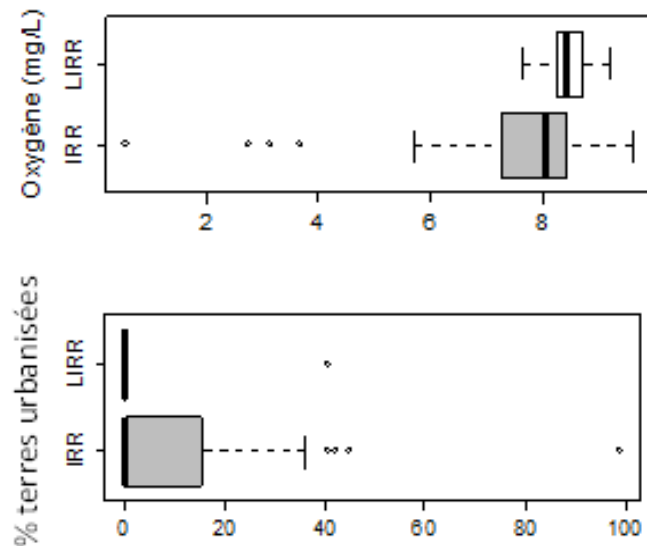
Sur la base des données chimiques

115 sites, répartis en deux catégories :

- sites de moindres impacts (**LIRRs**) dans chacun des types (cf. biotypologie)
- sites impactés (**IRRs**)

39 SITES DE REFERENCE :

Sites du réseau patrimonial de référence
+ quelques sites amont du réseau
complémentaire





Indice

Méthodologie I₂M₂ (Mondy, 2012)



Indice : Données utilisées

Jeux de données : jeu d'apprentissage / jeux tests



Données faunistiques

411 métriques (descripteurs) calculées :

- Relatives à la richesse taxonomique
- Quantitatives des communautés
- Composites (ex. indice de Shannon)
- Relatives aux traits bio-écologiques (ex. « type de respiration »)

Echelles de calcul

A ou B ou C = bocal individuel
A + B = substrats les plus habitables
B + C = substrats dominants
A+B+C = station entière



Indice : Normalisation des métriques



Pour enlever l'influence du « type » de cours d'eau

$$SES = (Obs - M_{type}) / sd_{type}$$

Valeurs de références fixées



Pour que les métriques évoluent dans le même sens (décroissantes)



Pour exprimer les résultats sous forme de ratios de qualité écologique (EQRs) bornés entre 0 et 1

$$0 \leq EQR \leq 1$$



Métrique décroissante

$$EQR = (Obs - Mini_{LIRRS}) / (Maxi_{LIRRS} - Mini_{LIRRS})$$

Métrique croissante

$$EQR = 1 - (Obs - Mini) / (Maxi - Mini)$$

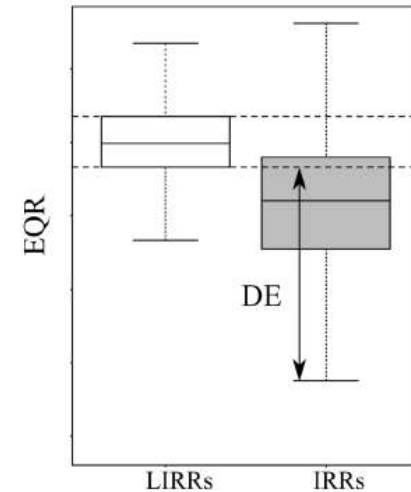
Les métriques pourront être comparées et les plus pertinentes sélectionnées



Indice : Sélection des métriques

4 critères

- ➔ **Une forte efficacité de discrimination (DE) : $DE \geq 0.6$**
- ➔ **Une forte stabilité en conditions de référence : $CV \leq 1/3$**
- ➔ **Une faible spécificité (métriques généralistes) :**
corrélation à au moins 9 des 13 paramètres physico-chimiques et à 1 des trois variables de couverture du sol
- ➔ **Non-redondance des métriques**



411
métriques

74
métriques

34
métriques

7
métriques



Indice : Métriques sélectionnées

- la richesse taxonomique (B+C)
- le nombre de taxons de Trichoptères (B+C)
- le nombre de taxons d'Ephéméroptères + Trichoptères + Coléoptères (ETC) (A+B)
- l'abondance d'Ephéméroptères (B+C)
- l'indice de Shannon (B+C)
- préférence habitat « Blocs »
- préférence habitat « Vase »

CRITERES d'un indice DCE-compatible

- Prise en compte de la diversité
- Prise en compte de l'abondance
- Considère la sensibilité des taxons à la pollution



Calcul de l'indice multimétrique

L'indice multimétrique final a été nommé IBMA pour « **Indice Biologique Macroinvertébré des Antilles** ».

$$\text{IBMA} = \sum (\text{DE}_m \cdot \text{EQR}_m) / \sum \text{DE}_m$$

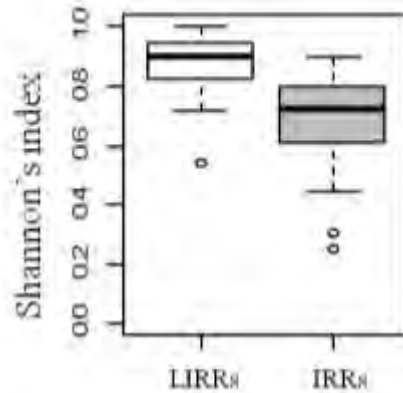
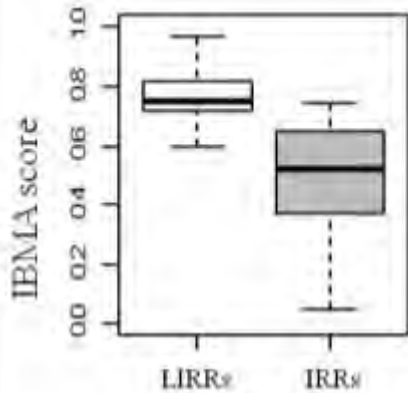
avec DE_m l'efficacité de discrimination de la métrique « m » et EQR_m la valeur d'EQR de la métrique « m ».



Test de l'indice

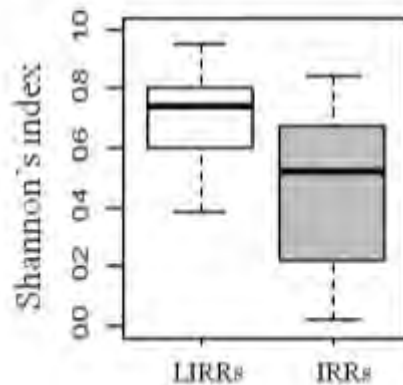
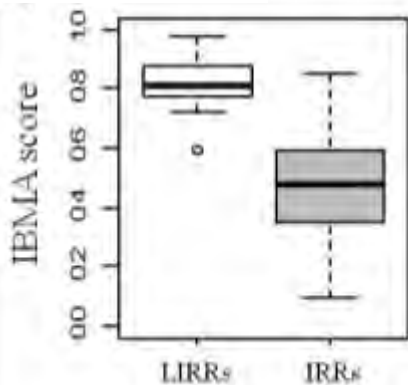
➔ Comparaison avec l'indice de Shannon

Guadeloupe



	Shannon	IBMA
DE	0.83	0.93
CV_LIRRs	0.12	0.12

Martinique



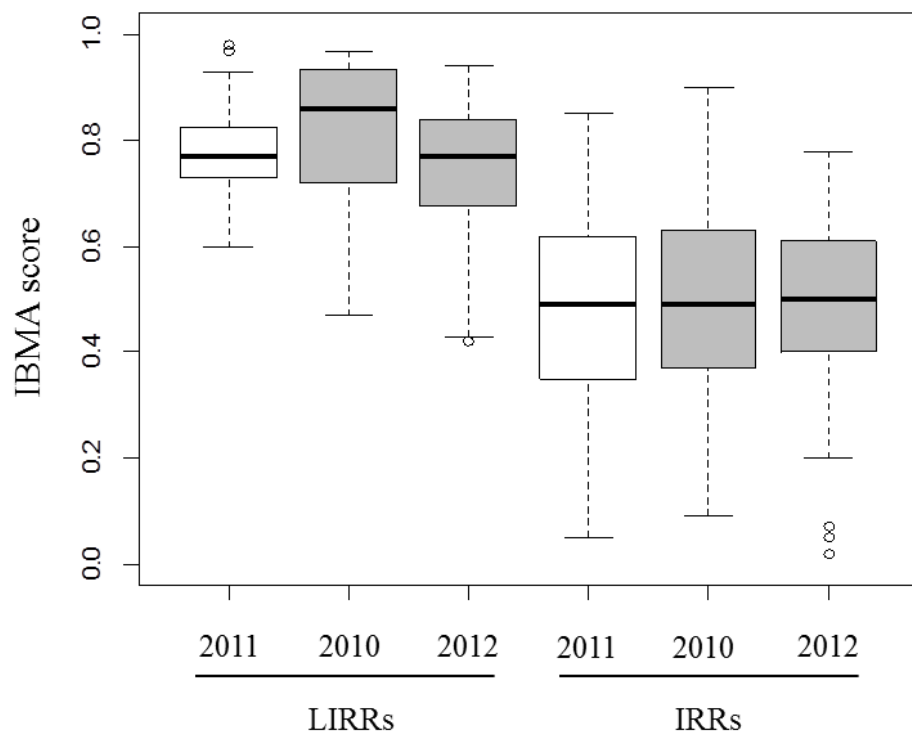
	Shannon	IBMA
DE	0.63	0.96
CV_LIRRs	0.22	0.11



Test de l'indice



Application aux jeux de données « tests »



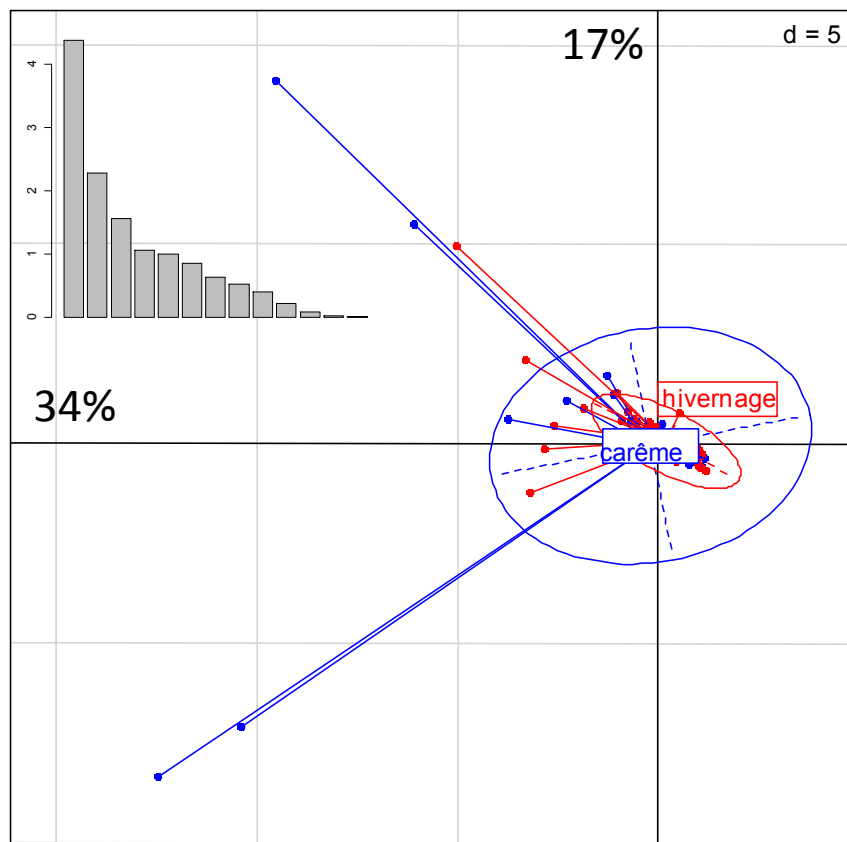
L'IBMA est **stable en conditions de référence** (Tests de Kolmogorov-Smirnoff) et **très discriminant, bien plus que l'indice de Shannon.**

Caractéristiques de l'IBMA	Jeu de données de construction	Jeux de données tests	
	Carême 2011	Carême 2010	Carême 2012
DE	0.92	0.86	0.92
CV_LIRRs	0.12	0.18	0.11



Application à l'hivernage

➡ Effet de saisonnalité : ACP sur les données physico-chimiques



Globalement les valeurs des paramètres physico-chimiques sont du même ordre de grandeur au carême et à l'hivernage 2010.

→ Effet saison faible (davantage d'homogénéité entre les stations à l'hivernage)



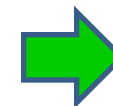
Application à l'hivernage



Effet de saisonnalité

- Tests de rangs de Wilcoxon pour données appariées sur les valeurs de l'IBMA : les valeurs de l'IBMA ne diffèrent pas significativement entre les saisons ($V = 859$, $p > 0.05$).
- Prises individuellement, les métriques ne montrent pas de différences significatives entre les saisons, excepté les métriques "Nombre de taxons [B+C]" et "Nombre de Trichoptères [B+C]" qui ont des moyennes significativement inférieures à l'hivernage comparé au carême.

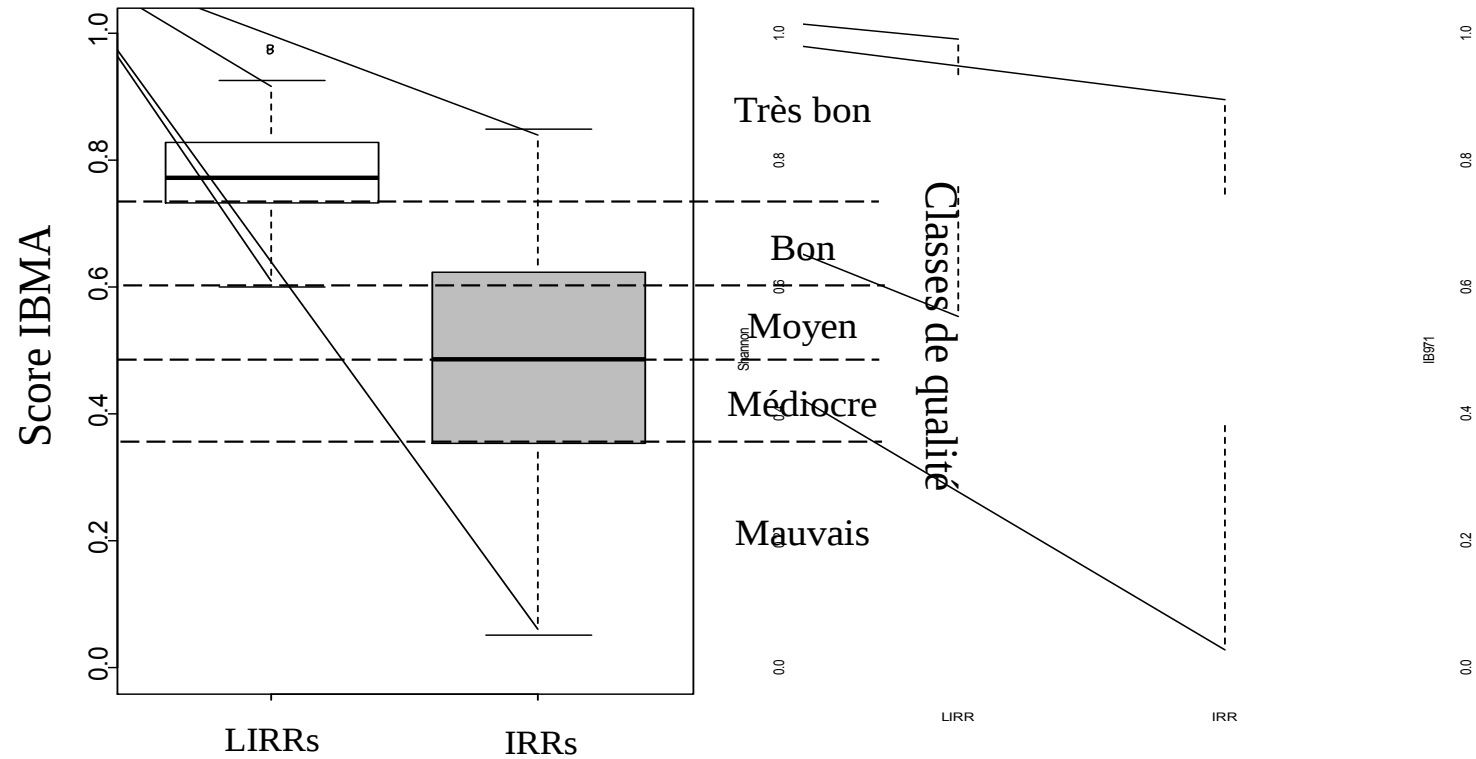
Métriques	V	P	Carême Moy $\pm$ ES	Hivernage Moy $\pm$ ES
Blocs [A+B+C]	319	0.95 (NS)	0.53 $\pm$ 0.05	0.55 $\pm$ 0.04
Vase [A+B+C]	235	0.13 (NS)	0.57 $\pm$ 0.05	0.66 $\pm$ 0.05
Nombre de taxons ETC [A+B]	372	0.55 (NS)	0.60 $\pm$ 0.04	0.58 $\pm$ 0.04
Nombre de taxons [B+C]	522	<0.0001	0.62 $\pm$ 0.05	0.50 $\pm$ 0.04
Indice de Shannon [B+C]	301	0.22 (NS)	0.73 $\pm$ 0.04	0.76 $\pm$ 0.03
Nombre de taxons de Trichoptères [B+C]	340	0.0083	0.61 $\pm$ 0.06	0.49 $\pm$ 0.06
Abondance des Ephéméroptères [B+C]	313	0.80 (NS)	0.59 $\pm$ 0.05	0.59 $\pm$ 0.06
IBMA	859	0.98 (NS)	0.60 $\pm$ 0.03	0.61 $\pm$ 0.034



**Privilégier
l'utilisation de
l'IBMA au carême**



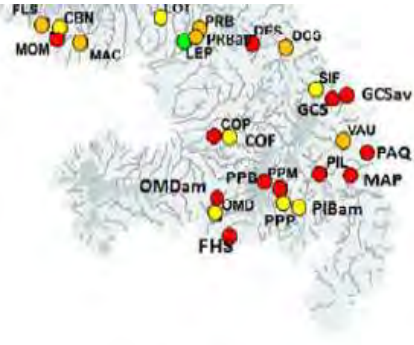
Classes de qualité écologique



Etat mauvais	Etat médiocre	Etat moyen	Bon état	Très bon état
[0 ; 0.3537 [	[0.3537 ; 0.4866 [	[0.4866 ; 0.6003 [	[0.6003 ; 0.7324 [	[0.7324 ; 1]

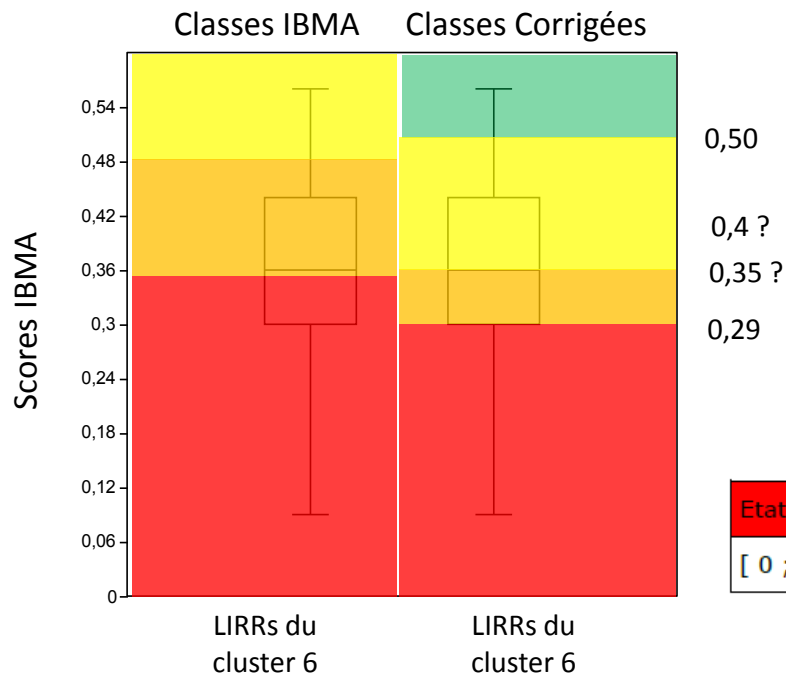


Classes de qualité écologique



- une première version de l'indice a été mise au point avec des stations du sud comme LIRRS → **sur-notation**
- avec les stations du cluster 2 de basse altitude comme LIRRs (cas représenté) → **sous-notation**

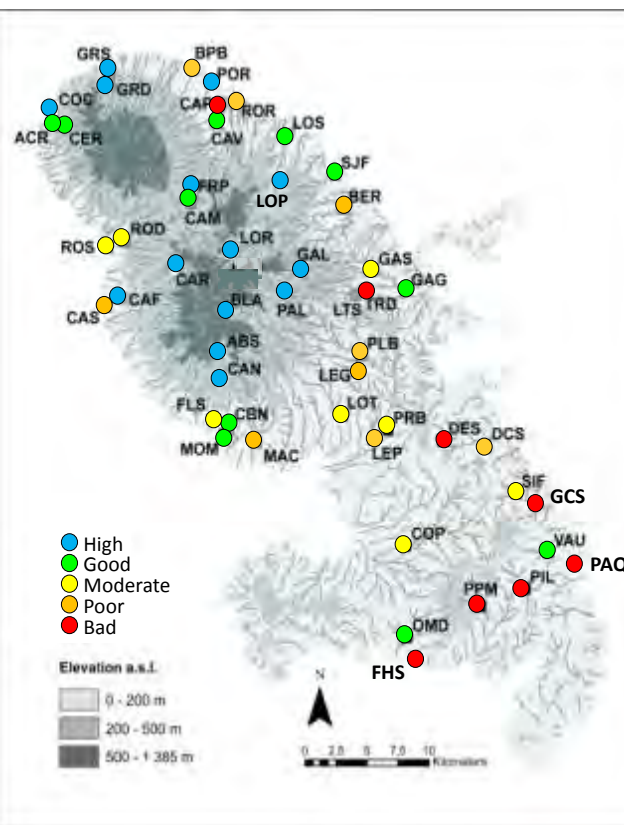
Solution choisie : correction des classes de qualité



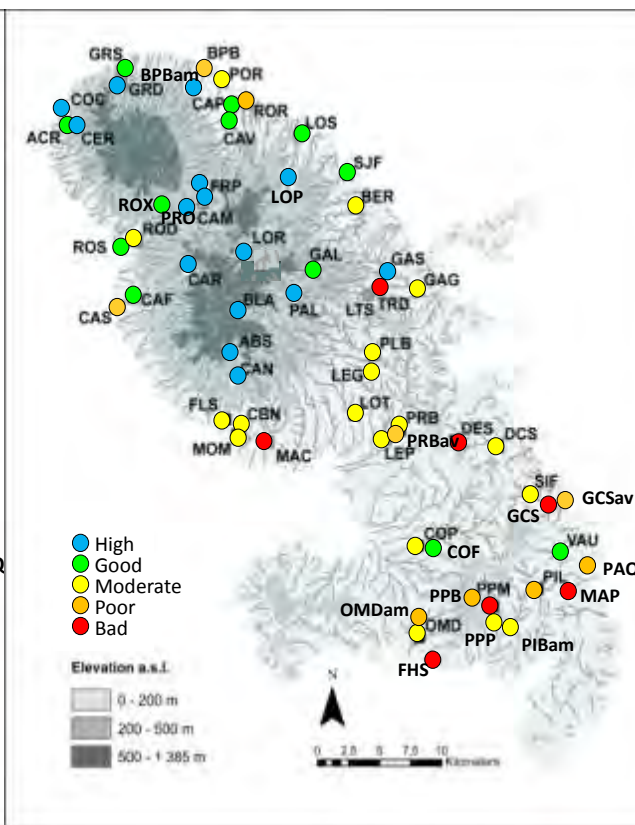
Etat mauvais	Etat médiocre	Etat moyen	Bon état	Très bon état
[0 ; 0.2900 [	[0.2900 ; 0.3500 [	[0.3500 ; 0.5000 [	[0.5000 ; 0.7324 [	[0.7324 ; 1]



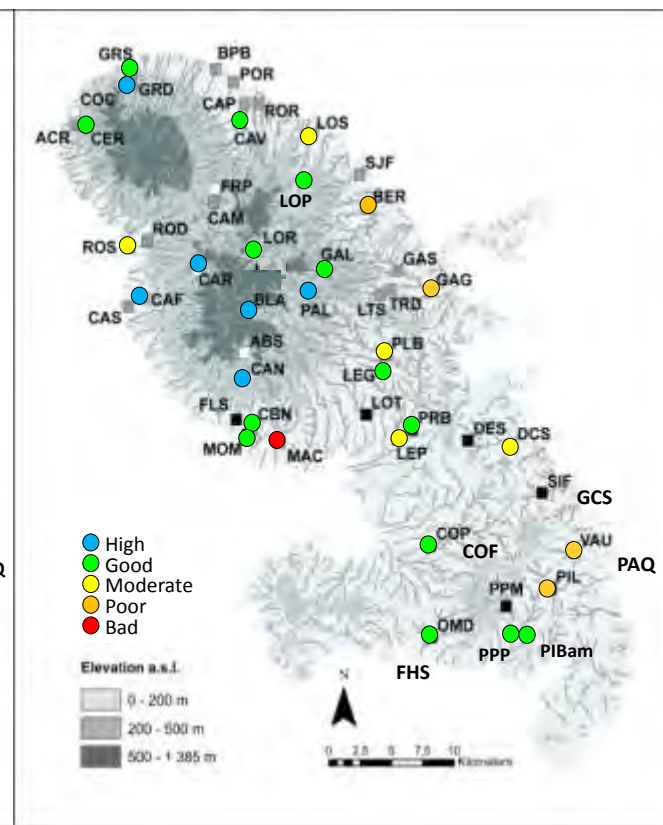
Cartes d'état des stations



Carême 2010



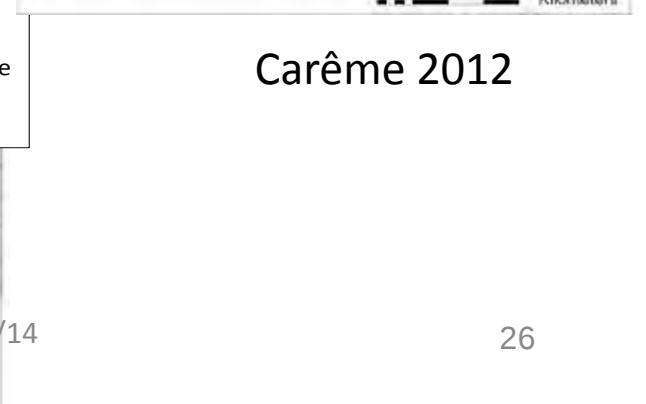
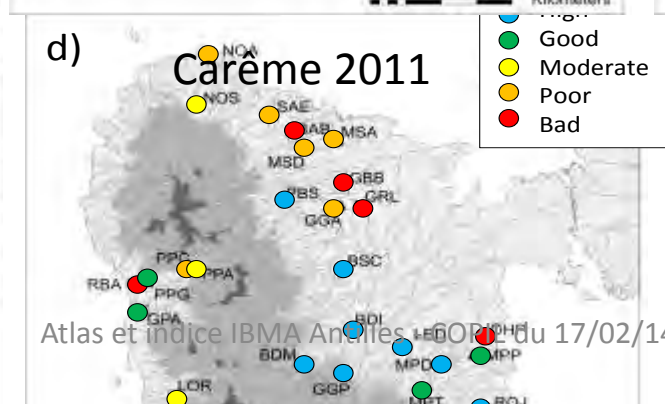
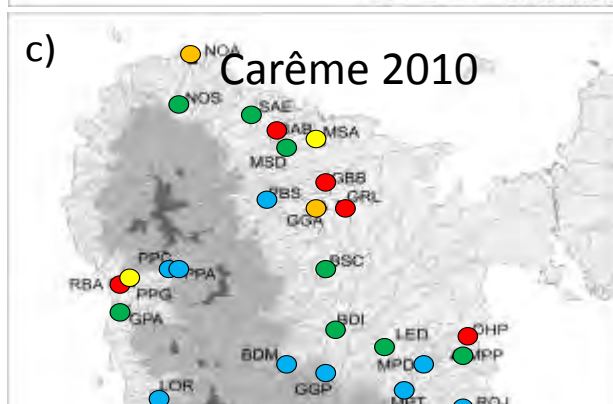
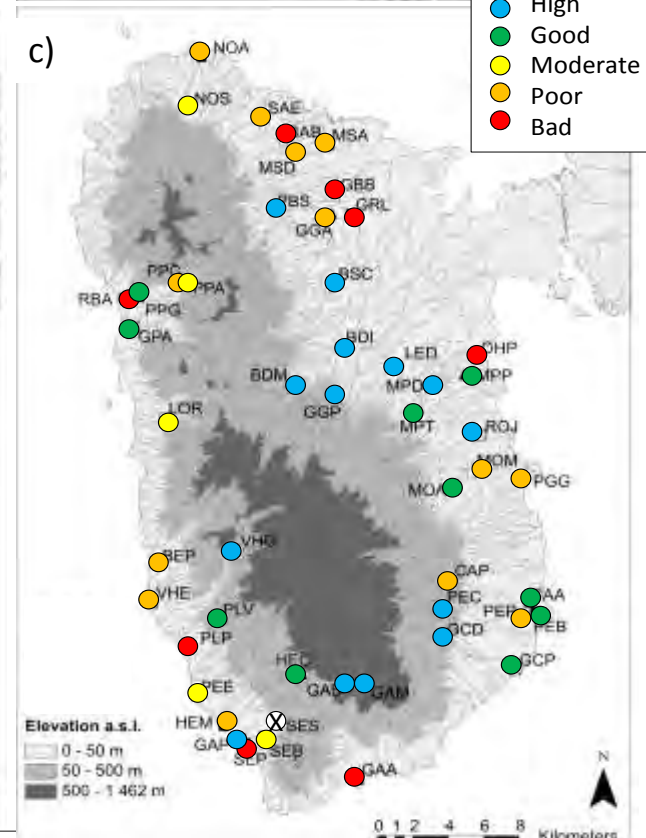
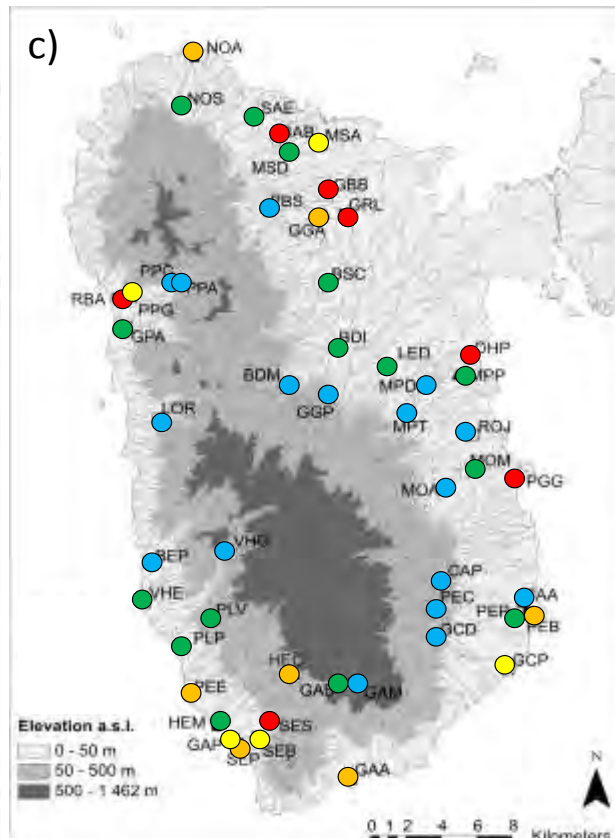
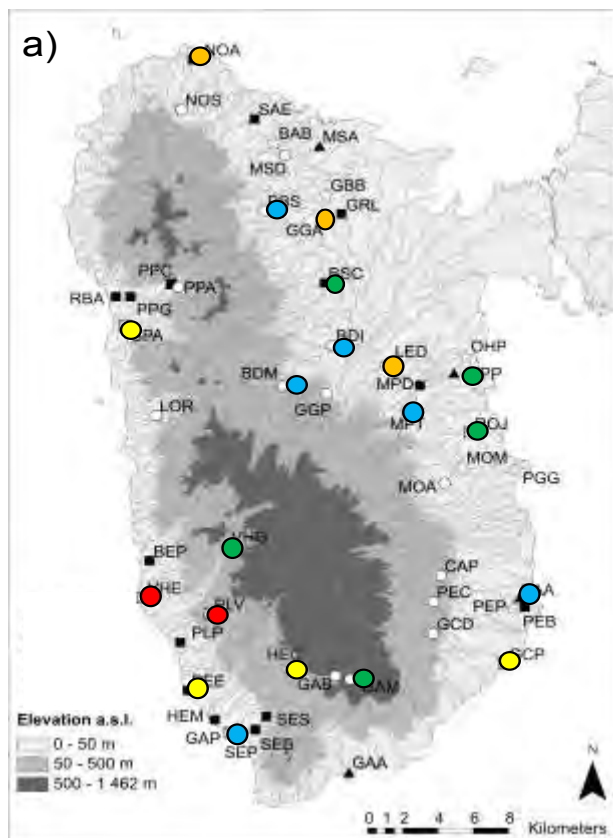
Carême 2011



Carême 2012



Cartes d'état des stations





Indice biotique - **BILAN**

- Il s'agit d'un indice **multimétrique généraliste**.
- Comparé à l'indice de Shannon, il est plus stable en conditions de référence et il améliore nettement la détection des sites impactés.
- Il **répond autant que possible aux exigences de la DCE** compte tenu des connaissances actuelles

Perspectives/Améliorations possibles

- Prise en compte des scores de **polluosensibilité** des taxons
- Les **réseaux de référence pérennes** sont à caler
- Assise des **pressions hydromorphologiques** à améliorer
- Indice moins fiable dans la partie sud de la Martinique en lien avec le manque de sites de références + Typologie à affiner
- Typologie commune aux deux îles
- Evaluation de l'état des masses d'eau
Niveau d'incertitude (Onema) :
MOYEN
FORT pour le sud Martinique

Merci de votre attention



Valorisation du projet

- ❑ **Atlas** : Bernadet C., Tournon-Poncet H., Bargier N. et Cereghino R., 2014. Atlas des macroinvertébrés benthiques des cours d'eau de Martinique et Guadeloupe. DEAL et ODE Martinique et Guadeloupe. 184 p.

- ❑ **Publications scientifiques**

- Bernadet C., Tournon-Poncet H., Desrosiers C., Compin A., Bargier N. et Cereghino R., 2013. Invertebrate distribution patterns and river typology for the implementation of the water framework directive in Martinique, French Lesser Antilles. *Knowledge and management of aquatic ecosystems*, 408, 1-15.
- Tournon-Poncet H., Bernadet C., Compin A., Bargier N. et Cereghino R., 2013. River classification as the basis for freshwater biological assessment in overseas Europe: Issues raised from Guadeloupe (French Lesser Antilles). *International Review of Hydrobiology*, 98, 34-43.

- En préparation :**

- Bernadet C., Tournon-Poncet H. et Cereghino R. Distribution and habitat preferences of river macroinvertebrates in the French West Indies (Martinique, Guadeloupe). Article soumis à Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems.
- Tournon-Poncet H., Bernadet C., Compin A., Bargier N., et Cereghino R. Implementing the Water Framework Directive in overseas Europe: a multimetric index for river bioassessment in Caribbean islands. Article soumis à Limnologica.

- ❑ **Thèses**

- Bernadet C., 2013. Biodiversité des communautés de macroinvertébrés benthiques de la Martinique : conception d'un indice de qualité biologique des rivières et écologie fonctionnelle des bioindicateurs. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, 274p.
- Tournon-Poncet H., 2014. Biodiversité des communautés d'invertébrés benthiques des rivières de la Guadeloupe et réponses aux perturbations anthropiques. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse, 252p.