



Projet REZORD – MAY

Evaluation des conditions de référence des cours d'eau de Mayotte

Volet 1 : Caractérisation des pressions s'exerçant sur les populations de poissons et de macro-crustacés amphihalins de Mayotte

Rapport final

Rédaction :

Laëtitia Faivre
Nils Teichert
Pierre Valade
Olivier Monnier
Stéphanie Couprie



V2
30/08/2021

Fiche signalétique

Titre : Projet REZORD- MAY. Evaluation des conditions de référence des cours d'eau de Mayotte. Volet 1 : Caractérisation des pressions s'exerçant sur les populations de poissons et de macro-crustacés amphihalins de Mayotte. Rapport final

Numéro et indice de version : 2

Date d'envoi : 30/08/2020

Nombre de pages hors annexes : 71

Nombre d'annexes dans le texte : 2

Nombre d'annexes séparées : 2

OCEA Consult'

Adresse : 236 B, chemin Concession, 97 432 Ravine des cabris, Saint Pierre - La Réunion

Tél : 0262 32 23 72

Site web : www.ocea.re

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Traitement des données et rédaction : Laëtitia Faivre (laetitia.faivre@ocea.re)

Direction de projet, validation : Pierre Valade (pierre.valade@ocea.re)

Bancarisation des données : Pierre Valade, Laëtitia Faivre

Mise en œuvre des opérations de terrain : Pierre Valade, Laëtitia Faivre

Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN)

Adresse : Station de biologie marine de Dinard (CRESCO), 38 Rue du Port Blanc, 35800 Dinard

Tél : Fax : 02 23 18 58 81

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Traitement des données et rédaction : Nils Teichert (nils.teichert@mnhn.fr)

Office National de la Biodiversité (OFB)

Adresse : Immeuble Le Nadar- Hall C- 5, Square Félix Nadar, 94 300 Vincennes

Tél : 01 45 14 36 00 :

Site web : <https://ofb.gouv.fr/>

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Direction de projet, validation : Olivier Monnier (olivier.monnier@ofb.gouv.fr), Stéphanie Couprie (stephanie.couprie@ofb.gouv.fr)

Participation aux comités techniques : Karl Kreutzenberger (karl.kreutzenberger@ofb.gouv.fr), Dominique Couret (dominique.couret@ofb.gouv.fr), Loïc Thouvignon (loic.thouvignon@ofb.gouv.fr), Clément Lelabousse (clement.lelabousse@ofb.gouv.fr)

Référencement

Faivre L., Teichert N., Valade P., Monnier O. et Couprie S., 2021, Evaluation des conditions de référence des cours d'eau de Mayotte - Projet REZORD MAY- Volet 1 : Caractérisation des pressions s'exerçant sur les populations de poissons et de macro-crustacés amphihalins de Mayotte. Rapport final OCEA, MNHN, OFB, 75 p.

Mots clés : Mayotte, rivières, poissons, crustacés, amphihalins, conditions de référence, pressions.

Sommaire

1	Cadre du rapport.....	7
2	Résumé.....	9
3	Inventaires préliminaires des pressions s'exerçant sur la faune diadrome des cours d'eau de Mayotte	10
3.1	Synthèse bibliographique, cartographique et méthodologique	11
3.1.1	Données collectées.....	11
3.1.2	Méthodologie	13
3.2	Stratégie d'inventaire pour la mise en œuvre des relevés de terrain.....	19
3.2.1	Description du contexte et des pressions sur les tronçons éligibles aux conditions de référence.....	20
3.2.2	Caractérisation des obstacles à la continuité écologique.....	20
3.2.3	Adaptations	21
3.2.4	Stratégie finale d'inventaire	21
4	Opérations de terrain.....	22
4.1	Planning des opérations	22
4.2	Contexte hydrologique et climatologique	24
4.3	Opérations réalisées	25
4.3.1	Obstacles à la continuité écologique	25
4.3.2	Autres pressions	28
4.4	Synthèse des données collectées	31
4.4.1	Grands bassins versant.....	31
4.4.2	Bassins versants moyens.....	32
4.4.3	Petits bassins versants.....	33
5	Analyses et hiérarchisation des pressions anthropiques.....	35
5.1	Echelle spatiale et emprise de l'analyse.....	35
5.1.1	Echelle de l'évaluation.....	35
5.1.2	Typologie des cours d'eau	35
5.2	Analyse de la continuité écologique.....	36
5.2.1	Données utilisées	36
5.2.2	Evaluation de la continuité écologique	37
5.2.3	Résultats de la continuité écologique	38
5.3	Analyse de l'occupation des sols	41
5.3.1	Données utilisées	41
5.3.2	Evaluation de l'occupation du sol	42
5.3.3	Résultats de l'occupation du sol.....	42
5.4	Analyse de la physico-chimie.....	45

5.4.1	Données utilisées	45
5.4.2	Evaluation de la qualité physico-chimique.....	46
5.4.3	Résultats de la physico-chimie	48
5.4.4	Lien avec l'occupation des sols	49
5.5	Quantification du niveau de perturbation	52
5.5.1	Principe de l'analyse globale	52
5.5.2	Résultats de l'analyse globale	53
5.6	Concordance avec les stations DCE « diatomées », « poissons », et les ZNIEFF aquatiques 60	
5.6.1	Niveau de pression en fonction des stations « Diatomées »	60
5.6.2	Niveau de pression en fonction des stations RCS « Poissons et macro-crustacés »	62
5.6.3	Comparaison avec les propositions de ZNIEFF aquatiques « poissons et crustacés » d'eau douce.....	64
5.7	Evaluation du caractère de référence des sites identifiés	65
6	Conclusions et perspectives.....	68
7	Références citées	69
8	Annexes.....	73

Liste des Figures

Figure 1: Carte des 36 masses d'eau cours d'eau prises en compte dans le cadre de l'étude.....	10
Figure 2 : Cercle des corrélations obtenu via l'ACP menée sur les paramètres physico-chimiques.....	16
Figure 3: Situation géographique des bassins versants retenus dans le cadre du projet REZORD MAY.....	23
Figure 4 : Carte du Rapport à la moyenne des précipitations sur Mayotte pour le mois de Juillet 2019 (http://www.meteofrance.yt).....	24
Figure 5: Cartographie des obstacles à la continuité référencés sur le territoire de Mayotte, avec leur impact maximum sur la continuité biologique (valeur minimale des différents groupes d'espèces)	26
Figure 6 : Diagramme circulaire représentant la note de franchissabilité minimale des obstacles à la continuité écologique des cours d'eau de Mayotte	27
Figure 7 : Cartographie des bassins versants d'étude et des linéaires prospectés dans le cadre de REZORD MAY 2019 en vue de l'identification de tronçons de référence.....	30
Figure 8 : Typologies des cours d'eau considéré dans le projet REZORD-MAY. La typologie est basée sur les régions biogéographiques et la distribution des espèces le long du gradient d'altitude.	36
Figure 9 : Cartographie des obstacles à la continuité référencés sur le territoire de Mayotte en fonction du type d'obstacle.	37
Figure 10 : Nombre d'obstacles anthropiques présents en aval des tronçons de rivière sur le réseau hydrographique de Mayotte.	39
Figure 11: Classe minimale de franchissabilité pour les poissons le long du réseau hydrographique de Mayotte.	40
Figure 12: Classe minimale de franchissabilité pour les crustacés le long du réseau hydrographique de Mayotte.	41
Figure 13 : Surface agricole à l'échelle des bassins versants de Mayotte.	42
Figure 14: Surface agricole à l'échelle des tronçons du réseau hydrographique de Mayotte. La proportion de surface agricole est évaluée en réalisant une zone tampon de 50 mètres autour des rivières.	43
Figure 15 : Surface anthropisées à l'échelle des bassins versants de Mayotte.....	44
Figure 16 : Surface anthropisées à l'échelle des tronçons du réseau hydrographique de Mayotte. La proportion de surface anthropisées est évaluée en réalisant une zone tampon de 50 mètres autour des rivières.....	45
Figure 17 : Localisation géographique des 47 stations de mesures analysées pour la qualité physico-chimie des cours d'eau de l'île de Mayotte.	46
Figure 18 : Résultat de l'analyse en composante principale appliquée sur les médianes des paramètres physicochimique recueillis sur 47 stations de mesure, entre 2011 et 2018, sur le réseau hydrographique de Mayotte..	48
Figure 19 : Evaluation du niveau de pression sur les 47 stations de mesure de la qualité physicochimique sur le réseau hydrographique de Mayotte, entre 2011 e 2018. Un score élevé représente un niveau de perturbation important..	49
Figure 20 : Relations linéaires entre la proportion de surface anthropisées des tronçons de cours d'eau et le niveau de pression physicochimique sur les 47 stations de mesure du réseau hydrographique de Mayotte....	50
Figure 21 : Relations linéaires entre la proportion de surface anthropisées des tronçons de cours d'eau et le niveau de pression physicochimique sur les 47 stations de mesure du réseau hydrographique de Mayotte....	51
Figure 22 : Scores issus de l'analyse Topsis pour chaque tronçon du réseau hydrographique de Mayotte, reflétant le niveau de pression selon les critères de continuité écologique et d'occupation du sol.	54
Figure 23 : Niveau de pression sur les tronçons du réseau hydrographique de Mayotte évalué sur la base des critères de continuité écologique et d'occupation du sol	55
Figure 24 : Bassins versants des rivières Mro oua Karoni- XXXX45 (à gauche) et Mtangachehi- XXXX33 (à droite).....	56
Figure 25 : Cartographie des bassins versants d'étude du projet REZORDMAY.....	58
Figure 26 : Niveau de pression global calculé à partir de l'analyse topsis en fonction du type de stations de suivi « Diatomées » sur le réseau hydrographique de Mayotte. Poll : stations polluées, RCS : stations du réseau de surveillance RCS, Ref : stations de référence pour l'élément de qualité « Diatomées »	60

Figure 27 : Positions géographiques des deux stations de référence « Diatomées » situées sur des tronçons présentant des niveaux « très faible » ou « faible » au regard de l'élément de qualité « poissons et macro-crustacés »	61
Figure 28 : Sites de référence "Diatomées" situées sur des tronçons de référence potentielle de REZORD MAY. En haut : site « R05 » situé sur la Salim Bé, à droite site « R14 » situé sur la Boungoumouhé	62
Figure 29 : Positions géographiques des stations « Poissons et macro-crustacés » suivi dans le cadre du réseau de surveillance RCS de Mayotte.	62
Figure 30: Station RCS "Chirini aval" située sur un tronçon de référence potentielle de la masse d'eau FRMR12	63
Figure 31: Représentation cartographique des stations ayant permis la proposition de ZNIEFF potentielles (Points roses- OCEA & Hydrô Réunion, 2016) superposées aux zones de références potentielles déterminées dans REZORD MAY (RM-linéaires en bleu).....	64
Tableau 1: Ressources utilisées dans le cadre de l'analyse des pressions. Colonne "Collecte" : C : Collecté/NC : Non Collecté.....	12
Tableau 2: Catégories utilisées pour l'évaluation de la franchissabilité des poissons et crustacés à la montaison.....	14
Tableau 3: Hiérarchisation des masses d'eau selon la continuité biologique	15
Tableau 4: Limites de classes de pressions pour les paramètres physico-chimiques	16
Tableau 5: Hiérarchisation des masses d'eau selon la physico-chimie	17
Tableau 6: Limites de classes de pressions pour l'occupation des sols.....	17
Tableau 7:Hiérarchisation des masses d'eau selon l'occupation des sols	18
Tableau 8 : Liste des cours d'eau pré-ciblés pour la mission d'e l'étiage 2019 suite à l'analyse des pressions	19
Tableau 9: Liste des cours d'eau ayant fait l'objet d'investigations dans le cadre du projet REZORD MAY en étiage 2019. *Cours d'eau expertisés pendant la mission d'août et de septembre 2019.....	22
Tableau 10: Source de données relatives à la continuité écologique renseignées dans la base de données	25
Tableau 11: Valeur minimale de la franchissabilité pour chaque type d'obstacles	28
Tableau 12: Linéaires prospectés pour l'identification des tronçons de référence. * Assec complet lors des prospections 2019	29
Tableau 13: Bassin versants présentant des niveaux de pression moyens « très faibles » et « faibles »	54
Tableau 14:Linéaires potentiels de tronçons de référence pour les cours d'eau de type « Est» de Mayotte	59
Tableau 15 : Linéaires potentiels de tronçons de référence pour les cours d'eau de type « Nord-Ouest » de Mayotte	59
Tableau 16: Linéaires potentiels de tronçons de référence pour les cours d'eau de type « Sud » de Mayotte ..	59
Tableau 17: Stations RCS situés sur ou à proximité des sites de références potentielles. En gras, la station de la Chirini aval, seule stations RCS située sur un site de référence potentiel.....	63
Tableau 18: Tronçons de références confirmées identifiés. La colonne « physico-chimie » indique à quelle gamme les valeurs d'oxygène (en %) mesurées lors de la mission de 2019 correspondent, selon le type de station étudié par l'INRA (POL/RCS/REF).....	65
Tableau 19 : Tronçons de références à confirmer identifiés. La colonne « physico-chimie » indique à quelle gamme les valeurs d'oxygène (en %) mesurées lors de la mission de 2019 correspondent, selon le type de station étudié par l'INRA (POL/RCS/REF) et indique lorsqu'il a été calculé le niveau de pression (cf paragraphe 7.4.3) sur des points de mesures les plus proches des zones identifiées	66
Tableau 20 : Tronçons de références inconnus identifiés. La colonne « physico-chimie » indique à quelle gamme les valeurs d'oxygène (en %) mesurées lors de la mission de 2019 correspondent, selon le type de station étudié par l'INRA (POL/RCS/REF) et indique lorsqu'il a été calculé le niveau de pression (cf paragraphe 7.4.3) sur des points de mesures les plus proches des zones identifiées	67
Tableau 21 – Synthèse des linéaires de cours d'eau pouvant contenir des stations de référence pour les peuplements de poissons et de macrocrustacés indigènes de Mayotte	68

1 Cadre du rapport

A Mayotte, les inventaires réalisés sur les espèces de poissons et de macro-crustacés au titre de la DCE depuis 2008 mettent en évidence une forte structuration des peuplements le long du gradient aval-amont (OCEA 2015, Lagarde 2018).

Ces gradients naturels sont, en outre, fortement perturbés par des pressions hydro-morphologiques (obstacles, réseau routier, seuils, abstractions de débits), mais également par des pressions chimiques liées aux usages domestiques en rivière (lessive, vaisselle, ...) et aux rejets ponctuels ou diffus (systèmes d'assainissement en cours de développement).

Cependant, les inventaires du Réseau de Contrôle et de Surveillance (RCS) qui permettraient de décrire ces impacts ne couvrent, à ce jour, qu'un gradient de pressions restreint (INRA, ONEMA, 2013). De plus, ils couvrent une durée peu étendue, sept années, non continues : 2008, 2009, 2011, 2012, 2014, 2015, et 2018. Enfin, aucun outil de bio-indication basé sur les poissons et les crustacés des cours d'eau n'a encore été développé à Mayotte.

La construction de ces bio-indicateurs DCE-compatibles (IPR en France métropolitaine, IRP à La Réunion) diffère selon les problématiques et caractéristiques des milieux, mais elle repose dans l'ensemble sur quatre grandes étapes : l'évaluation des pressions, l'établissement des stations et des conditions de référence, le choix des métriques biologiques et enfin le calcul des indices biologiques (en particulier la construction des grilles d'état écologique basé sur la relation pressions/état).

Différentes études menées à Mayotte (OCEA & ETHYCO, 2014 ; ARTELIA, 2014, BRGM & DEAL 976, 2014 ; UICN France, 2016) ont permis d'identifier des secteurs à forte biodiversité patrimoniale et également des bassins versants présentant une faune relativement riche et abondante, avec des usages modérés ou faibles, bénéficiant d'une protection forestière sur la partie amont, et d'une faible urbanisation des secteurs intermédiaires et aval.

A l'inverse, les zones très impactées sont encore peu étudiées, notamment celles situées en amont de grands obstacles anthropiques à la continuité écologiques (barrages de l'Ourovéni et de Dzoumonié) ou sur le cours aval de rivières situées en zone fortement urbanisée ou impactées par un bassin versant fortement aménagé notamment par l'agriculture.

Le projet REZORD- MAY, issu d'un partenariat entre l'Office français de la biodiversité (OFB, auparavant AFB), le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) et le Bureau d'étude OCEA Consult', a été financé dans le cadre de l'Appel à manifestations d'intérêt relatif aux Développements en matière de surveillance et d'évaluation DCE de l'état des eaux et des milieux aquatiques (AFB, 2018).

Son objectif principal est de définir des conditions de référence pour les poissons et macro-crustacés d'eau douce à Mayotte. Il est en lien avec la « Circulaire du 23/12/04 relative à la constitution et la mise en œuvre du réseau de sites de référence pour les eaux douces de surface », et a été réalisé avec l'appui des acteurs de la gestion des milieux aquatiques à Mayotte (DEAL, Département, AFB, BRGM) et des chercheurs travaillant au développement des bio-indicateurs dans les DOMS (INRA, MNHN, structures locales...).

Il se décline en trois objectifs :

- **Identifier les principales perturbations** physico-chimiques, hydrologiques, hydromorphologiques (occupation des sols) et de continuité écologique à l'échelle des principaux bassins versants et sous bassins versants,
- Proposer une méthodologie de définition **des conditions de référence pour les peuplements de poissons et macro-crustacés** des cours d'eau de Mayotte sur la base des prescriptions de la circulaire du 23/12/04,
- Proposer des éléments en vue d'une **évolution du RCS** afin de qualifier au mieux l'état des cours d'eau, ainsi qu'un jeu de stations (i.e. points de prélèvements spécifiques aux peuplements de poissons et de crustacés d'eau douce) candidates au **réseau de référence**, en adéquation avec les autres EQB.

Le projet a été conduit en trois phases principales :

- La **compilation et l'analyse des données relatives aux pressions** s'exerçant sur la faune diadrome des cours d'eau de Mayotte (2019 T1 et T2)
- L'acquisition de données via des **relevés de terrain** (2019-T3)
- La réalisation du **rapport d'étude final** (2019- T3 et T4)

Le présent rapport rend compte de l'ensemble des travaux menés dans le cadre de ce projet, à savoir la compilation et l'analyse des pressions, suivies des relevés de terrain qui ont été réalisés lors des missions d'août et septembre 2019 à Mayotte, et les analyses finales.

2 Résumé

Le projet REZORD-MAY vise à identifier des zones de référence pour les poissons et macro-crustacés d'eau douce à Mayotte, dans un contexte général de surveillance et d'évaluation DCE de l'état des eaux et des milieux aquatiques. Une première analyse basée sur les régions biogéographiques et la distribution des espèces le long du gradient d'altitude a permis de découper le réseau hydrographique (53 bassins versants pérennes et intermittent) en six types. Le découpage des cours d'eau en tronçons a permis de mener des analyses exhaustives sur la qualification des pressions pouvant altérer le fonctionnement des peuplements en rivière. Les tronçons ont ainsi été classés selon six métriques issues des analyses de la continuité écologique et l'occupation des sols à différentes échelles spatiales. Le niveau de pression globale s'exerçant sur les tronçons a ensuite été quantifié à l'aide d'une méthode d'analyse de décision multicritère de type Topsis. Cette méthode a donné lieu à cinq niveaux de pressions reflétant le pourcentage de dégradation des tronçons, ceux pouvant servir de référence potentielle ont été définis comme soumis à un niveau de pression « très faible » à « faible ». Des tronçons de cours d'eau de référence potentielle ont été identifiés pour chaque catégorie de la typologie. La majorité du linéaire soumis à des pressions faibles concerne les cours d'eau du Sud (43% du réseau potentiel), puis l'Est (30%), et enfin le Nord- Ouest (27%). Enfin, ces tronçons de référence potentielle ont été soumis à une « évaluation des critères de référence » (Anso et al., 2013). Les mesures de physico-chimie issues du RCS, ont également été utilisées pour valider les données obtenues. Cette analyse a permis d'identifier des tronçons de « références confirmées » sur un linéaire de près de 14 km répartis sur quatre bassins versants intermittents du Sud. D'autres tronçons, notamment pérennes, potentiellement compatibles avec des conditions de référence devront faire l'objet d'investigations supplémentaires. La détermination finale des sites de référence et de l'évolution du réseau RCS nécessitera un arbitrage des acteurs locaux. Cette étude a permis d'identifier des tronçons de référence par type de cours d'eau. Elle devra être poursuivie afin de confronter les données de pressions aux peuplements de poissons et de crustacés, afin de fournir des éléments permettant la modélisation des conditions de référence. Ces résultats pourront contribuer à la mise au point d'un outil de bio-indication adapté à Mayotte et compatible avec les exigences de la DCE.

3 Inventaires préliminaires des pressions s'exerçant sur la faune diadrome des cours d'eau de Mayotte

L'inventaire des pressions a été réalisé sur un nombre total de 36 masses d'eau de type cours d'eau de Mayotte (Figure 1), intégrant les 26 masses d'eau cours d'eau définies au titre de la DCE (type « FRMR01 »), complétées de dix bassins versants d'intérêt supplémentaires (type « XXXX27 »).

— cours d'eau Masses d'eau cours d'eau REZORD MAY



Figure 1: Carte des 36 masses d'eau cours d'eau prises en compte dans le cadre de l'étude

Les données ont été traitées et synthétisées selon les méthodologies classiquement utilisées dans le cadre de la DCE en termes d'évaluation des pressions et de développement de bio-indicateurs.

Ce premier axe de compilation et d'analyses a donné lieu à la production :

- **d'une synthèse bibliographique, cartographique et méthodologique,**
- **de propositions de techniques d'inventaires des pressions par des relevés de terrain.**

3.1 Synthèse bibliographique, cartographique et méthodologique

3.1.1 Données collectées

L'ensemble des pressions disponibles, s'exerçant à plusieurs échelles (station, tronçon, bassin versant), et potentiellement les plus impactantes au regard des poissons et macro-crustacés, a été pris en compte.

Les données ont été collectées principalement auprès des membres du Comité de Pilotage du projet, à savoir l'AFB, la DEAL 976, le BRGM, et le CG976, ainsi qu'au sein de diverses études menées par OCEA. Selon les thématiques abordées, d'autres structures ont été sollicitées : exploitants de la ressource en eau, organismes de recherche, établissements publics (Voir synthèse dans le Tableau 1 ci-dessous et dans la Bibliographie).

Les données utilisées étaient de différents types : extractions de bases de données, rapports, tableurs, ressources cartographiques. Elles sont issues soit d'études ponctuelles (ex : relevés de terrain issus du SERRM), soit de réseaux de suivis (ex : RCS physico-chimie). Elles intègrent une période allant de 2001 à 2019.

Les données les plus récentes et renseignées de façon exhaustive et homogène, à l'échelle du territoire, ont été retenues pour chaque type de pressions.

Les ressources mobilisées pour cette étude peuvent être catégorisées en cinq grands types :

- Continuité écologique
- Qualité de l'eau
- Occupation des sols et usages
- Hydrologie
- Hydromorphologie

Le tableau ci-après synthétise l'ensemble des ressources ainsi acquises :

Tableau 1: Ressources utilisées dans le cadre de l'analyse des pressions. Colonne "Collecte" : C : Collecté/NC : Non Collecté.

Type de données	Données	Ressource	Nombre ME-cours d'eau suivies	Type de données	Période considérée	Couverture de la donnée	Collecte
CONTINUITÉ ECOLOGIQUE	ROE	AFB	13	Ponctuel	2012 à 2018	Sporadique	C
	Etudes ponctuelles OCEA	OCEA	24	Ponctuel	2012 à 2019	Etendu	C
	Guide continuité DEAL	DEAL / OCEA	6	Ponctuel	2016-2017	Partiel	C
	Relevés terrain SERRM	CD976	18	Ponctuel	2018	Etendu	C
QUALITÉ DE L'EAU	RCS physico-chimie et micropolluants ESU	BRGM / DEAL	20	Réseau	2001 à 2018	Partiel	C
	Relevés des infractions en rivière	Police de l'eau	8	Ponctuel	2018- S2	Sporadique	C
	Projet Continuum Terre-Mer	PNM/BRGM/IFREMER	3	Ponctuel	2018- S2	Sporadique	C
	Suivis captages AEP	ARS	15	Réseau	2014 à 2018	Partiel	C
	Assainissement	ARS	/	Réseau	2012 à 2018	Partiel	C
OCCUPATION DES SOLS, USAGES BV	RHUM	AFB	toutes	Ponctuel	2014	Etendu	C
	Référentiel OCSGE	IGN	toutes	Ponctuel	2018	Etendu	C
	Relevés terrain SERRM	CD976	18	Ponctuel	2018	Etendu	C
	Etudes ponctuelles OCEA	OCEA	15	Ponctuel	2009 à 2012	Etendu	C
HYDROLOGIE	Suivis quantitatifs ESU	DEAL	25	Réseau	2015 à 2018	Partiel	C
	Prélèvements et retenues	SMAE	10	Réseau	2001 à 2018	Partiel	C
	Projet LESELAM	BRGM/CIRAD	2	Ponctuel	2015 à 2017	Sporadique	C
	Prélèvements agricoles	DAAF/ DEAL	/	/	/	/	NC
HYDROMORPHOLOGIE	CARHYCE	AFB	12	Ponctuel	2010	Partiel	C
	Relevés terrain SERRM	CD976	18	Ponctuel	2018	Etendu	C
	RCS poissons -crustacés	DEAL/OCEA	12	Réseau	2012 à 2018	Etendu	C
	Développement bio-indicateurs MIB et Diatomées	INRA/ONEMA	13	Ponctuel	2009 à 2012	Etendu	C
	Etudes ponctuelles OCEA	OCEA	15	Ponctuel	2012 à 2019	Etendu	C

On notera que les données brutes relatives aux prélèvements agricoles n'ont pas pu être renseignées du fait d'une « absence de taxes sur les prélèvements et d'un nombre conséquent de prélèvements illégaux » (DEAL, 2019, com. pers.).

3.1.2 Méthodologie

La méthodologie employée pour conduire l'inventaire et la hiérarchisation des pressions, ainsi que leur attribution à une emprise spatiale, est inspirée de différents travaux :

- Les travaux de bio-indication menés à Mayotte dans le cadre de la DCE pour les compartiments Macroinvertébrés benthiques et Diatomées (INRA, AFB, et al., 2013-2019),
- Les travaux de conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et des macro-crustacés (CNRS, ARDA, et al., 2008-2011),
- L'évaluation des pressions menée dans le cadre de l'état des lieux (DEAL976, OCEA, 2019),
- L'évaluation des pressions menée dans le cadre du Réseau de référence pérenne (IRSTEA, ONEMA, MEDDE, 2013),
- La Circulaire du 23/12/04 relative à la constitution et la mise en œuvre du réseau de sites de référence pour les eaux douces de surface,
- L'évaluation des pressions menées dans le cadre du RHUM (AFB, CNRS et al., 2014),
- La démarche utilisée dans le cadre de la description des obstacles à la continuité écologique (ICE et Guide Continuité écologique, AFB, DEAL976 et al, 2017, 2018, 2019).

La méthode employée peut ainsi être synthétisée comme suit :

1. Sélection des masses d'eau et identification des stations de mesures

Les masses d'eau visées ont été sélectionnées de façon à être réparties au mieux sur le territoire (par hydro-écorégion-HER¹), présenter une forte diversité typologique (surface, rangs de Strahler), et à ce qu'une masse d'eau donnée puisse être comparée à au moins une autre de même type.

Pour chaque type de pressions considérées, les stations de mesures ont été identifiées et associées à une masse d'eau (DCE ou non DCE).

2. Préparation des données

Les données ont été mises en forme afin d'être traitées de façon homogène. Les données issues de réseaux historiques ont été intégrées dans leur intégrité afin d'appréhender des variations temporelles.

¹ Entité spatiale homogène du point de vue des déterminants physiques qui contrôlent l'organisation et le fonctionnement global des écosystèmes aquatiques. A l'échelle du bassin, les déterminants primaires universellement reconnus du fonctionnement écologique des cours d'eau sont la géologie, le relief et le climat. Ce concept s'inspire des théories de contrôle hiérarchique des hydrosystèmes, et repose particulièrement sur l'emboîtement des échelles physiques, du bassin jusqu'au micro-habitat (eaufrance).

3. Qualification des pressions

Les axes d'études privilégiés ayant été traités en premier lieu sont : la continuité écologique, la qualité de l'eau et l'occupation des sols. Pour chacun de ces types, une hiérarchisation relative du degré d'altération a été proposée.

A noter qu'il s'agit là de pré-traitements, qui feront l'objet d'ajustements lors de la phase d'analyse.

➤ *Continuité écologique*

La continuité écologique est identifiée comme l'une des problématiques les plus impactantes pour les poissons et les macro-crustacés d'eau douce. Elle a fait l'objet d'une investigation bibliographique la plus exhaustive possible.

Une base de données intégrant 288 obstacles avérés ou potentiels à la continuité, répartis sur 35 masses d'eau (1 masse d'eau sans obstacle identifié) a ainsi pu être créée, principalement à partir des données issues du ROE, d'études ponctuelles menées par OCEA, du Schéma d'Entretien des Rivières de Mayotte du CG976, et enfin de traitements SIG (croisement de routes et de cours d'eau).

Cette base de données inclut entre autres une typologie des obstacles, leurs caractéristiques, et l'évaluation de leur franchissabilité selon les groupes d'espèces et les classes proposées dans l'ICE-DOM (Kreutzenberger, Sagnes, Valade, & Voegtle, 2019) :

Tableau 2: Catégories utilisées pour l'évaluation de la franchissabilité des poissons et crustacés à la montaison

G1 : Poissons sans adaptation morphologique	1a : Sub-adultes et adultes
	1b : Juvéniles et post-larves
G2 : Poissons avec capacités de saut	2a : Sub-adultes et adultes <i>Agonostomus</i>
	2b : Juvéniles <i>Agonostomus</i>
	2c : Sub-adultes et adultes <i>Kuhlia</i>
	2d : Juvéniles <i>Kuhlia</i>
G3 : Poissons avec capacités de reptation <i>Anguilla</i> sp.	3a : Supérieures à 500 mm
	3b : de 100 à 500 mm
	3c : Inférieures à 100 mm
G4 : Poissons avec capacités de ventousage	4a : Sub-adultes et adultes
	4b : Juvéniles et post-larves
G5 : Crustacés	5a : Sub-adultes et adultes de <i>Macrobrachium</i>
	5b : Atyidae et juvéniles de <i>Macrobrachium</i>

La hiérarchisation des masses d'eau selon le paramètre « continuité écologique » a été établie principalement au regard du nombre d'obstacles infranchissables ou quasi infranchissables présents sur la masse d'eau.

Trois classes de niveaux de pressions ont ainsi été proposées :

- Pression faible : aucun obstacle infranchissable ou partiel à impact significatif
- Pression moyenne : moins de 10 obstacles infranchissables ou partiels à impact significatif
- Pression forte : plus de 10 obstacles infranchissables ou partiels à impact significatif

Cette classification permet ainsi de hiérarchiser les masses d'eau comme suit (Détail dans le Tableau 3) :

- 14 masses d'eau avec une pression faible
- 15 masses d'eau avec une pression moyenne
- 7 masses d'eau avec une pression forte

A ce stade l'étagement des pressions au sein des cours d'eau n'a pas été encore exploré. Une approche longitudinale sera pratiquée sur ce jeu de données, via la prise en compte de l'impact des pressions provenant à la fois de l'amont, mais aussi de l'aval au vu de l'importance de la problématique de continuité écologique pour les poissons et les crustacés indigènes de Mayotte, qui, pour rappel, sont tous amphihalins.

Tableau 3: Hiérarchisation des masses d'eau selon la continuité biologique

Code Masse d'eau	Nom masse d'eau	Classe pression continuité biologique
FRMR01	Mare amont	Forte
FRMR02	Mare aval	Forte
FRMR03	Bouyouni	Moyenne
FRMR04	Longoni	Forte
FRMR05	Mgombani	Faible
FRMR06	Kavani	Faible
FRMR07	Massimoni	Moyenne
FRMR08	Adrianabe	Moyenne
FRMR09	Boungoumouhe	Moyenne
FRMR10	Mroni Beja	Faible
FRMR11	Batirini	Moyenne
FRMR12	Chirini	Moyenne
FRMR13	Mrowale	Moyenne
FRMR14	Ouroveni amont	Moyenne
FRMR15	Ouroveni aval	Forte
FRMR16	Coconi	Moyenne
FRMR17	Kawenilajoli	Moyenne
FRMR18	Majimbini	Forte
FRMR19	Gouloue	Moyenne
FRMR20	Kouale	Forte
FRMR21	Dembeni	Forte
FRMR22	Hajangua	Faible
FRMR23	Salim Be	Moyenne
FRMR24	Dagoni	Faible
FRMR25	Be	Moyenne
FRMR26	Djialimou	Moyenne
XXXX27	Mro oua Kangani	Moyenne
XXXX28	Mro oua Kirissoni	Faible
XXXX29	Mro oua Doujani	Faible
XXXX30	Mro oua Ironi Be	Faible
XXXX31	Mro oua Darini	Faible
XXXX32	Mroni Be, Kafeni	Faible
XXXX33	Mtsangachehi	Faible
XXXX34	Mtsanga Mtsanyounyi	Faible
XXXX35	Sohoa Be	Faible
XXXX36	Mroni Antanana	Faible

➤ Physico-chimie

A ce stade seules les données récoltées dans le cadre du RCS physico-chimie ont été traitées, soient 13 masses d'eau.

La qualification des masses d'eau à partir des stations a été réalisée en conservant les valeurs les plus discriminantes.

L'analyse du jeu de données complet a été menée en vue de la sélection des paramètres les plus discriminant présentés dans la Figure suivante :

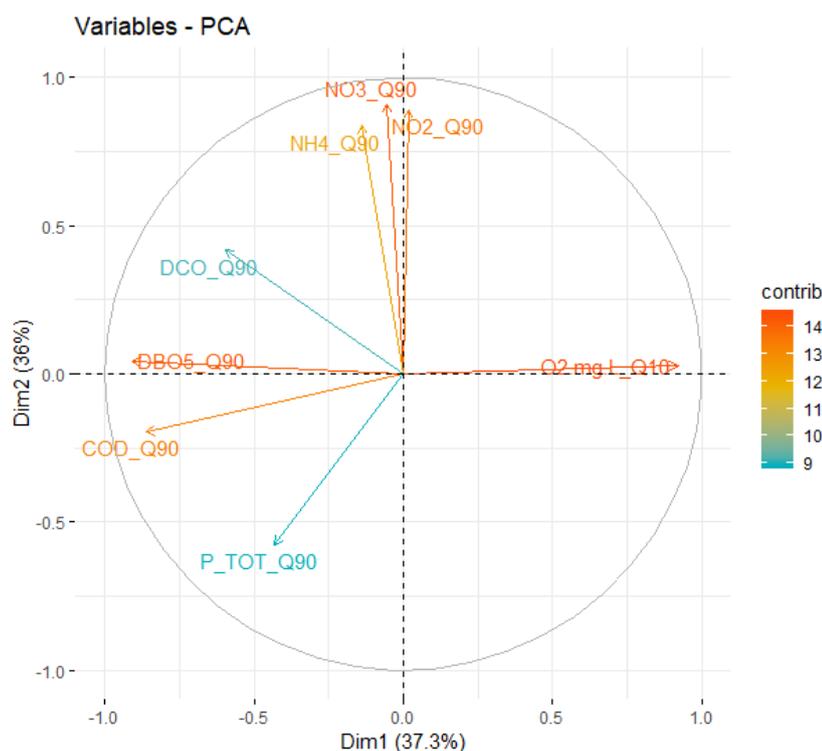


Figure 2 : Cercle des corrélations obtenu via l'ACP menée sur les paramètres physico-chimiques

Ces paramètres peuvent être associés à deux types de perturbations :

- Perturbations d'ordre hypoxique : O2, DBO5, COD et DCO
- Perturbations d'ordre azotées : NO3, NH4, et NO2

La hiérarchisation des données est basée sur les quantiles (Q10 et Q90) des paramètres considérés selon trois niveaux de pressions, comme illustré dans le Tableau ci-dessous :

Tableau 4: Limites de classes de pressions pour les paramètres physico-chimiques

Limites classes pressions	O2_Q10 (mg/L)	DBO5_Q90 (mg/L)	COD_Q90	NO2_Q90 (mg/L)	NO3_Q90 (mg/L)	NH4_Q90 (mg/L)	Niveau pression
Faible	≥6	<2	<2,5	<0,3	<1,5	<0,2	Paramètre le plus déclassant
Moyenne	[3 à 6[[2 à 4[[2,5 à 5[[0,3 à 0,6[[1,5 à 3[[0,2 à 0,4[
Forte	<3	≥4	≥5	≥0,6	≥3	≥0,4	

La règle du paramètre le plus déclassant a été employée pour attribuer une classe globale de pression à la masse d'eau considérée.

Cette classification permet ainsi de classer les masses d'eau comme suit (Détail dans le Tableau 5) :

- 0 masse d'eau avec une pression faible
- 7 masses d'eau avec une pression moyenne
- 6 masses d'eau avec une pression forte

Tableau 5: Hiérarchisation des masses d'eau selon la physico-chimie

Code Masse d'eau	Nom masse d'eau	O2	DBO5	COD	NO2	NO3	NH4	Niveau pression
FRMR02	Mare	2.626	3.596	3.35	0.1790	2.050	0.5500	Forte
FRMR03	Bouyouni	3.552	1.500	3.97	0.0300	0.250	0.0318	Moyenne
FRMR04	Longoni	4.370	3.136	4.78	0.0240	0.250	0.0260	Moyenne
FRMR11	Batirini	5.758	1.500	1.82	0.0190	0.250	0.1212	Moyenne
FRMR12	Chirini	7.206	1.500	2.02	0.0270	0.250	0.0050	Moyenne
FRMR14	Combani	6.138	1.500	4.60	0.0200	0.250	0.0174	Moyenne
FRMR15	Ouroveni	5.298	1.500	3.30	0.8734	5.100	0.1392	Forte
FRMR16	Coconi	2.964	4.052	4.90	0.0974	1.700	0.3560	Forte
FRMR19	Gouloue	2.181	7.413	6.39	0.0200	0.250	0.0285	Forte
FRMR20	Kwale	2.904	4.220	5.20	0.0250	1.000	0.0700	Forte
FRMR21	Dembeni	2.753	3.391	3.97	0.0138	0.591	0.0486	Forte
FRMR25	Dapani	6.308	1.500	2.96	0.0070	0.250	0.0050	Moyenne
FRMR26	Djalimou	6.908	3.424	2.74	0.0180	0.250	0.0674	Moyenne

➤ Occupation des sols

L'analyse concernant l'occupation des sols a été menée à partir des données renseignées dans le cadre du RHUM, elles concernent l'intégralité du territoire de Mayotte.

Les paramètres retenus pour l'évaluation de l'altération de l'occupation des sols sont :

- **La surface de sols urbanisée** : Taux de surface urbanisée, à l'échelle du BV ;
- **La surface de sols artificialisée** : Taux de surface artificialisée (agriculture et urbanisation), à l'échelle du BV ;
- **La surface de sols agricoles** : Ratio des surfaces agricoles intensives dans le lit majeur dans le but d'apprécier les surfaces à forte érosion

Pour chaque masse d'eau, la proportion moyenne de chacun de ces paramètres a été catégorisée en quatre classes, comme suit :

Tableau 6: Limites de classes de pressions pour l'occupation des sols

Limites classes pressions	Surf.urba (%)	Surf.arti (%)	Surf.agri (%)	Niveau pression final
Nulle	0	0	0	Paramètre le plus déclassant
Faible	<5	<20	<20	
Moyenne	5 à 20	20 à 60	20 à 60	
Forte	>20	>60	>60	

Cette classification permet ainsi de classer les masses d'eau comme suit (Détail dans le Tableau 7) :

- 7 masses d'eau avec une pression nulle
- 12 masses d'eau avec une pression faible
- 11 masses d'eau avec une pression moyenne
- 6 masses d'eau avec une pression forte

Tableau 7: Hiérarchisation des masses d'eau selon l'occupation des sols

CODE_ME	Nom masse d'eau	Surf.urba	Surf.arti (%)	Surf.agri (%)	Niveau pression
FRMR01	Mare amont	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
FRMR02	Mare aval	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
FRMR03	Bouyouni	Nulle	Faible	Faible	Faible
FRMR04	Longoni	Faible	Faible	Faible	Faible
FRMR05	Mgombani	Nulle	Faible	Faible	Faible
FRMR06	Kavani	Moyenne	Forte	Moyenne	Forte
FRMR07	Massimoni	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
FRMR08	Adrianabe	Nulle	Faible	Faible	Faible
FRMR09	Boungoumouhe	Faible	Faible	Faible	Faible
FRMR10	Mroni Beja	Nulle	Moyenne	Moyenne	Moyenne
FRMR11	Batirini	Nulle	Moyenne	Moyenne	Moyenne
FRMR12	Chirini	Faible	Forte	Forte	Forte
FRMR13	Mrowale	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne
FRMR14	Ouroveni amont	Faible	Faible	Faible	Faible
FRMR15	Ouroveni aval	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
FRMR16	Coconi	Moyenne	Forte	Forte	Forte
FRMR17	Kawenilajoli	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
FRMR18	Majimbini	Forte	Moyenne	Faible	Forte
FRMR19	Gouloue	Faible	Faible	Nulle	Faible
FRMR20	Kouale	Faible	Faible	Faible	Faible
FRMR21	Dembeni	Moyenne	Moyenne	Faible	Moyenne
FRMR22	Hajangua	Faible	Faible	Faible	Faible
FRMR23	Salim Be	Faible	Faible	Faible	Faible
FRMR24	Dagoni	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
FRMR25	Be	Nulle	Faible	Faible	Faible
FRMR26	Djialimou	Faible	Faible	Faible	Faible
XXXX27	Mro oua Kangani	Moyenne	Faible	Nulle	Moyenne
XXXX28	Mro oua Kirissoni	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
XXXX29	Mro oua Doujani	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
XXXX30	Mro oua Ironi Be	Nulle	Forte	Forte	Forte
XXXX31	Mro oua Darini	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
XXXX32	Mroni Be, Kafeni	Nulle	Moyenne	Moyenne	Moyenne
XXXX33	Mtsangachehi	Nulle	Moyenne	Moyenne	Moyenne
XXXX34	Mtsanga Mtsanyounyi	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
XXXX35	Sohoa Be	Nulle	Forte	Forte	Forte
XXXX36	Mroni Antanana	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle

3.2 Stratégie d'inventaire pour la mise en œuvre des relevés de terrain

La stratégie pour réaliser les inventaires de 2019 a été définie à partir de la première étape d'analyse du projet, permettant la hiérarchisation des masses d'eau au regard des pressions relatives à la continuité écologique, la qualité de l'eau et l'occupation des sols.

La mise en œuvre de la mission de terrain a ainsi été dimensionnée de façon à prospecter un maximum de tronçons dits « potentiellement de référence », tout en ciblant l'effort de terrain sur la problématique de la continuité écologique. Les cours d'eau ont ainsi été pré-ciblées comme suit :

Tableau 8 : Liste des cours d'eau pré-ciblés pour la mission de l'étiage 2019 suite à l'analyse des pressions

CODE ME	Nom cours d'eau	Niveaux pressions			Méthodologies d'évaluation	
		Occupation des sols	Physico-chimie	Continuité biologique	Evaluation Référence	Obstacles continuité
FRMR03	Bouyouni	Faible	Moyenne	Moyenne	x	x
FRMR05	Mgombani	Faible	Inconnu	Faible	x	x
FRMR07	Massimoni	Nulle	Inconnu	Moyenne	x	x
FRMR08	Adrianabe	Faible	Inconnu	Moyenne	x	x
FRMR09	Boungoumouhe	Faible	Inconnu	Moyenne	x	x
FRMR10	Mroni Beja	Moyenne	Inconnu	Faible	x	x
FRMR16	Coconi	Forte	Forte	Moyenne		x
FRMR21	Dembeni	Moyenne	Forte	Forte		x
FRMR22	Hajangua	Faible	Inconnu	Faible	x	x
FRMR23	Salim Be	Faible	Inconnu	Moyenne	x	x
FRMR24	Dagoni	Nulle	Inconnu	Faible	x	x
FRMR25	Be	Faible	Moyenne	Moyenne	x	x
FRMR26	Djalimou	Faible	Moyenne	Moyenne	x	x
Total masses d'eau DCE					11	13
XXXX28	Mro oua Kirissoni	Nulle	Inconnu	Faible	x	x
XXXX29	Mro oua Doujani	Nulle	Inconnu	Faible	x	x
XXXX31	Mro oua Darini	Nulle	Inconnu	Faible	x	x
XXXX32	Mroni Be, Kafeni	Moyenne	Inconnu	Faible	x	x
XXXX33	Mtsangachehi	Moyenne	Inconnu	Faible	x	x
XXXX34	Mtsanga Mtsanyounyi	Nulle	Inconnu	Faible	x	x
XXXX36	Mroni Antanana	Nulle	Inconnu	Faible	x	x
Total BV hors DCE					7	7
TOTAL BV					18	20

Pour chacune de ces masses d'eau, deux types d'évaluation ont ainsi été déployés : une méthodologie en vue d'identifier des tronçons de référence, et une méthodologie destinée à évaluer les obstacles à la continuité écologique, comme décrit ci-après.

3.2.1 Description du contexte et des pressions sur les tronçons éligibles aux conditions de référence

La liste des paramètres relevés sur le terrain est inspirée de plusieurs travaux :

- La Circulaire du 23/12/04 relative à la constitution et la mise en œuvre du réseau de sites de référence pour les eaux douces de surface,
- L'évaluation des pressions dans le cadre du Réseau de référence pérenne (IRSTEA, ONEMA, MEDDE, 2013),
- Les travaux de bio-indication menés à Mayotte dans le cadre de la DCE pour les compartiments Macroinvertébrés benthiques et Diatomées (INRA, AFB, et al., 2013-2019),
- L'évaluation des pressions menées dans le cadre du RHUM (AFB, CNRS et al., 2014).

Ils peuvent être regroupés en deux thèmes :

- Les caractéristiques naturelles du cours d'eau qui pourront alimenter le travail de typologie des cours d'eau et des tronçons, en compléments du travail réalisé dans le cadre du RHUM,
- Les données relatives aux pressions s'exerçant sur les cours d'eau et tronçons, en prenant en compte l'étagement des pressions.

Les données ont été renseignées à l'échelle de tronçons homogènes en termes de physico-chimie, hydrologie, hydromorphologie, occupation des sols, et ripisylve.

Les cours d'eau ont été parcourus de l'embouchure jusqu'à une limite amont variable : assec, impossibilité de continuer la prospection, ou homogénéisation des tronçons.

Le détail des informations acquises figure dans les fiches de terrain en Annexe 1.

3.2.2 Caractérisation des obstacles à la continuité écologique

Pour l'ensemble des bassins versants d'intérêt, les obstacles à la continuité biologique (d'origine naturelle ou anthropique) ont été renseignés, conformément à deux travaux de référence :

- La démarche utilisée dans le cadre de la description des obstacles à la continuité écologique (ICE et Guide Continuité écologique, AFB, DEAL976 et al, 2017, 2018, 2019),
- Le Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (ROE) (ONEMA et ses partenaires, MEDDE, Mai 2014).

Ainsi, des données relatives au type d'ouvrage (conformément à la typologie ROE), l'hydrologie, la sédimentation, la hauteur de chute, les usages et le franchissement piscicole ont pu être renseignées.

Le détail des informations acquises figure dans les fiches de terrain en Annexe 2.

3.2.3 Adaptations

Suite à une réunion de travail au lancement de la mission de terrain avec L. Thouvignon (AFB), plusieurs cours d'eau complémentaires ont été identifiés comme d'intérêt pour cette étude, du fait d'observations permettant de les identifier comme tels (lit naturel, écoulements une majeure partie de l'année). En conséquence, certains de ces cours d'eau ont pu être investigués lors de la mission de terrain d'août 2019.

De plus, lors des déplacements de terrain, certains obstacles se trouvant sur des cours d'eau non pré-ciblés ont été renseignés.

A l'inverse, certains cours d'eau ayant déjà fait l'objet d'investigations poussées dans le cadre de travaux antérieurs (CD976, études ponctuelles OCEA), pour lesquels suffisamment de données avaient d'ores et déjà pu être collectés, ont été écartés du planning de la mission (Bouyouni-FRMR03 et Salim Bé- FRMR23).

Enfin, des données complémentaires ont pu être relevées sur les cours d'eau non prioritaires et ceux identifiés avec l'OFB local lors d'une mission OCEA à Mayotte la semaine du 02/09/2019.

3.2.4 Stratégie finale d'inventaire

Parmi l'ensemble des cours d'eau sélectionnés, deux types peuvent être définis :

- Les cours d'eau prioritaires, potentiellement de référence, pour lesquelles les deux méthodologies d'évaluation sont mises en œuvre. Il s'agit des bassins versants présentant :
 - o Un niveau de pression faible pour la continuité écologique, et faible ou moyen pour l'occupation des sols et la physico-chimie,
 - o Un niveau de pression faible pour l'occupation des sols, et faible ou moyen pour la continuité écologique et la physico-chimie,
 - o Des niveaux de pressions inconnus (continuité écologique, physico-chimique), avec un niveau de pression a priori faible pour l'occupation des sols (cours d'eau rajoutés lors de la mission d'août 2019).
- Les cours d'eau non prioritaires, peu décrits au regard de la pression sur la continuité écologique, pour lesquels seule la méthodologie d'évaluation des obstacles à la continuité écologique est mise en œuvre. Il s'agit des bassins versants pour lesquels moins de 50% des obstacles à la continuité écologique a été décrit, à savoir la Coconi (FRMR16) et la Dembéni (FRMR21).

A noter que ce pré-ciblage inclut à la fois des masses d'eau DCE (Code BV type « FRMR00 ») et des cours d'eau non DCE (Code BV type « XXXX00 »).

Les masses d'eau DCE ont été désignées comme les plus prioritaires pour la réalisation des investigations de terrain.

Au total 38 cours d'eau, ont pu ainsi être prospectés (voir Tableau 8 et Figure 4).

4 Opérations de terrain

4.1 Planning des opérations

Les opérations de terrain se sont déroulées sur l'ensemble du territoire de Grande Terre, en août et en septembre 2019, comme illustré dans le Tableau suivant :

Tableau 9: Liste des cours d'eau ayant fait l'objet d'investigations dans le cadre du projet REZORD MAY en étiage 2019. *Cours d'eau expertisés pendant la mission d'août et de septembre 2019

Bassin versant	Code bassin versant	Date de prospection
Longoni	FRMR04	07/08/2019
Mgombani	FRMR05	07/08/2019
Massimoni	FRMR07	05/08/2019
Adrianabe	FRMR08	07/08/2019
Boungoumouhe	FRMR09	05/08/2019
Mroni Beja	FRMR10	05/08/2019
Coconi	FRMR16	04/09/2019
Koualé	FRMR20	05/09/2019
Dembeni	FRMR21	04/09/2019
Hajangua	FRMR22	08/08/2019
Dagoni	FRMR24	10/08/2019
Be	FRMR25	10/08/2019
Djialimou	FRMR26	10/08/2019
Mro oua Kirissoni	XXXX28	07/08/2019
Mro oua Doujani	XXXX29	11/08/2019
Mro oua Ironi Be	XXXX30	08/08/2019*
Mro oua Darini	XXXX31	08/08/2019
Mroni Be, Kafeni	XXXX32	11/08/2019
Mtsangacheni	XXXX33	06/08/2019
Mtsanga Mtsanyounyi	XXXX34	06/08/2019
Mroni Antana	XXXX36	10/08/2019*
Mitséni	XXXX37	11/08/2019
Mujini Longoni	XXXX38	11/08/2019
Sans nom Proche Longoni	XXXX39	11/08/2019
Sans Nom Proche ZI Longoni	XXXX40	11/08/2019
Mro oua Mouhou	XXXX41	10/08/2019
Banano	XXXX42	10/08/2019
Mroni Mtsangani	XXXX43	10/08/2019
Mroni Mbouji	XXXX44	05/09/2019
Mro oua Karoni	XXXX45	10/08/2019
Mroni Kavani	XXXX46	10/08/2019*
Mroni Abadiri	XXXX47	10/08/2019*
Mro oua Sirkalé	XXXX48	10/08/2019*
Mroni Bé	XXXX49	11/08/2019
Mro oua Makoulatsa	XXXX50	11/08/2019
Sans Nom Sada quartier Doujani	XXXX51	11/08/2019*
Sans nom Proche Mangajou	XXXX52	05/09/2019
Mro oua Mangajou	XXXX53	11/08/2019

L'intégralité des cours d'eau ciblés dans le cadre de cette étude, au nombre de 53, sont illustrés sur la Figure suivante, avec, en rose, les 38 cours d'eau inventoriées lors de la campagne de terrain, en saison d'étiage 2019 :

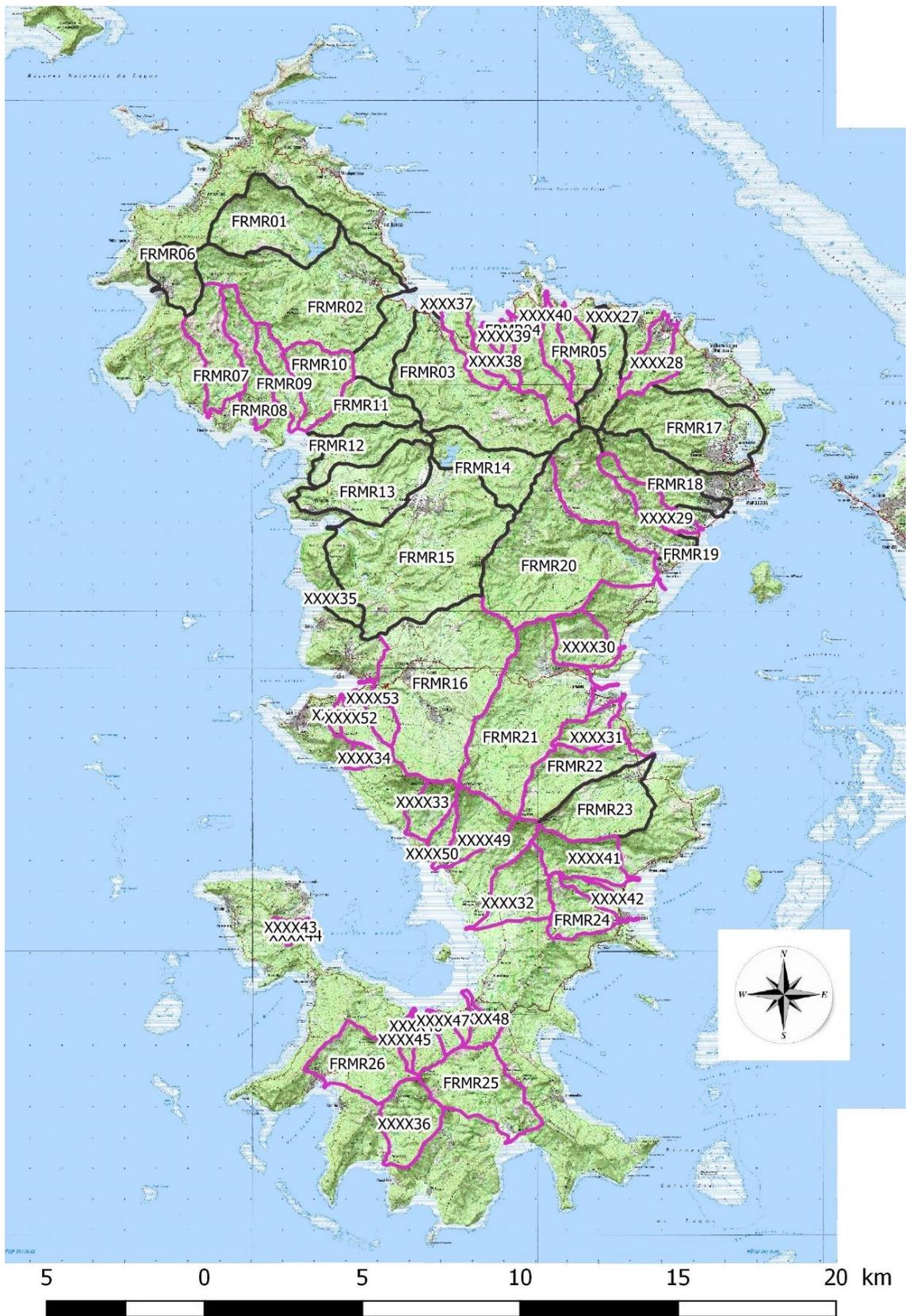


Figure 3: Situation géographique des bassins versants retenus dans le cadre du projet REZORD MAY

4.2 Contexte hydrologique et climatologique

Les inventaires ont été réalisés en saison d'étiage, les débits observés étaient faibles pour la saison (dire d'experts). Six des cours d'eau prospectés ou répertoriés présentaient des asssecs complets.

D'un point de vue climatologique, le premier semestre 2019 peut être qualifié de normal en termes de précipitations, avec un rapport à la moyenne relativement équilibré sur la période de janvier à juin.

En revanche, le mois de Juillet fut caractérisé par des précipitations fortement déficitaires (-73%), particulièrement dans les régions Centre et Sud et une durée d'insolation ainsi que des températures moyennes supérieures à la normale (+1,6°C), comme l'illustre la carte suivante (données issues de Météo France) :

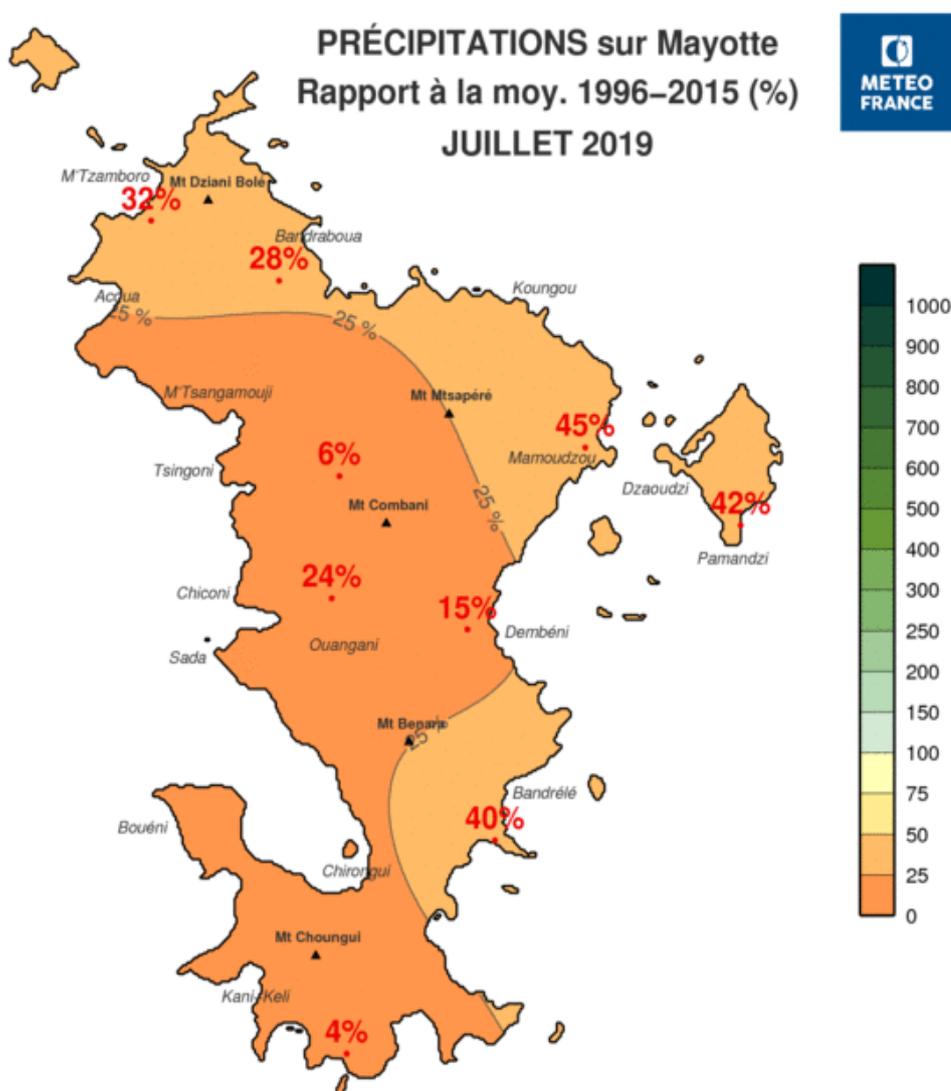


Figure 4 : Carte du Rapport à la moyenne des précipitations sur Mayotte pour le mois de Juillet 2019 (<http://www.meteofrance.yt>)

4.3 Opérations réalisées

4.3.1 Obstacles à la continuité écologique

➤ Identification des obstacles

La majorité des obstacles décrits à l'échelle de Grande Terre est représentée par des obstacles induits par un pont (63% des obstacles), suivis des seuils en rivière (26%), des chutes naturelles (10%) et enfin des barrages (1%).

Au total, 84 obstacles ont été identifiés et décrits au cours de la mission de terrain de 2019, puis ajoutés aux obstacles identifiés via l'analyse cartographique. Leur nombre s'élève à 136, soit 41% des obstacles des cours d'eau de Mayotte ayant été reconnus via le projet REZORD MAY. L'identification des obstacles via ce projet concerne une grande majorité d'obstacles induits par un pont (126 identifiés).

Le projet a également permis de noter de nombreux ouvrages issus de reconnaissances anciennes et du projet CG976 sur l'entretien des cours d'eau, représentant 28% des ressources utilisés pour la qualification des obstacles à la continuité écologique, concernant en majorité des chutes naturelles (24), des obstacles induits par un pont (48), et des seuils en rivière.

Les différentes études menées par OCEA ont permis de renseigner près du quart des chutes naturelles (8), complétées de 31 obstacles induits par un pont et 13 seuils en rivière.

Enfin, le ROE et l'étude d'ANTEA (2012) ont permis d'identifier plus de la moitié des seuils en rivière (44 au total).

Le Tableau 10 permet de résumer ces informations :

Tableau 10: Source de données relatives à la continuité écologique renseignées dans la base de données

Source de données (dernière reconnaissance)	Barrage	Chute naturelle	Obstacle induit par un pont	Seuil en rivière	Total général	
Carto REZORD MAY 2019			51	1	52	16%
Mission REZORD 2019		1	75	8	84	25%
CG976 2018		24	48	21	93	28%
OCEA 2012 à 2018		8	31	13	52	16%
ROE	2		4	41	47	14%
ANTEA 2012				3	3	1%
Total général	2	33	209	87	331	
	1%	10%	63%	26%		

La base de données géoréférencée intègre donc à ce jour 331 obstacles avérés ou potentiels à la continuité, répartis sur 53 masses d'eau (Voir Cartographie et Dictionnaire des données dans le fichier « OCEA-MNHN_REZORDMAY_CARTOGRAPHIE_FINALE »).

➤ **Franchissabilité des obstacles**

L'évaluation de la franchissabilité a été réalisée sur 245 obstacles (74%). La Figure 5 permet de visualiser l'effort d'inventaire ainsi déployé :

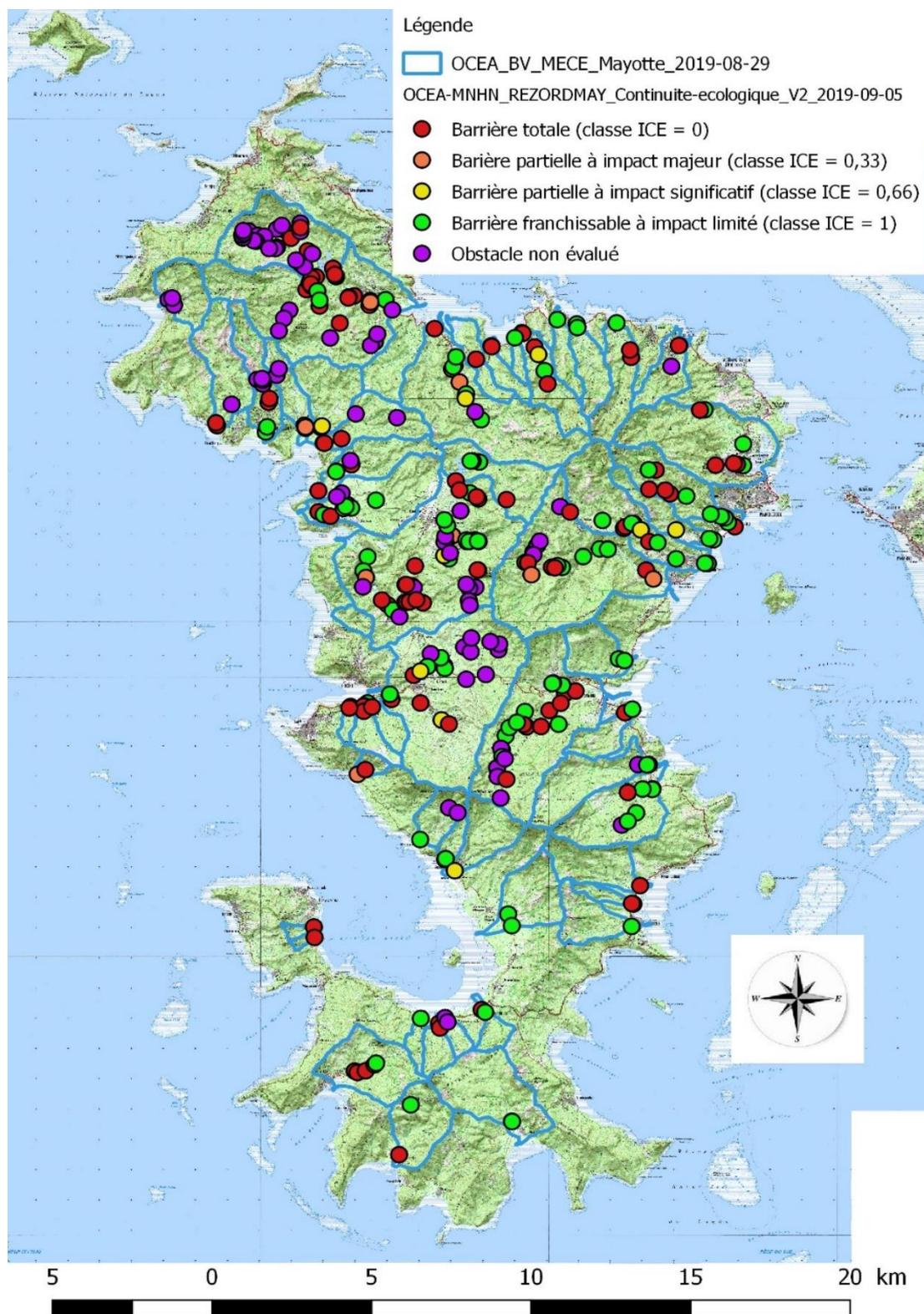


Figure 5: Cartographie des obstacles à la continuité référencés sur le territoire de Mayotte, avec leur impact maximum sur la continuité biologique (valeur minimale des différents groupes d'espèces)

La Figure suivante présente la distribution des notes de franchissabilité minimale des obstacles étudiés, c'est-à-dire pour le Groupe d'espèce 1 (Tableau 2, présenté à la section 3.1.2), ne disposant pas d'adaptations morphologiques pour la franchissabilité des obstacles.

La note de franchissabilité minimale permet de rendre compte de l'impact maximum de l'obstacle sur la franchissabilité des poissons et crustacés. Elle est calculée à partir de la franchissabilité des seules espèces naturellement présentes au droit de l'ouvrage (ou supposées comme telles) parmi les 11 sous-groupes d'espèces identifiés dans l'ICE DOM :

Franchissabilité des obstacles à la continuité

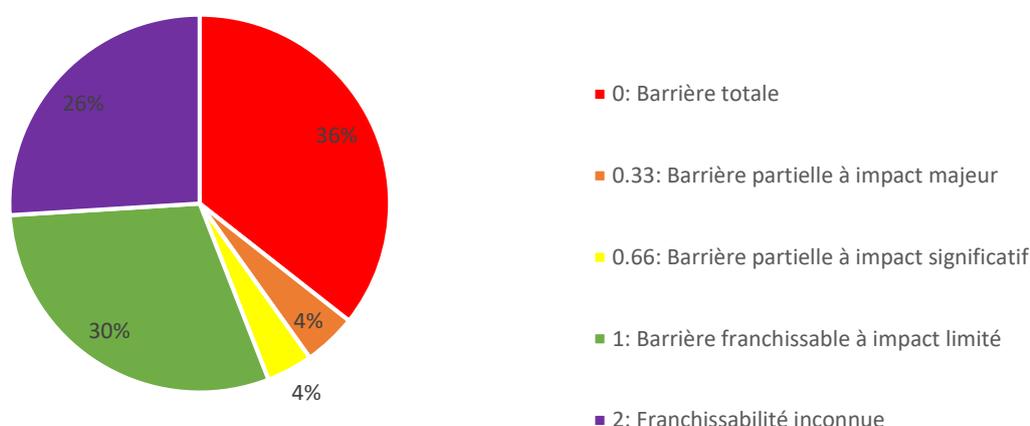


Figure 6 : Diagramme circulaire représentant la note de franchissabilité minimale des obstacles à la continuité écologique des cours d'eau de Mayotte

Sur ce diagramme, 30% des obstacles peuvent être considérés comme ayant un impact non significatif (Barrière partielle à impact limité, en vert) sur la majorité des espèces cibles, alors que 44% peuvent être considérés comme ayant un impact significatif sur au moins une partie des espèces cibles (barrière totale -en rouge, barrière partielle à impact majeur- en orange, et barrière partielle à impact significatif- en jaune).

Enfin, 26 % des obstacles n'ont pas pu être caractérisés à partir de données bibliographiques ou des investigations de la présente étude.

Dans le détail, les valeurs de franchissabilité minimales attribuées pour chaque type d'obstacles (Tableau 11) révèlent que la qualification des obstacles suit des modalités extrêmes puisque près de la moitié (46%) des obstacles qualifiés ont un impact fort sur au moins un sous-groupe de poissons ou de crustacés et à l'inverse 41% des obstacles représentent un impact limité.

A noter que les obstacles encore non qualifiés à ce jour sont majoritairement ceux induits par un pont (71 non évalués), et que d'autres n'ayant pas été pré-ciblés restent probablement à renseigner.

Tableau 11: Valeur minimale de la franchissabilité pour chaque type d'obstacles

	Barrière totale	Barrière partielle à impact majeur	Barrière partielle à impact significatif	Barrière franchissable à impact limité	Total obstacles qualifiés	Total obstacles non qualifiés	Total général
Obstacles anthropiques							
Barrage	2				2		2
Obstacle induit par un pont	55	7	8	68	138	71	209
Seuil en rivière	40	8	5	19	72	15	87
Total obstacles anthropiques	97	15	13	87	212	86	298
%obstacles qualifiés	46%	7%	6%	41%			
Obstacles naturels							
Chute naturelle	21			12	33		33
Total général	118	15	13	99	245	86	331

4.3.2 Autres pressions

L'évaluation des pressions sur les tronçons éligibles aux conditions de référence a été réalisée sur 25 bassins versants en étiage 2019.

Les données relatives à la physico-chimie, l'hydrologie, l'hydromorphologie, l'occupation des sols, et la ripisylve ont été renseignées sur près de 23 km de linéaire de cours d'eau, comme indiqué dans le Tableau 12.

La surface des bassins versants prospectés varie entre 2,22 et 19,47 km² pour les masses d'eau DCE, et 0,22 à 3,93 km² pour les autres cours d'eau.

Les linéaires prospectés s'étendent de 230 à 2 360 mètres par BV, pour une moyenne de 932 mètres.

Un nombre total de 64 tronçons ont été caractérisés sur l'ensemble de ces cours d'eau, allant d'un seul tronçon (tronçon allant de l'embouchure au premier obstacle en général, ou avec un accès difficile) jusqu'à 6 tronçons (Boungoumouhé-FRMR09) par bassin versant.

NB : Comme décrit dans la partie 2.2., un tronçon est défini par des conditions homogènes en termes de physico-chimie, hydrologie, hydromorphologie, occupation des sols, et ripisylve.

Tableau 12: Linéaires prospectés pour l'identification des tronçons de référence. * Assec complet lors des prospections 2019

Code BV	Nom	Surface BV (km ²)	Linéaire prospecté (mètres)	Nombre tronçons identifiés
FRMR05	Mgombani	2,32	1 400	3
FRMR07	Massimoni	4,36	230	3
FRMR08	Adrianabe	3,43	1 630	2
FRMR09	Boungoumouhe	2,22	2 360	6
FRMR10	Mroni Beja	3,85	1 300	4
FRMR22	Hajangua	4,89	700	4
FRMR24	Dagoni	2,72	2 230	2
FRMR25	Be	6,43	960	4
FRMR26	Djialimou	5,05	910	5
XXXX28	Mro oua Kirissoni	2,41	1 170	1
XXXX29	Mro oua Doujani	2,26	1 270	1
XXXX30	Mro oua Ironi Be	2,84	710	1
XXXX31	Mro oua Darini	1,79	465	2
XXXX32	Mroni Be, Kafeni	3,93	2 075	2
XXXX33	Mtsangacheni	2,07	370	4
XXXX34	Mtsanga Mtsanyounyi	0,64	540	4
XXXX36	Mroni Antana	3,83	500	3
XXXX37	Mitséni	1,88	1 170	2
XXXX38	Mujini Longoni	1,15	310	2
XXXX39	Sans nom Proche Longoni*	0,51	740	1
XXXX40	Sans Nom Proche ZI Longoni*	1,47	300	1
XXXX41	Mro oua Mouhou	3,54	820	2
XXXX42	Banano*	0,71	440	1
XXXX49	Mroni Bé	3,23	365	2
XXXX52	Sans nom Proche Mangajou	1,46	330	2
Total		67,54	67,54	62

L'effort de prospection ainsi déployé est observable sur la carte suivante :

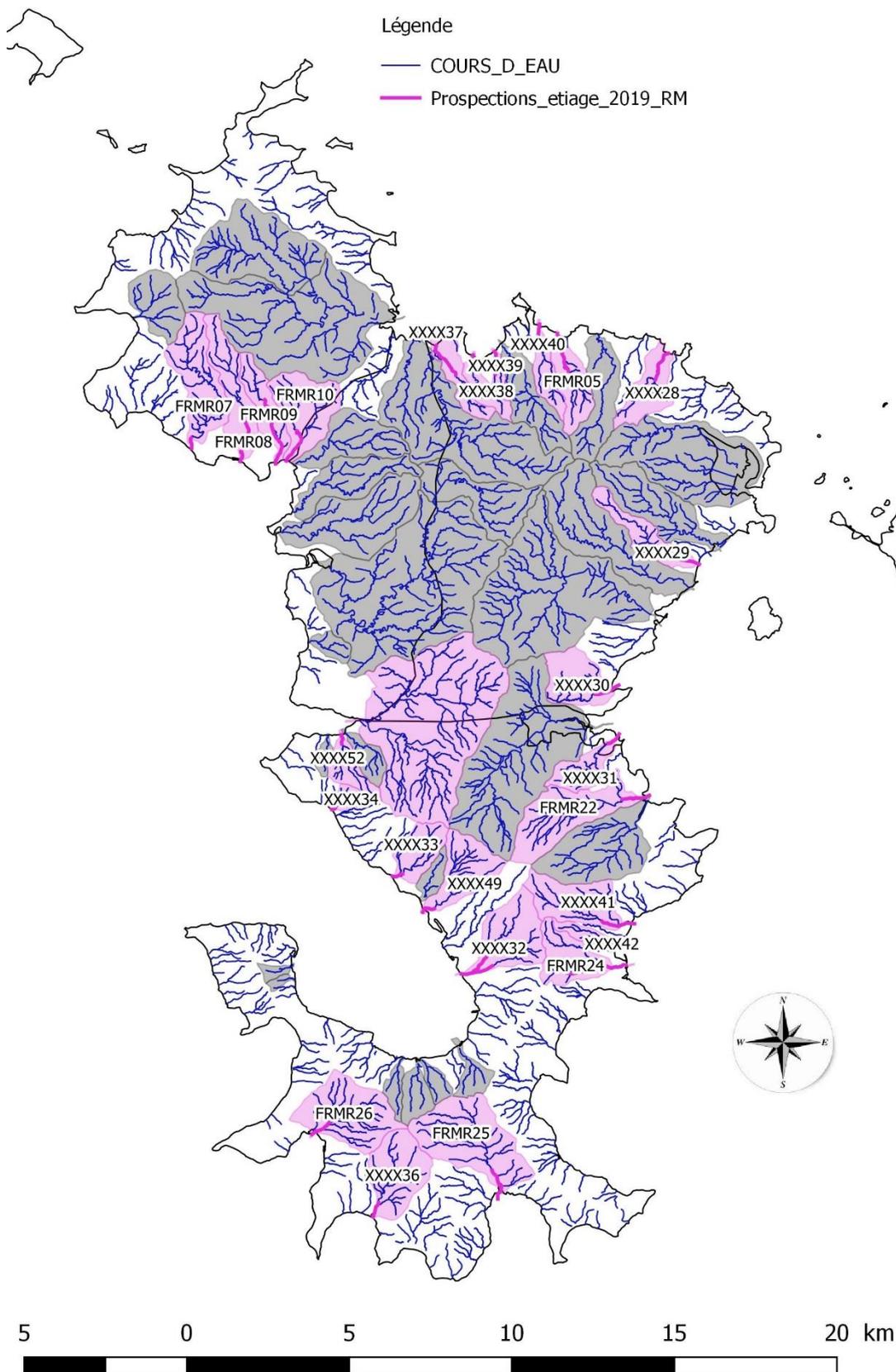


Figure 7 : Cartographie des bassins versants d'étude et des linéaires prospectés dans le cadre de REZORD MAY 2019 en vue de l'identification de tronçons de référence.

4.4 Synthèse des données collectées

Les tableaux suivants synthétisent les données relatives aux pressions identifiées sur l'ensemble des cours d'eau de l'île, sélectionnés préalablement. Ils regroupent l'ensemble des données relatives aux cours d'eau de Mayotte, y compris ceux n'ayant pas fait l'objet de prospection en étiage 2019.

Pour chacun de ces cours d'eau, figurent entre autres :

- la proportion d'obstacles de type « barrière totale », correspondant au ratio :
« Nombre d'obstacles de type barrière totale / Nombre total d'obstacles »
pour le Groupe d'espèce 1 (Tableau 2 plus haut), ne disposant pas d'adaptations morphologiques pour la franchissabilité des obstacles (espèces les plus limitantes) ;
- la notion d'Assec (O/N) : cette information correspond à un assec total du cours d'eau (O) ou partiel ou absent (N). Cette information a été relevée pour l'ensemble des cours d'eau ayant été vus lors de la mission 2019 ;
- les pressions majeures identifiées : elles correspondent aux pressions qui ont été observées sur le terrain le plus fréquemment sur les tronçons de cours d'eau. Elles ne sont pas pondérées ou traitées exhaustivement à ce stade de l'analyse.

Les cours d'eau ont été regroupés par taille de bassin versant selon trois catégories :

- Grands bassins versants (Tableau 4) : surface > 5 km²
- Bassins versants moyens (Tableau 5) : 2,50 km² < surface ≤ 5 km²
- Petits bassins versants (Tableau 6) : surface ≤ 2,50 km²

4.4.1 Grands bassins versants

Parmi les grands bassins versants, quatre étaient identifiés comme des références potentielles avant la mission, au regard des premières analyses relatives à la continuité écologique, l'occupation des sols et la physico-chimie (Tableau 13).

Seuls deux de ces bassins versants, parmi les 13 au total, ont fait l'objet de prospections dans le cadre de la mission d'août 2019. Pour les deux autres bassins versants, les données d'usages et de reconnaissances menées par le Département dans le cadre du Schéma d'Entretien des Rivières permettront de décrire le contexte et les pressions sur ces cours d'eau (Bouyouni et Salim Bé).

De manière générale, les grands bassins versants présentent un nombre important d'obstacles à la continuité écologique, 16 en moyenne, allant de 2 à 49. Trois cours d'eau présentent au moins 50% d'obstacles de type « barrière totale » : Kaouenilajoli (FRMR17), Bé (FRMR25), et Djalimou (FRMR26).

Les pressions majeures identifiées sur le terrain sur ces bassins versants sont relatives à la continuité écologique et deux types d'occupation des sols : urbain et agroforestier.

Tableau 13 : Synthèse des données pour les grands bassins versants

Grands bassins versants		Surf. (km ²)	Nombre obstacles total	Proportion obstacles type "barrière totale"	Référence potentielle avant mission (O/N)	Mission août 2019		
						Nombre tronçons identifiés	Assec (O/N)	Pressions majeures identifiées
FRMR15	Ouroveni en aval du barrage de Combani	19,47	49	30,6%	N		N	
FRMR16	Coconi	17,63	19	20,0%	N		N	
FRMR20	Kouale	15,27	17	26,3%	N		N	
FRMR02	Mare aval du barrage de Dzoumonye	15,04	27	44,4%	N		N	
FRMR21	Dembeni	13,77	19	32,0%	N		N	
FRMR03	Bouyouni	12,47	10	20,0%	O		N	
FRMR17	Kaouenilajoli	9,39	7	57,1%	N		N	
FRMR01	Mare amont du barrage de Dzoumonye	7,43	2	29,6%	N		N	
FRMR19	Gouloue	7,21	11	36,4%	N		N	
FRMR13	Mrowale	6,49	10	20,0%	N		N	
FRMR25	Be	6,43	2	50,0%	O	4	N	Urbain-Continuité
FRMR23	Salim Be	5,76	7	14,3%	O		N	
FRMR26	Djalimou	5,05	5	80,0%	O	5	N	Agroforestrie-Continuité

4.4.2 Bassins versants moyens

Parmi les bassins versants moyens, 7 étaient identifiés comme des références potentielles avant la mission au regard des premières analyses relatives à la continuité écologique, l'occupation des sols et la physico-chimie (Tableau 14).

Dix bassins versants parmi les 17 au total ont fait l'objet de prospections dans le cadre de la mission d'août 2019, en intégrant deux bassins versants non visés initialement.

Ces bassins versants présentent un nombre moyen d'obstacles à la continuité écologique, 4 en moyenne, allant de 1 à 11.

Huit cours d'eau présentent au moins 50% d'obstacles de type « barrière totale » : Ourovéni amont (FRMR14), Massimoni (FRMR07), Mroni Béja (FRMR10), Mroni Antana (XXXX36), Mroni Batirini (FRMR11), Mro Oua Mouhou (XXXX41), Mro Oua Kangani (XXXX27) et Longoni (FRMR04).

A contrario, quatre cours d'eau : Mroni Bé, Kaféni (XXXX32), Mroni Bé (XXXX49), Mro oua Irroni Bé (XXXX30) et Dagoni (FRMR24) ne présentent aucune barrière totale.

Les pressions majeures identifiées sur le terrain sur ces bassins versants sont relatives à la continuité écologique, deux types d'occupation des sols : urbain et agroforestier, et la physico-chimie, avec la présence de lavandières et d'élevages.

Tableau 14 : Synthèse des données pour les bassins versants moyens

Bassins versants moyens		Surface (km ²)	Nombre obstacles total	Proportion obstacles type "barrière totale"	Référence potentielle avant mission (O/N)	Mission août 2019		
						Nombre tronçons identifiés	Assec (O/N)	Pressions majeures identifiées
FRMR22	Hajangua	4,89	3	33,3%	O	4	N	Lavandières-Continuité
FRMR14	Ouroveni en amont du barrage de Combani	4,66	5	60,0%	N		N	
FRMR18	Majimbini	4,65	11	45,5%	N		N	
FRMR07	Massimoni	4,36	3	66,7%	O	3	N	Urbain-Continuité
XXXX32	Mroni Be, Kafeni	3,93	1	0,0%	O	2	N	Lavandières
FRMR10	Mroni Beja	3,85	2	50,0%	O	4	N	Continuité
XXXX36	Mroni Antana	3,83	3	50,0%	O	3	N	Urbain-Continuité
FRMR11	Mroni Batirini	3,56	5	60,0%	N		N	
XXXX41	Mro oua Mouhou	3,54	2	100,0%		2	N	Agroforesterie-Continuité-Lavandière
FRMR12	Chirini	3,49	5	40,0%	N		N	
XXXX27	Mro oua Kangani	3,46	1	66,7%	N		N	
FRMR08	Adrianabe	3,43	8	37,5%	O	2	N	Urbain-Continuité
FRMR04	Longoni	3,25	7	57,1%	N		N	
XXXX49	Mroni Bé	3,23	2	0,0%		2	N	Urbain
XXXX30	Mro oua Ironi Be	2,84	2	0,0%	N	1	N	Agroforesterie-Elevage
FRMR06	Kavani	2,72	3	0,0%	N		N	
FRMR24	Dagoni	2,72	1	0,0%	O	2	N	Urbain

4.4.3 Petits bassins versants

Parmi les petits bassins versants, sept étaient identifiés comme des références potentielles avant la mission au regard des premières analyses relatives à la continuité écologique, l'occupation des sols et la physico-chimie (Tableau 15).

Treize bassins versants parmi les 23 au total ont fait l'objet de prospections dans le cadre de la mission d'étiage 2019, en intégrant 15 bassins versants non visés initialement.

Ces bassins versants présentent un faible nombre d'obstacles à la continuité écologique, 2 en moyenne, allant de 1 à 6.

En revanche 12 de ces cours d'eau présentent au moins 50% d'obstacles de type « barrière totale », contre 9 sans « barrière totale ».

Les pressions majeures identifiées sur le terrain sur ces bassins versants sont relatives à trois types d'occupation des sols : urbain, agricole et agroforestier, l'hydrologie, la continuité écologique, et la physico-chimie avec la présence de lavandières.

Tableau 15 : Synthèse des données pour les petits bassins versants

Petits bassins versants		Surface (km ²)	Nombre obstacles total	Proportion obstacles type "barrière totale"	Référence potentielle avant mission (O/N)	Mission août 2019		
						Nombre tronçons identifiés	Assec (O/N)	Pressions majeures identifiées
XXXX28	Mro oua Kirissoni	2,41	3	33,3%	O	1	N	Urbain
FRMR05	Mgombani	2,32	2	0,0%	O	3	N	Urbain
XXXX29	Mro oua Doujani	2,26	1	0,0%	O	1	N	Urbain
FRMR09	Boungoumouhe	2,22	6	16,7%	O	6	N	Continuité
XXXX33	Mtsangacheni	2,07	1	0,0%	O	4	N	Agroforesterie
XXXX37	Mitséni	1,88	3	100,0%		2	N	Agricole-Continuité
XXXX31	Mro oua Darini	1,79	1	50,0%	O	2	N	Urbain-Continuité
XXXX40	Sans Nom Proche ZI Longoni	1,47	1	0,0%		1	O	Agroforesterie - Hydrologie
XXXX52	Sans nom Proche Mangajou	1,46	1	80,0%		2	N	Urbain-Continuité
XXXX46	Mroni Kavani	1,31	1	100,0%			O	
XXXX38	Mujini Longoni	1,15	3	50,0%		2	N	Agricole-Continuité-Lavandières
XXXX53	Mro oua Mangajou	1,12	1	50,0%			N	
XXXX48	Mro oua Sirkalé	1,04	2	50,0%			N	
XXXX50	Mro oua Makoulatsa	0,81	1	0,0%			N	
XXXX35	Sohoa Be	0,78	0	0,00%	N			
XXXX45	Mro oua Karoni	0,73	1	0,0%			O	
XXXX42	Banano	0,71	3	100,0%		1	O	Agroforesterie - Continuité-Hydrologie
XXXX47	Mroni Abadiri	0,70	2	0,0%			O	
XXXX34	Mtsanga Mtsanyounyi	0,64	2	50,0%	O	4	N	Continuité
XXXX39	Sans nom Proche Longoni	0,51	2	0,0%		1	O	Agroforesterie - Hydrologie
XXXX51	Sans Nom Sada quartier Doujani	0,42	2	100,0%			N	
XXXX43	Mroni Mtsangani	0,36	1	100,0%			N	
XXXX44	Mroni Mbouji	0,22	1	100,0%			N	

5 Analyses et hiérarchisation des pressions anthropiques

5.1 Echelle spatiale et emprise de l'analyse

5.1.1 Echelle de l'évaluation

L'analyse a été menée pour les 53 bassins versants identifiés dans le projet REZORD-MAY. Afin de réaliser l'évaluation du niveau de pressions à une échelle fine, le réseau hydrographique a été découpé en tronçons d'un linéaire de 100 mètres maximum en partant de l'embouchure (des tronçons de taille inférieure sont générés par les nœuds hydrographiques avec les confluences). La couche spatiale de référence utilisée pour le découpage est celle fournie par le référentiel hydro-morphologique ultramarin (RHUM, ASCONIT, 2014). Ainsi, les 12 107 tronçons générés pour la zone d'étude peuvent être replacés dans un contexte d'altération hydro-morphologique et profiter des composantes cartographiques et typologiques déjà disponibles dans le cadre du RHUM.

Cette approche par tronçons permet de considérer l'ensemble du réseau hydrographique de Mayotte, sans se focaliser sur des stations de mesures sélectionnées a priori. L'analyse est conduite de manière exhaustive en se basant sur des critères objectifs supposés affecter la structure et le fonctionnement des peuplements en rivière.

5.1.2 Typologie des cours d'eau

Une typologie des cours d'eau a été définie a priori en se basant sur les régions biogéographiques et la distribution des espèces le long du gradient d'altitude. En effet, les bassins versants situés à l'Est, au Nord-Ouest et au Sud de Mayotte présentent des caractéristiques hydrologiques contrastées en raison d'une exposition différente aux vents dominants et aux précipitations.

Ainsi, les versants sud sont peu arrosés, et présentent une morphologie caractéristique d'un réseau hydrographique mature, avec peu de reliefs, composé de nombreux cours d'eau non permanents. Les domaines nord-ouest et nord-est présentent une morphologie davantage escarpée, avec un réseau hydrographique relativement immature. Les versants nord-ouest sont les plus arrosés, et présentent le réseau hydrographique le plus dense de Mayotte, concentrant l'essentiel des cours d'eau pérennes. Enfin les versants nord-est présentent des bassins versants moins arrosés avec des débits moins élevés (Vincent TAMISIER et al., 2017).

De même, Lagarde (2018) a démontré que les peuplements de poissons et de macro-crustacés de l'île étaient fortement structurés par les paramètres d'altitude et de pente des rivières. L'étude identifie trois zones relativement homogènes en termes de peuplement, c'est-à-dire entre 0-10 mètres, entre 10-30 mètres et au-delà de 30 mètres. Les prédateurs ont généralement des capacités de franchissement d'obstacles inférieures à celles des consommateurs primaires ce qui peut leur limiter l'accès aux zones amont depuis la mer. Etant donné le faible linéaire de rivière représenté par la zone 0-10 mètres, l'étagement longitudinal considéré dans le projet REZORD-MAY a été

basé uniquement sur deux zones altitudinales : le cours inférieur (0-30 mètres) et le cours supérieur (>30 mètres d'altitude).

En compléments, afin de prendre en compte l'effet des obstacles naturels structurants pour les peuplements de poissons et macro-crustacés, un réajustement des tronçons situés en amont d'obstacles de type « Chute naturelle » a été réalisé. Ainsi, les tronçons se situant en amont des chutes naturelles à une altitude inférieure à 30 mètres et d'une hauteur de chute supérieure à 5 mètres ont été basculés en « cours supérieur », en dépit de leur altitude.

Ainsi, la typologie choisie se décompose donc en 6 catégories (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

- Rivières de l'Est, cours inférieur ;
- Rivières de l'Est, cours supérieur ;
- Rivières du Nord-Ouest, cours inférieur ;
- Rivières du Nord-Ouest, cours supérieur ;
- Rivières du Sud, cours inférieur ;
- Rivières du Sud, cours supérieur.

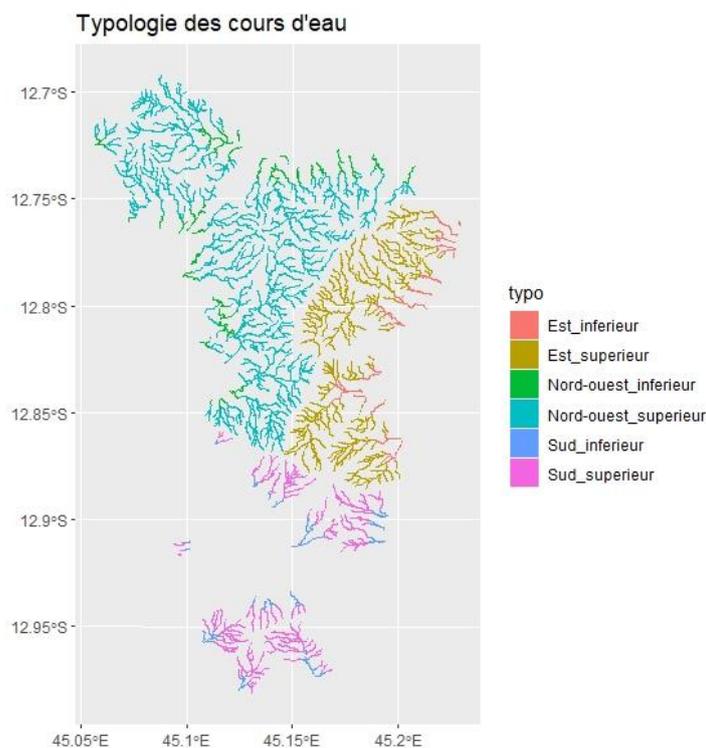


Figure 8 : Typologies des cours d'eau considéré dans le projet REZORD-MAY. La typologie est basée sur les régions biogéographiques et la distribution des espèces le long du gradient d'altitude.

5.2 Analyse de la continuité écologique

5.2.1 Données utilisées

La base de données géo-référencée compilée dans le cadre du projet REZORD-MAY a été utilisée afin d'évaluer le niveau d'altération de la continuité écologique. Cette base de données représente pour mémoire 331 obstacles avérés ou potentiels à la continuité, à savoir, 2 barrages, 33 chutes naturelles, 209 obstacles induits par un pont et 87 seuils en rivière (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

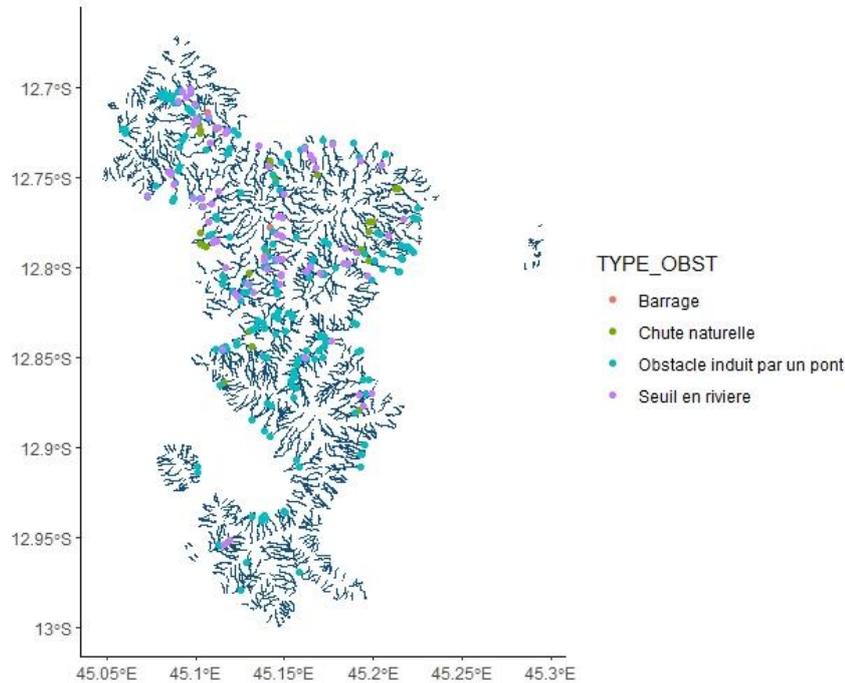


Figure 9 : Cartographie des obstacles à la continuité référencés sur le territoire de Mayotte en fonction du type d'obstacle.

L'évaluation de la franchissabilité a été réalisée à dire d'expert sur 245 obstacles (74%) pour différents groupes de poissons et crustacés, au regard de leurs capacités et adaptations morphologiques à la montaison (Kreutzenberger, Sagnes, Valade, & Voegtle, 2019).

Au total 13 métriques brutes et 2 métriques synthétiques reflétant le niveau de franchissabilité pour les groupes fonctionnels ont été évaluées à dire d'expert (voir fichier Excel et couches SIG « OCEA-MNHN_REZORDMAY_Continuite-ecologique_V2_2020-04-21 » dans le dossier « OCEA-MNHN_REZORDMAY_CARTOGRAPHIE_FINALE »).

5.2.2 Evaluation de la continuité écologique

Le niveau de perturbation de la continuité écologique a été évalué uniquement sur la base des obstacles anthropiques, si bien que les chutes naturelles n'ont pas été intégrées dans l'analyse.

Afin de prendre en considération le caractère migrateur de la faune aquatique de Mayotte, l'impact des obstacles a été évalué de manière cumulée de l'embouchure vers l'amont des bassins versants. En effet, l'ensemble des poissons et des crustacés indigènes de l'île colonisent les rivières au stade juvénile en partant de l'embouche pour rejoindre les parties amont. La présence d'un obstacle sur un tronçon de rivière aura donc des répercussions potentielles sur la colonisation de l'ensemble des tronçons présents en amont.

Pour chaque tronçon de 100 m du réseau hydrographique, le niveau de franchissabilité pour les groupes fonctionnels a été défini comme le niveau de franchissabilité minimal évalué pour les obstacles présents en aval. Par exemple, les tronçons présents en amont d'un obstacle de type « Barrière totale » (note : 0) se verront attribués de la même valeur de franchissement que l'obstacle (ici une note de 0). Dans le cas où aucun des

obstacles présents en aval ne présentait une évaluation du niveau de franchissabilité (c.-à-d.) « Franchissabilité Inconnue », alors l'obstacle a été supposé de type « Barrière franchissable à impact limité » (notre : 1), afin de limiter une surévaluation des impacts à la continuité.

Pour les analyses, trois métriques synthétiques ont été retenues pour évaluer le niveau de perturbation de la continuité écologique à Mayotte, à l'échelle des tronçons :

- **le nombre d'obstacles présents en aval du tronçon.** Cette métrique synthétise l'impact cumulé de multiples obstacles à la continuité sur le cours de la rivière. Elle permet notamment d'intégrer l'influence des obstacles pour lesquels l'évaluation de la franchissabilité pour les groupes fonctionnels n'était pas disponible.

- **la classe minimale de franchissabilité pour les poissons.** Cette métrique reflète le niveau d'accessibilité du tronçon pour les poissons en fonction des obstacles présents en aval. Elle correspond à la valeur minimale de franchissabilité des obstacles en aval par l'ensemble des différents groupes fonctionnels de poisson.

- **la classe minimale de franchissabilité pour les crustacés.** Cette métrique reflète le niveau d'accessibilité du tronçon pour les crustacés en fonction des obstacles présents en aval. Elle correspond à la valeur minimale de franchissabilité des obstacles en aval par l'ensemble des différents groupes fonctionnels de crustacés.

5.2.3 Résultats de la continuité écologique

Le nombre d'obstacles anthropiques présents en aval des tronçons varie entre 0 et 16 obstacles (moyenne : 2,54) et s'accroît avec l'altitude (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

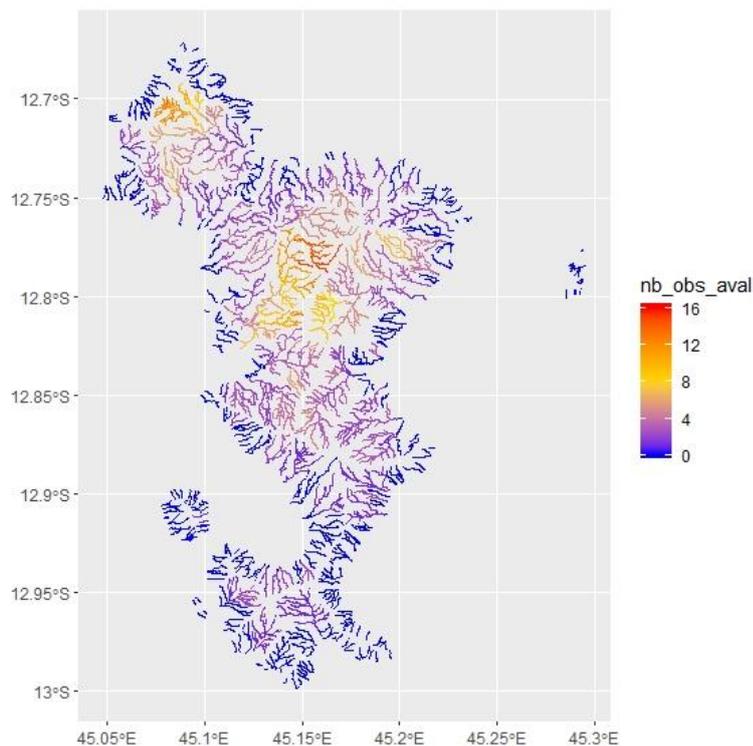


Figure 10 : Nombre d'obstacles anthropiques présents en aval des tronçons de rivière sur le réseau hydrographique de Mayotte.

Les bassins versants du Sud, qui sont majoritairement des petits systèmes intermittents, sont ceux qui présentent les nombres d'obstacles aval les plus faibles (par exemple, la Sohoa Bé). Les valeurs les plus faibles concernent des très petits cours d'eau non ciblés initialement, car ils présentent très probablement des régimes intermittents. A contrario les grands bassins versants (surface > 5 km²), comme la Maré ou l'Ourovéni, présentent les valeurs les plus élevées. Les bassins versants de taille moyenne (2 à 5 km²) situés dans le nord-ouest, comme l'Adrianabé ou la Massimoni ou au nord-est comme la Longoni présentent également des valeurs élevées. On notera enfin que certains cours d'eau pérennes du nord-est comme la Gouloué ou la Kaouénilajoli, ou encore la Bé dans le Sud présentent des valeurs faibles à moyennes.

La classe minimale de franchissabilité pour les poissons (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), ainsi que la classe minimale de franchissabilité pour les crustacés (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) augmente également de l'embouchure vers l'amont des rivières.

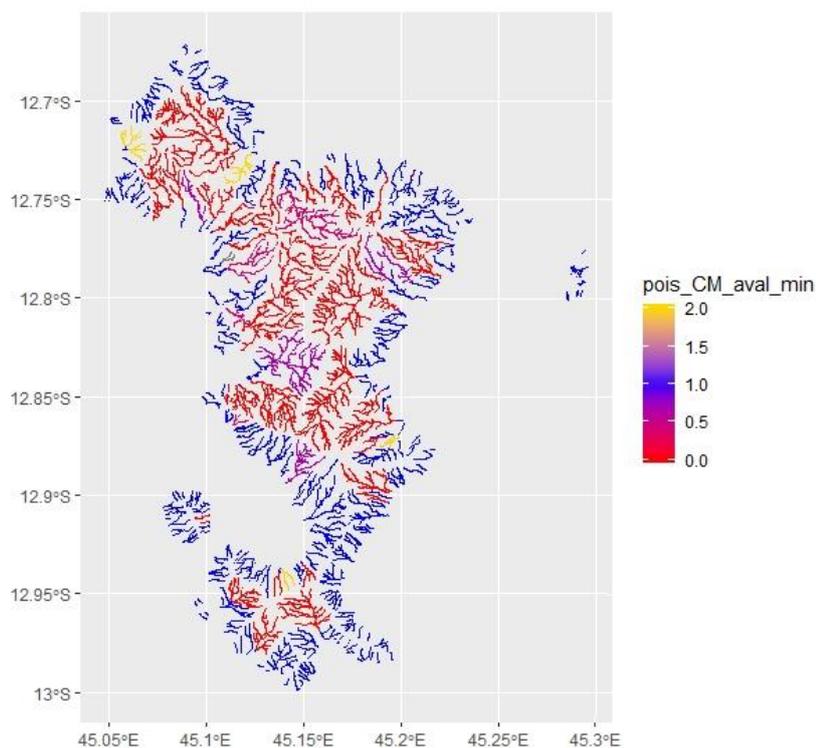


Figure 11: Classe minimale de franchissabilité pour les poissons le long du réseau hydrographique de Mayotte.

Les classes minimales de franchissabilité pour les poissons (Figures 11) confirment ces observations, avec une majorité de très petits systèmes intermittents identifiés comme franchissables (code « 1 », en bleu sur la Figure 11), alors qu'une grande partie des bassins versants de taille plus importante présentent des obstacles majeurs dès leur portion aval (code « 0 », en rouge sur la Figure 11).

On notera quelques exceptions, comme Kaouenilajoli, Mtsangachehi ou encore Mroni Bé – Kafeni, qui restent franchissables sur un linéaire important. Ces observations devront être mises en relation avec la continuité hydraulique de ces systèmes. Enfin, certains tronçons ont une franchissabilité inconnue (code « 2 », en jaune sur la Figure 11), notamment au nord-est, comme sur le bassin versant de la Kavani ou de la Maré en aval du barrage de Dzoumonyé.

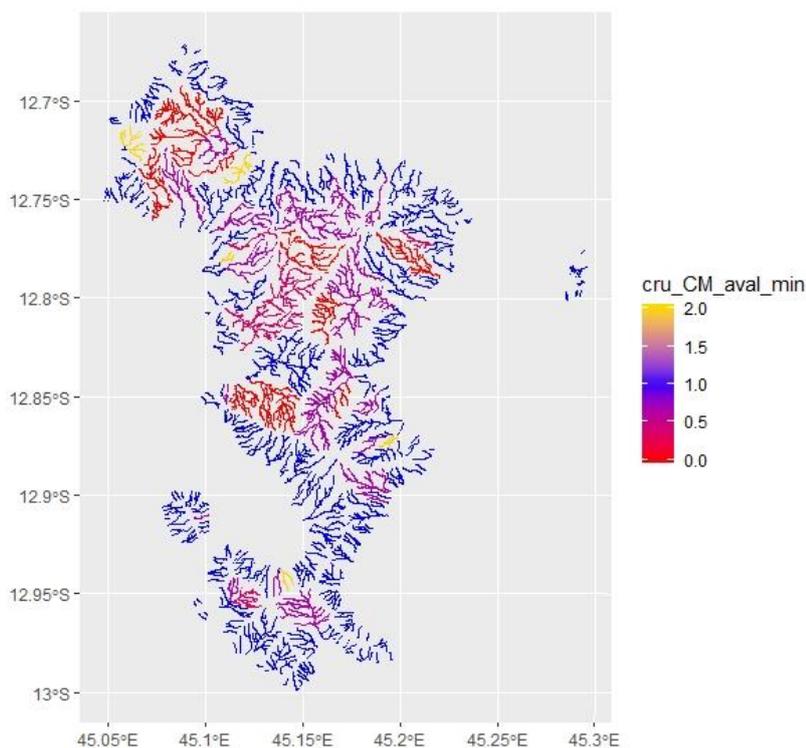


Figure 12: Classe minimale de franchissabilité pour les crustacés le long du réseau hydrographique de Mayotte.

En ce qui concerne les crustacés (Figure 12), qui disposent généralement de meilleures capacités de franchissement que les poissons, le linéaire colonisable est plus étendu, avec davantage de tronçons à franchissabilité partielle (en violet sur la Figure 12). Ainsi, comme pour les poissons, les obstacles des petits systèmes sont en grande majorité franchissables. Certains bassins versants de taille importante présentent également des linéaires colonisables conséquents, par exemple, la Coconi (cours principal du bassin versant), la Kaouenilajoli, ou encore la Gouloué. En revanche, certaines zones restent définitivement non colonisables en raison d'obstacles infranchissables en aval, comme la Maré en amont du barrage de Dzoumonyé, la Massimoni, la Majimbini ou encore le sous-bassin sud de la Coconi (affluent Rouaka).

5.3 Analyse de l'occupation des sols

5.3.1 Données utilisées

L'occupation des sols a été analysée sur la base des données géo référencées de l'IGN pour la description de l'occupation du sol. La version finale du département de Mayotte n'étant pas encore disponible, la version provisoire de la DEAL 976, parue en 2016 a été utilisée (976 OCS Ge 2016).

Deux métriques fournies par cette base de données ont été utilisées pour évaluer la pression d'occupation du sol sur le réseau hydrographique de Mayotte :

- **les surfaces agricoles** (code : US1.1), regroupant les zones avec des pratiques culturales autres que la sylviculture,
- **les surfaces anthropisées** (code : CS1.1), correspondant à des zones sans végétation, de nature perméable ou imperméable, composées de zones bâties ou non bâties.

5.3.2 Evaluation de l'occupation du sol

Les surfaces anthropisées et agricoles reflètent des sources diffuses de stress sur les milieux aquatiques causées par des modifications des processus de ruissellement et d'infiltration, ainsi que des changements dans la qualité de l'eau liés à la croissance urbaine, le développement industriel et le ruissellement agricole. Ces deux métriques ont donc été utilisées pour quantifier l'impact de l'occupation des sols à deux échelles complémentaires :

- à l'échelle du bassin versant : la proportion relative des surfaces anthropisées et agricoles a été calculée pour chaque bassin versant afin d'évaluer une empreinte à large échelle – intégrant notamment les phénomènes de concentration des intrants au niveau des exutoires ;
- à l'échelle du tronçon : la proportion relative de surfaces anthropisées et agricoles a été calculée à l'échelle des tronçons en réalisant une zone tampon de 50 mètres autour des rivières. Cette métrique reflète l'impact immédiat de la modification de la ripisylve, des intrants urbains, ainsi que des processus de ruissellement.

5.3.3 Résultats de l'occupation du sol

➤ Surfaces agricoles

A l'échelle du bassin versant (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), la proportion de surfaces agricoles varie entre 13,4 et 83,9 % (moyenne : 52,9%), alors qu'à l'échelle des tronçons (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) cette proportion fluctue entre 0 et 100 % (moyenne : 54,2 %).

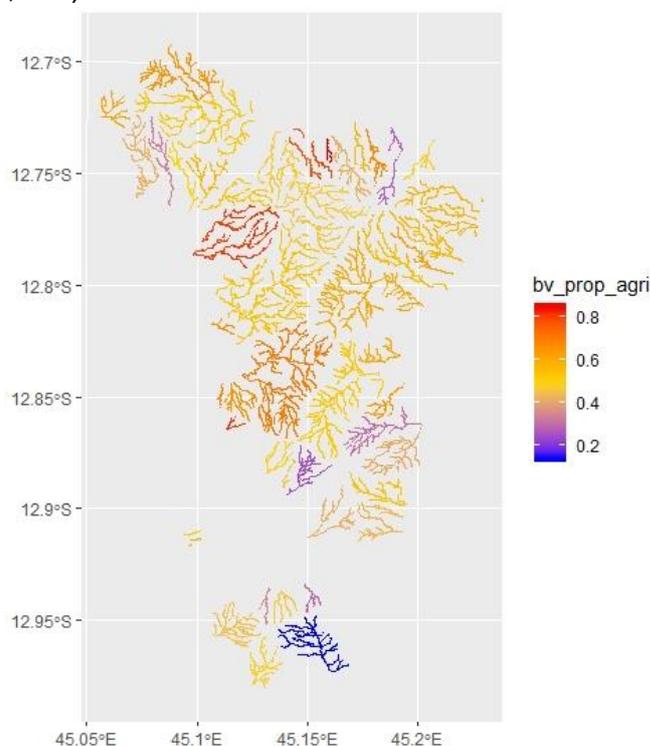


Figure 13 : Surface agricole à l'échelle des bassins versants de Mayotte.

Les bassins versants du nord présentent des activités agricoles plus importantes, notamment la Mrowalé et la Mitséni, qui sont respectivement des « grand » et « petit »

bassins versants. Les surfaces agricoles sont également étendues dans l'Est, sur le petit bassin de la Mtsanga Mtsanyounyi et, dans une moindre mesure, le bassin étendu de la Coconi (Figure 13).

A contrario, les surfaces agricoles sont moins étendues dans les bassins versants du Sud, avec la Rivière Bé (grand bassin versant), Mroni Bé- Kaféni, Hajangua (taille moyenne), Mro oua Sirkalé et Mro oua Karoni (petits bassins). Certains bassins versants du Nord de taille moyenne sont également peu influencés par l'agriculture, à savoir l'Adrianabé et le Mro oua Kangani.

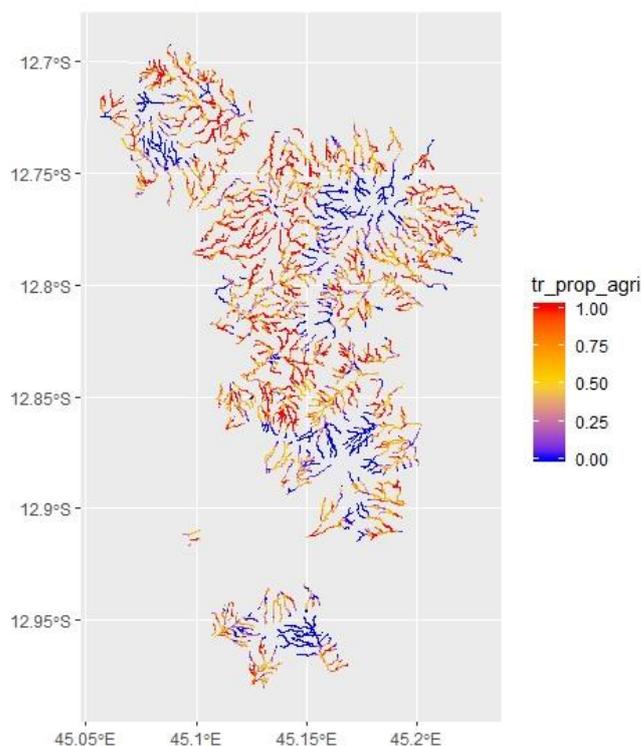


Figure 14: Surface agricole à l'échelle des tronçons du réseau hydrographique de Mayotte. La proportion de surface agricole est évaluée en réalisant une zone tampon de 50 mètres autour des rivières.

Les analyses menées à l'échelle du tronçon permettent de préciser les zones les moins influencées par l'activité agricole. La Figure 14 permet ainsi d'identifier des zones qui se situent dans les systèmes apicaux du réseau hydrographique de Mayotte, particulièrement en lien avec les quatre barrières montagneuses de Grande Terre.

Ces zones concernent notamment la crête passant par le Mont Mtaspéré et le Mont Combani au nord-est, où naissent les bassins versants de la Bouyouni, Longoni, Mro oua Kangani, Kaouenilajoli, Majimbini, Gouloué, Koulé et Oourovéni amont du barrage de Combani. Au nord-ouest, les reliefs aux abords du Mont Dziani, engendrent la préservation des têtes de bassin versant de la Maré amont, Massimoni, Adrianabé et Boungoumouhé. Plus au sud, les reliefs du Mont Bénara et du Mont Choungui offrent de bonnes conditions aux zones amont de la Dembéni, Hajangua, Salim Bé, Mro Oua Mouhou, Dagoni, Mroni Bé- Kaféni, Mroni Bé d'une part et pour les bassins versants du Bé, Mroni Antana et Djalimou.

Les autres zones aux reliefs moins prononcés sont davantage influencées par l'agriculture, particulièrement l'Ouest (Mrowalé, Oourovéni aval et Coconi).

➤ Surfaces urbaines

A l'échelle du bassin versant (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), la proportion de surface anthropisée varie entre 0,1 et 25,0 % (moyenne : 4,5%), alors qu'à l'échelle des tronçons (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) la proportion est comprise entre 0 et 100 % (moyenne : 3,8 %).

De façon globale les très grands bassins versants (supérieurs à 15 km²) comme l'Ourovéni aval, la Coconi, la Koualé et la Maré aval présentent un taux d'anthropisation intermédiaire, alors que les bassins versants moins étendus présentent des taux plus variables, dépendant de la présence de tâches urbaines sur leur linéaire.

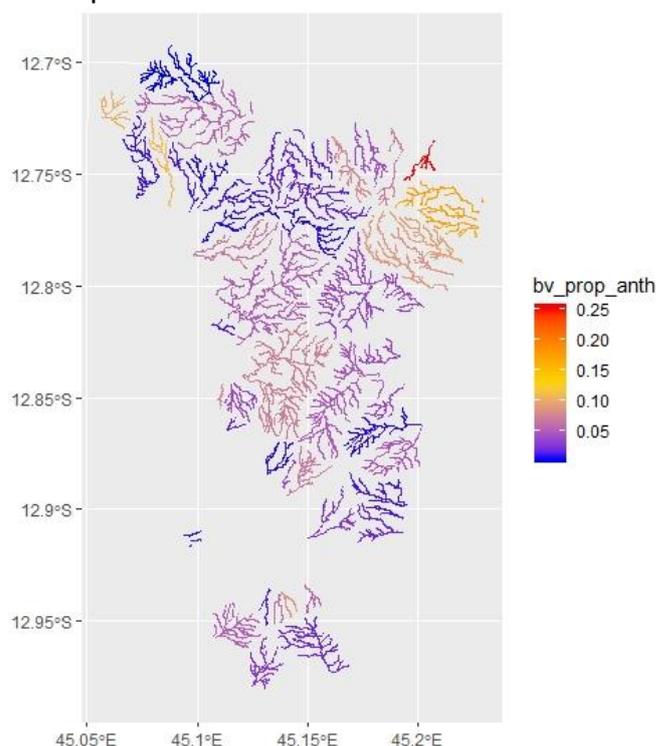


Figure 15 : Surface anthropisée à l'échelle des bassins versants de Mayotte.

Les bassins versants du nord présentent les taux de surfaces anthropisées les plus élevés à l'échelle de Mayotte. La zone au nord-est de Grande Terre partant au nord de Koungou, passant par Majikavo, Kawéni, Mamoudzou, Mtaspiré, Doujani et se terminant à l'est au niveau de Passamainti présente les bassins versants les plus anthropisés. Il s'agit de bassins versants de taille variable, tels que Mro Oua Kirissoni, Kaouenilajoli, Majimbini, Doujani ou la Gouloué. La zone nord-ouest présente également deux bassins versants de taille moyenne fortement anthropisés, à savoir Kavani qui arrose Acoua, et l'Adrianabé dont l'embouchure se trouve à M'tsangamouji.

En revanche la zone du Nord-Ouest comporte aussi de nombreux bassins ou sous-bassins versants peu anthropisés, comme la Maré amont, l'Ourovéni amont ou encore la Massimoni et la Chirini. Plus au sud, l'Hanjangua, Mro oua Mouhou ou la Mtsangachehi sont également peu impactées par l'anthropisation.

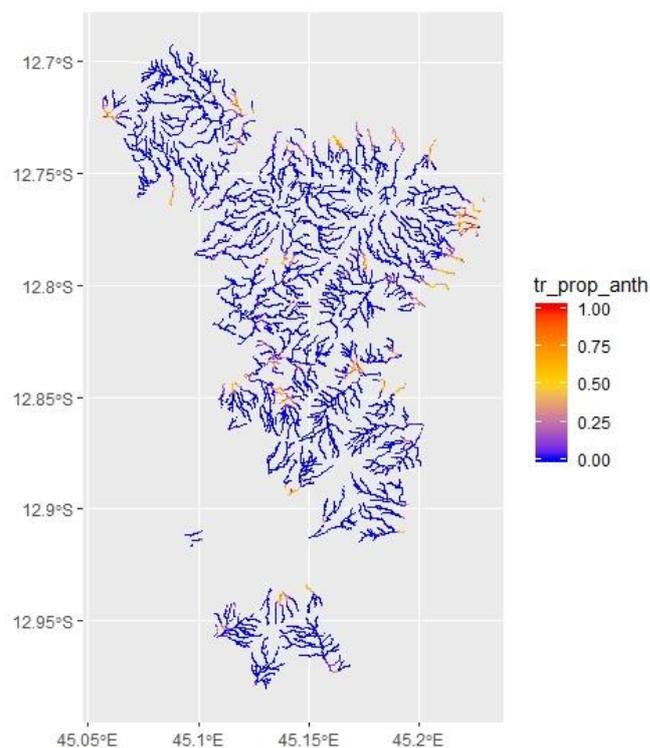


Figure 16 : Surface anthropisée à l'échelle des tronçons du réseau hydrographique de Mayotte. La proportion de surface anthropisée est évaluée en réalisant une zone tampon de 50 mètres autour des rivières.

Les analyses menées à l'échelle du tronçon (Figure 16) permettent d'identifier plus précisément les zones les plus impactées par les activités humaines. Ainsi ce sont les zones aval du réseau hydrographique de Mayotte, particulièrement celles proches des grandes agglomérations, qui présentent les taux les plus élevés d'anthropisation.

Ces zones concernent en premier lieu au Nord-Est le pôle urbain de Mamoudzou, Koungou, Kangani et Longani, impactant particulièrement les zones aval des rivières Kaouenilajoli, Mro oua Kirissoni, Mro oua Kangani et Mgombani. Au Nord-Ouest l'emprise de Dzoumoyé et Acoua s'étend sur une bonne partie des bassins versants de la Maré en aval du barrage et la Kavani. Plus au sud les bassins versants de la Dembéni et de Mro oua Darini sont marqués par l'emprise de la tâche urbaine de Dembéni-Tsarano-Iloni, et la Coconi est quant à elle occupée par les villes de Ouangani et Coconi. Enfin dans la partie sud, les villes de Sada, Poroani Chinrongui et Tsinkoura impactent les portions aval des petits bassins versants comme Mro oua Managajou, Mroni Bé ou Mroni Kavani.

5.4 Analyse de la physico-chimie

5.4.1 Données utilisées

Les données relatives à la physicochimie ont été recueillies dans le cadre du RCS (entre 2016 et 2019), ainsi que dans le cadre de l'étude menée par l'Inra (entre 2008 et 2015). Un large panel de paramètres a été mesuré sur un total de 54 stations réparties sur le réseau hydrographique de Mayotte.

Pour l'analyse, seules les mesures réalisées après l'année 2011 ont été retenues en raison du faible nombre de stations échantillonnées avant cette année.

De plus, afin d'assurer une homogénéité dans la période de mesure, les données analysées sont celles qui ont été collectées entre les mois de mai et d'octobre. Cette

période est marquée par des températures plus élevées que le reste de l'année et un régime hydrologique d'étiage.

La période sélectionnée est donc supposée refléter les conditions de qualité de l'eau les plus limitantes à l'échelle d'un cycle hydrologique annuel.

Finalement, seules les stations pour lesquelles un minimum de cinq mesures était disponible ont été intégrées à l'analyse pour limiter les biais liés à l'intégration de mesures ponctuelles aberrantes ou extrêmes.

Au total, la physicochimie de 47 stations de mesures a ainsi été analysée (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

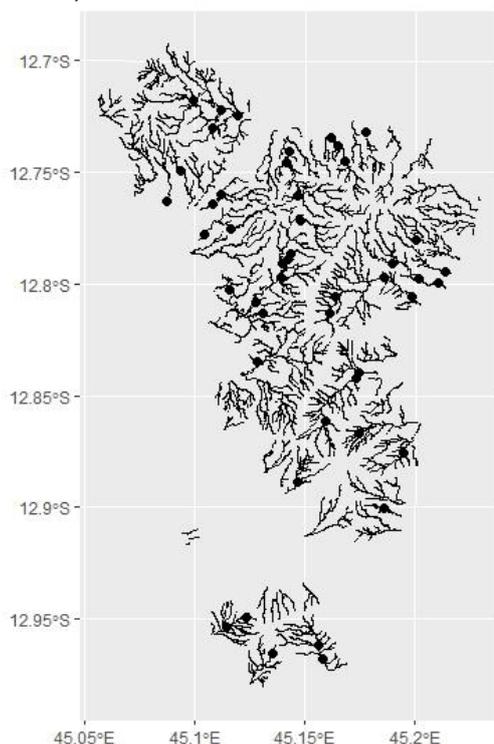


Figure 17 : Localisation géographique des 47 stations de mesures analysées pour la qualité physico-chimique des cours d'eau de l'île de Mayotte.

5.4.2 Evaluation de la qualité physico-chimique

Pour les 47 stations sélectionnées, les médianes des mesures de neuf paramètres ont été calculées afin de réaliser une analyse en composante principale (ACP) permettant de synthétiser l'information disponible. Le choix des paramètres a été défini en fonction des données disponibles (valeurs manquantes) et de l'impact a priori des paramètres sur la qualité de l'eau et la faune aquatique. Les paramètres sélectionnés sont les suivants² :

² Références : GTs DCE La Réunion et Mayotte "Physico-Chimie et Phytoplancton," 2019 ; OIEAU-RéFEA, n.d. ; Ministère de la Transition écologique et Solidaire, 2018 ; Katell et al., 2010 ; Chery & Barbier, 2000 ; MIQUEL, 2003 ; IFREMER, 2017)

- **% O₂ et mg O₂ : %O₂ correspond à la saturation en oxygène dissous (en % pourcentage de saturation).** Il exprime la quantité d'oxygène présente dans l'eau par rapport à la quantité totale d'oxygène que l'eau peut contenir (fonction de la température, salinité, pression). L'écart au 100% renseigne donc sur l'équilibre entre la consommation et la production d'oxygène, généralement déterminé par l'état d'eutrophisation d'un milieu (apports en nutriments ou matière organique).

mg O₂ correspond à la concentration en oxygène dissous (en mg/L). Il s'agit d'un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. En dessous d'un certain seuil (hypoxie, anoxie) des conséquences sur les organismes sont observées (stress physiologique, comportement d'évitements, mortalités). L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu eau.

- **DCO et DBO₅ : La DBO (demande biochimique en oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable** d'une eau par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 j (on ne peut donc avoir qu'une dégradation partielle) à 20°C, à l'abri de la lumière et de l'air ; on parle alors de la **DBO₅**. Cette mesure est très utilisée pour le suivi des rejets des stations de traitement des eaux usées, car elle donne une approximation de la charge en matières organiques biodégradables. Elle est exprimée en mg de O₂ consommé.

La DCO (demande chimique en oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le bichromate de potassium. La DCO donne une image de la matière organique présente, même quand le développement de micro-organismes est impossible (présence d'un toxique par exemple). Le résultat s'exprime en mg/l d'O₂. Généralement, la DCO vaut de 1,5 à 2 fois la DBO₅ pour les eaux usées domestiques.

- **PO₄ et P total : PO₄ correspond aux Orthophosphates,** forme ionique d'un composé du phosphore, c'est un minéral naturel du phosphate. Les algues utilisent ce phosphore minéral sous forme d'orthophosphates soit en l'absorbant directement soit en dégradant divers phosphates organiques.

Ptotal correspond au Phosphore total qui rend compte de la teneur globale des organophosphates condensés et des formes organiques du phosphore présents dans l'eau. Les composés phosphatés peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux contenant du phosphore) ou provenir d'apports anthropiques indirects (engrais, déjections animales, stations d'épuration, détergents, traitements des eaux, industrie chimique, ...)

- **NO₂, NO₃ et NH₄ : NO₂, NO₃ et NH₄ correspondent respectivement aux Nitrites, Nitrates et à l'ion Ammonium,** naturellement présents dans les milieux aquatiques en faibles quantités. Les nitrates et les nitrites sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium, présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites, puis en nitrates par certaines bactéries.

La présence de nitrates dans l'eau est principalement attribuable aux activités humaines, notamment en agriculture avec l'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumiers, associée aux cultures et à l'élevage intensifs, les installations septiques déficientes, de même que la décomposition de la matière végétale et animale.

Ces éléments phosphorés et azotés sont donc des éléments dits nutritifs, dont la présence en fortes quantités dans les milieux aquatiques est généralement

reliée aux activités humaines (c.-à-d. agricoles, industrielles et aux rejets d'eaux urbaines), et dans une seconde mesure à des origines naturelles. Ils se retrouvent dans les milieux aquatiques soit par ruissellement ou lixiviation, soit par déversement d'eaux usées, et deviennent alors des **macropolluants**, entraînant l'**eutrophisation** des milieux (prolifération végétale perturbant les équilibres biologiques dans le milieu, un appauvrissement en oxygène, entraînant la mort de la faune et la flore). Leur concentration dans l'eau s'exprime en **mg/l**.

5.4.3 Résultats de la physico-chimie

Les trois premiers axes de l'ACP menée sur les données des paramètres physico-chimiques expliquent 76,12% de la variabilité totale du jeu de donnée. Le premier axe (41,17% de variation expliquée) reflète essentiellement un gradient de pression liée aux éléments phosphorés, avec une forte contribution des paramètres P total et PO4 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.8**). Le second axe reflète un gradient de pression d'ordre hypoxique (23,22% de variation expliquée), avec une forte contribution des paramètres % O2 et mg O2 qui sont inversement corrélés aux paramètres DCO, DBO5 et NH4. Enfin, le troisième axe (11,73% de variation expliquée) reflète un gradient de stress azoté, au regard de la contribution des paramètres NO3 et NO2.

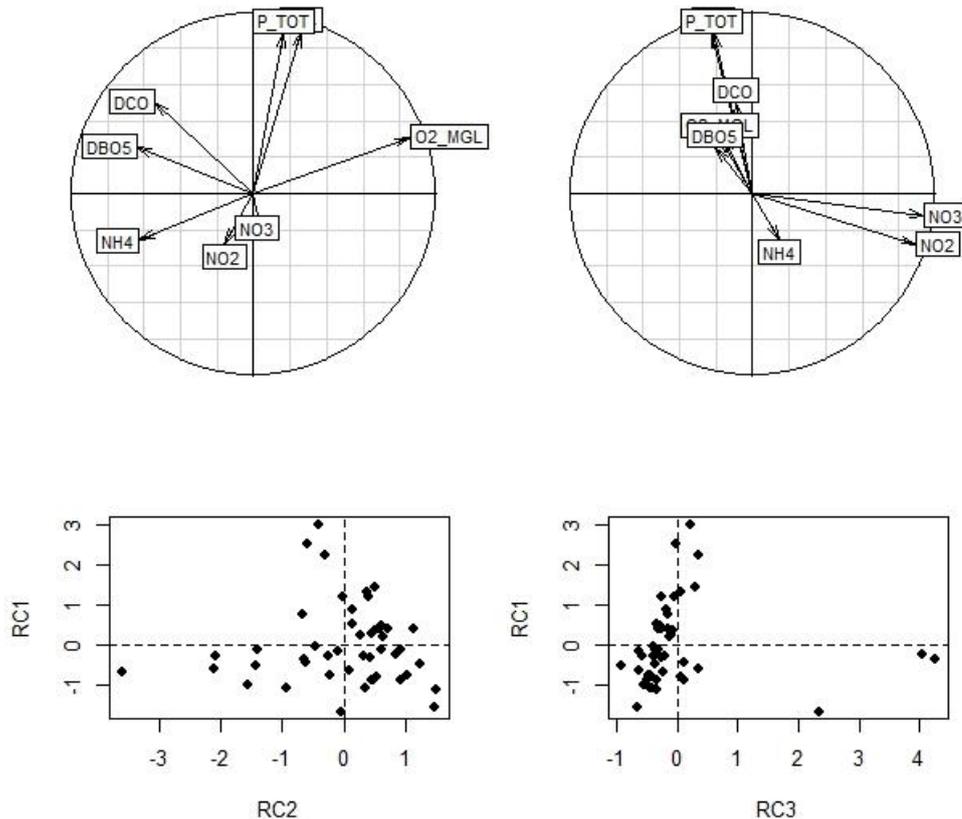


Figure 18 : Résultat de l'analyse en composante principale appliquée sur les médianes des paramètres physico-chimiques recueillis sur 47 stations de mesures, entre 2011 et 2018, sur le réseau hydrographique de Mayotte. Les cercles des corrélations entre paramètres sont présentés en haut de la figure (à droite, axes 1 et 2, à gauche axes 1 et 3) et les positions des stations de mesure sur le plan de l'ACP sont présentées en bas de la figure (à droite, axes 1 et 2, à gauche axes 1 et 3).

Les scores projetés sur les 3 axes de l'ACP ont ensuite été utilisés pour évaluer le niveau de perturbation des stations pour chaque composante (c.-à-d. stress azoté, stress hypoxique, stress phosphoré) et pour calculer un indice total pour la pression d'ordre physico-chimique. Pour ce faire, les scores des 3 axes ont été additionnés en veillant à obtenir une note maximale pour les sites les plus perturbés (c.-à-d. changement de signe

des axes de l'ACP si nécessaire). Ainsi, le niveau de pression physico-chimique a pu être évalué pour les 47 stations de mesure (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.9**).

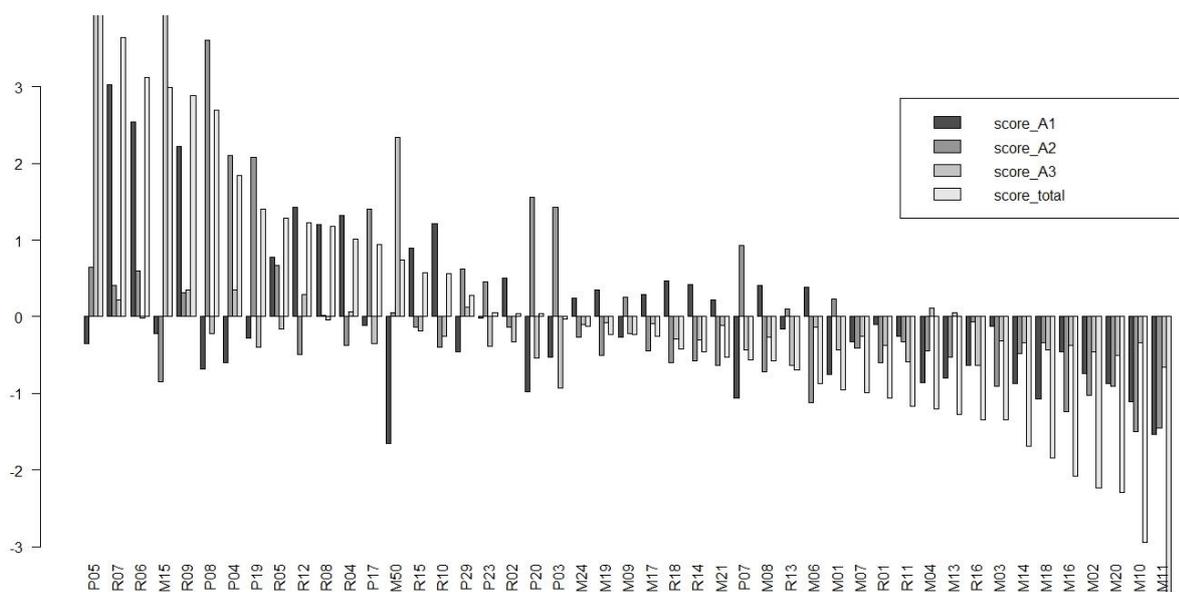


Figure 19 : Evaluation du niveau de pression sur les 47 stations de mesure de la qualité physicochimique sur le réseau hydrographique de Mayotte, entre 2011 et 2018. Un score élevé représente un niveau de perturbation important. Les scores de l'axe A1 qualifient le niveau de perturbation d'ordre phosphaté, l'Axe A2 le stress hypoxique et l'Axe A3 les perturbations d'ordre azoté. Le score total correspond à une évaluation cumulée des trois composantes.

5.4.4 Lien avec l'occupation des sols

Les mesures de physico-chimie étant réalisées sur des sites spatialement discrets (c.-à-d. station de mesure), il n'est donc pas possible d'étendre ces évaluations sur l'ensemble des tronçons de rivière du réseau hydrographique. En conséquence, ces évaluations ponctuelles seront utilisées à posteriori pour vérifier le niveau de pressions physico-chimique des sites identifiés en tant que références potentielles. Néanmoins, les relations entre les évaluations physico-chimiques (ponctuelles) et les métriques d'occupation du sol (calculées sur les tronçons de 100m) ont été analysées afin de vérifier l'existence d'une éventuelle dépendance. En effet, la pertinence d'utiliser une métrique d'occupation du sol en tant que proxy de la qualité physico-chimique du cours d'eau est vérifiée si une relation significative existe entre les deux variables.

Les scores de pressions physico-chimique dérivés de l'ACP (score A1, A2, A3 et score total) ont été analysés en fonction des proportions de surfaces anthropisées et agricoles à l'aide de régressions linéaires. Pour cette analyse, une moyenne des surfaces anthropisées et agricoles des tronçons situés à moins de 500 mètres de la station de mesure a été réalisée.

Les relations linéaires entre les scores de perturbations physico-chimiques et les métriques d'occupation du sol ne sont pas apparues significatives (Tests F, p-value > 0.005), à l'exception des relations avec le niveau de stress hypoxique (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.20**). Le gradient de pression d'ordre hypoxique (score A2) est positivement associé à la proportion de surfaces anthropisées des tronçons situés à moins de 500m de la station de mesure (test F, p-value < 0,001, $R^2 = 0,45$). Cette relation suggère que la présence de zones anthropisées, notamment urbaines aux abords directs des cours d'eau, a une influence négative sur la disponibilité en oxygène dans le milieu pour les organismes aquatiques. A l'inverse, la présence de zones agricoles aux abords des rivières est négativement liée au niveau de stress hypoxique (test F, p-value = 0,017, $R^2 = 0,12$). Néanmoins, cette

relation, moins marquée, est probablement mécaniquement liée à la corrélation négative entre les taux de surface anthropisées et agricoles dans le jeu de données (coefficient de corrélations de Pearson, $r = -0,40$, $p\text{-value} = 0,005$).

Ainsi, le taux de surface anthropisée aux abords des rivières apparaît comme un proxy pertinent pour refléter les perturbations d'ordre hypoxique à l'échelle des tronçons. En revanche, les niveaux de perturbations liées aux intrants de type azote et phosphore ne semblent pas si simplement associés aux métriques d'occupation du sol.

Cette observation n'est pas surprenante car les composés azotés et phosphorés proviennent de diverses origines anthropiques (agriculture, urbain, industrielle), et leur rattachement à un seul type d'occupation des sols est impossible. Leur présence dans les milieux aquatiques serait donc davantage à mettre en lien avec un effet cumulatif des différentes pratiques et usages sur le bassin versant.

L'origine naturelle de ces éléments n'est pas à écarter non plus en termes de contribution aux valeurs mesurées en cours d'eau, avec des apports provenant des sols lors des crues mais aussi du substrat géologique (Anso et al., 2013).

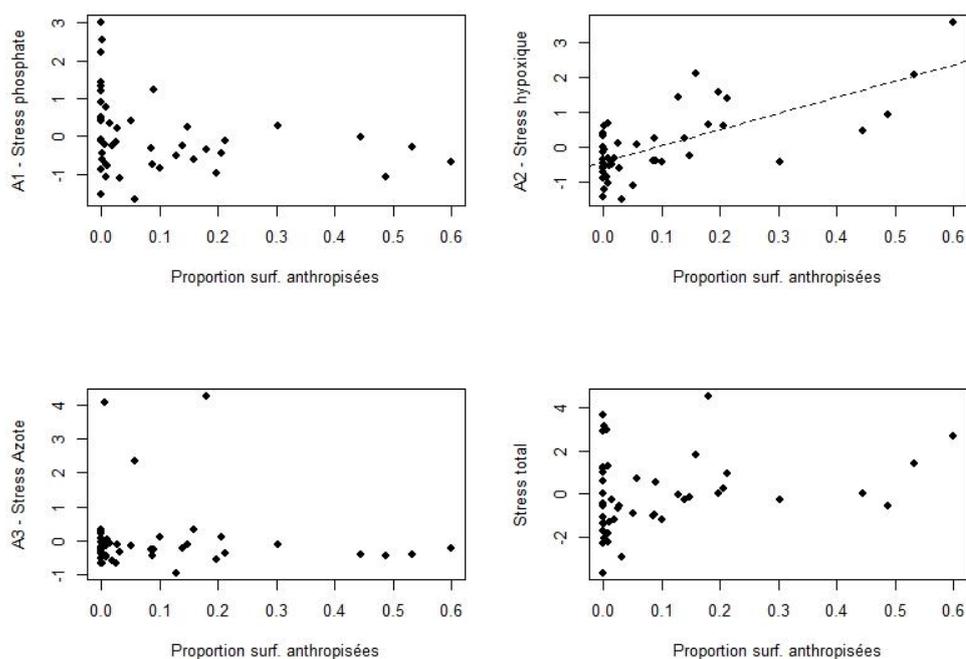


Figure 20 : Relations linéaires entre la proportion de surface anthropisées des tronçons de cours d'eau et le niveau de pression physicochimique sur les 47 stations de mesure du réseau hydrographique de Mayotte. Les scores de l'axe A1 qualifient le niveau de perturbation d'ordre phosphaté (en haut à gauche), l'Axe A2 le stress hypoxique (en haut à droite) et l'Axe A3 les perturbations d'ordre azoté (en bas à gauche). Le score total correspond à une évaluation cumulée des trois composantes (en bas à droite). Les droites de régression des relations significatives sont présentées.

Enfin, les concentrations de N et P mesurées ponctuellement dépendent fortement de la taille du bassin versant, de la position des stations de mesure dans le réseau, ainsi que des pratiques agricoles. Dans ce cadre, une évaluation des surfaces agricoles à l'échelle du bassin versant apparaît plus pertinente qu'une estimation à l'échelle du tronçon.

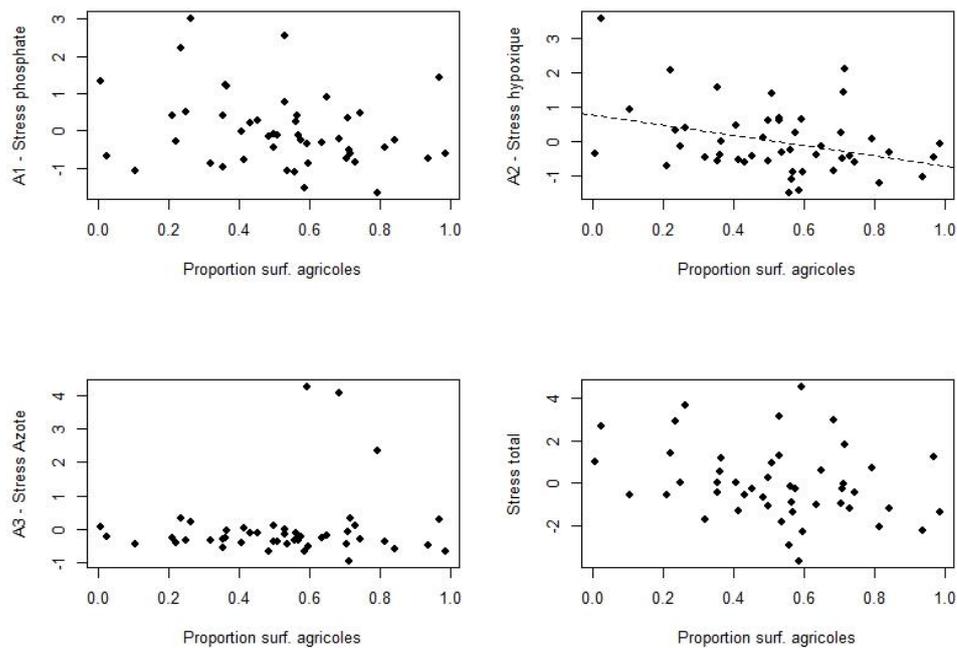


Figure 21 : Relations linéaires entre la proportion de surface agricole des tronçons de cours d'eau et le niveau de pression physicochimique sur les 47 stations de mesure du réseau hydrographique de Mayotte. Les scores de l'axe A1 qualifient le niveau de perturbation d'ordre phosphaté (en haut à gauche), l'Axe A2 le stress hypoxique (en haut à droite) et l'Axe A3 les perturbations d'ordre azoté (en bas à gauche). Le score total correspond à une évaluation cumulée des trois composantes (en bas à droite). Les droites de régression des relations significatives sont présentées.

5.5 Quantification du niveau de perturbation

5.5.1 Principe de l'analyse globale

L'objectif du projet REZORD-MAY est d'identifier des stations (tronçons) de rivière pouvant présenter les caractéristiques d'un référentiel pas (ou peu) perturbé pour les peuplements de poissons et de crustacés de Mayotte. Cet objectif nécessite de combiner les différentes informations recueillies lors de l'évaluation des pressions afin de hiérarchiser les tronçons en fonction de leur niveau de perturbation globale.

Dans le cadre du projet, le niveau de pression globale s'exerçant sur les tronçons a été quantifié à l'aide d'une méthode d'analyse de décision multicritère de type Topsis (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). Cette méthode est appropriée pour classer une série d'alternatives (ici des tronçons de rivière) sur la base de critères de « coûts » et / ou de « bénéfiques » qui augmentent ou diminuent de façon monotone. Cette technique repose sur un processus de notation (c.-à-d. scoring entre 0 et 1) et classe les alternatives en fonction de leur distance relative par rapport aux solutions idéales négatives et positives, qui représentent les conditions obtenues lorsque les critères ont des valeurs extrêmes.

Dans le cas présent, les tronçons de rivière ont été classés en fonction de six critères basés sur l'évaluation 1) de la continuité écologique et 2) de l'occupation des sols :

- **1a : le nombre d'obstacles présents en aval du tronçon.** Pour cette métrique, il est attendu que la valeur soit minimale dans le cadre d'un référentiel non perturbé.

- **1b : la classe minimale de franchissabilité pour les poissons.** Pour cette métrique, il est attendu que la valeur soit maximale dans le cadre d'un référentiel non perturbé.

- **1c : la classe minimale de franchissabilité pour les crustacés.** Pour cette métrique, il est attendu que la valeur soit maximale dans le cadre d'un référentiel non perturbé.

- **2a : la proportion de surface agricole à l'échelle du bassin versant.** Pour cette métrique, il est attendu que la valeur soit minimale dans le cadre d'un référentiel non perturbé.

- **2b : la proportion de surface anthropisées à l'échelle du bassin versant.** Pour cette métrique, il est attendu que la valeur soit minimale dans le cadre d'un référentiel non perturbé.

- **2c : la proportion de surface anthropisées à l'échelle du tronçon.** Pour cette métrique, il est attendu que la valeur soit minimale dans le cadre d'un référentiel non perturbé.

Avec ces critères, la solution idéale positive correspond à un tronçon de rivière où le nombre d'obstacles et les proportions de surfaces agricoles et anthropisées sont minimisés, alors que les classes de franchissabilité pour les poissons et crustacés sont maximisées. Cette solution hypothétique correspond aux exigences d'un référentiel non perturbé et obtiendrait un score de 1 à l'issue de l'analyse. A l'inverse, une note proche de 0 correspond à un tronçon pour lequel les surfaces agricole et anthropisée sont élevées et la continuité est fortement perturbée.

Pour rappel, étant des évaluations ponctuelles, les mesures de physico-chimie n'ont pas été retenues dans le cadre de ce travail de classification des niveaux de pressions. Il en est de même pour la proportion de surface agricole à l'échelle du tronçon qui est peu discriminante en l'état.

Les scores issus de l'analyse Topsis ont ensuite été catégorisés afin d'évaluer le niveau de pression global et d'identifier les tronçons les moins perturbés pouvant potentiellement être considérés comme « référence non perturbés ». **Cinq niveaux de pressions ont été définis en fonction du pourcentage de dégradation de la note du tronçon** par rapport au score maximal obtenu sur le réseau hydrographique :

- **très faible** : dégradation comprise entre 0 et 5 % ;
- **faible** : dégradation comprise entre 5 et 10 % ;
- **moyen** : dégradation comprise entre 10 et 25 % ;
- **fort** : dégradation comprise entre 25 et 50 % ;
- **très fort** : dégradation supérieure à 50 %.

Les tronçons de rivière pouvant servir de référence potentielle pour les peuplements de poissons et de crustacés de Mayotte ont été définis comme ceux soumis à un niveau de pression « très faible » à « faible ».

5.5.2 Résultats de l'analyse globale

➤ Résultats bruts

L'analyse Topsis a permis de calculer un score de pression globale pour l'ensemble des tronçons de 100 mètres du réseau hydrographique de Mayotte (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Le meilleur score obtenu est égal à 0.975 à l'échelle de Mayotte (tête de bassin d'un affluent rive gauche de la Bé- FRMR25). Ce résultat, proche de 1, suggère que certains sites présentent un niveau de pression relativement faible au regard des critères inclus dans l'analyse.

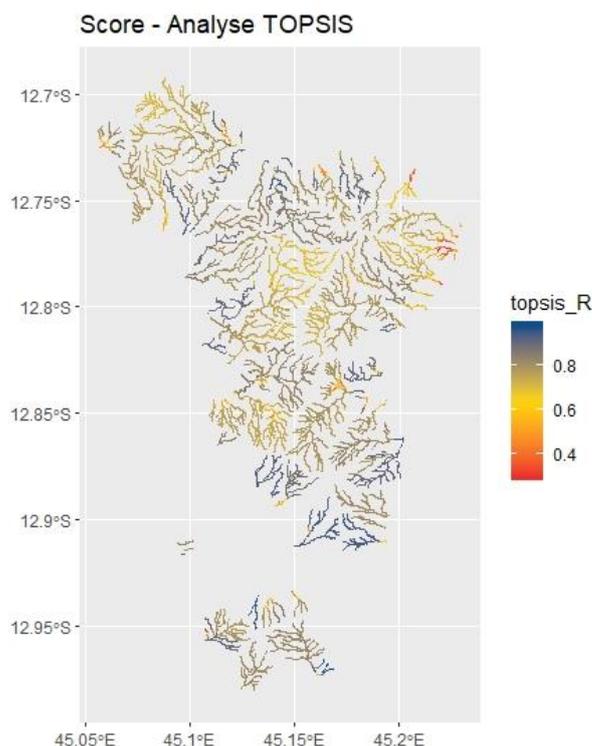


Figure 22 : Scores issus de l'analyse Topsis pour chaque tronçon du réseau hydrographique de Mayotte, reflétant le niveau de pression selon les critères de continuité écologique et d'occupation du sol. Une valeur proche de 1 suggère un niveau de pression faible, alors qu'une valeur proche de zéro révèle une perturbation de la continuité écologique et/ou un potentiel de dégradation lié à l'occupation du sol.

La moyenne des scores obtenues est de 0.785 pour l'ensemble des tronçons, et le score le plus faible (0.297) reflète un niveau de pression très élevé, observé sur la rivière Kaouenilajoli- FRMR17.

Ces niveaux de pressions ont ensuite été agrégés à l'échelle des bassins versants afin de cibler les masses d'eau les moins atteintes au regard de l'occupation des sols et de la continuité écologique. Pour ce faire, **les scores issus de l'analyse Topsis à l'échelle des tronçons ont été moyennés à l'échelle du bassin versant**. Ces scores ont ensuite été catégorisés afin d'évaluer le niveau de pression global et d'identifier les bassins versants les moins perturbés.

Cinq niveaux de pressions ont été définis en fonction du pourcentage de dégradation de la note du bassin versant par rapport au score maximal calculé au sein des bassins versants :

- **très faible** : dégradation comprise entre 0 et 5 % ;
- **faible** : dégradation comprise entre 5 et 10 % ;
- **moyen** : dégradation comprise entre 10 et 15 % ;
- **fort** : dégradation comprise entre 15 et 20 % ;
- **très fort** : dégradation supérieure à 20 %.

Cette analyse à l'échelle du bassin versant (Tableau 13) révèle que 11 masses d'eau sur les 53 étudiées (soit environ 20 %) présentent un score de pression qui pourrait être compatible avec des conditions de référence.

Tableau 13: Bassin versants présentant des niveaux de pression moyens « très faibles » et « faibles »

Code Masse d'eau	Nom Masse d'eau	Score pression moyen	Niveau de pression
XXXX45	Mro oua Karoni	0,953	Très faible
XXXX33	Mtsangachehi	0,924	
XXXX34	Mtsanga Mtsanyounyi	0,919	
FRMR24	Dagoni	0,918	
XXXX36	Mroni Antanana	0,902	Faible
FRMR09	Boungoumouhe	0,887	
XXXX40	Sans Nom Proche ZI Longoni	0,881	
XXXX31	Mro oua Darini	0,879	
XXXX50	Mro oua Makoulatsa	0,878	
FRMR23	Salim Be	0,878	
FRMR05	Mgombani	0,858	

➤ Résultats par classes de pressions

La discrétisation des scores en classes de pression (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**3) démontre que **certaines rivières présentent des niveaux de pression « très faible » et « faible » pouvant répondre aux exigences d'un site de référence.**

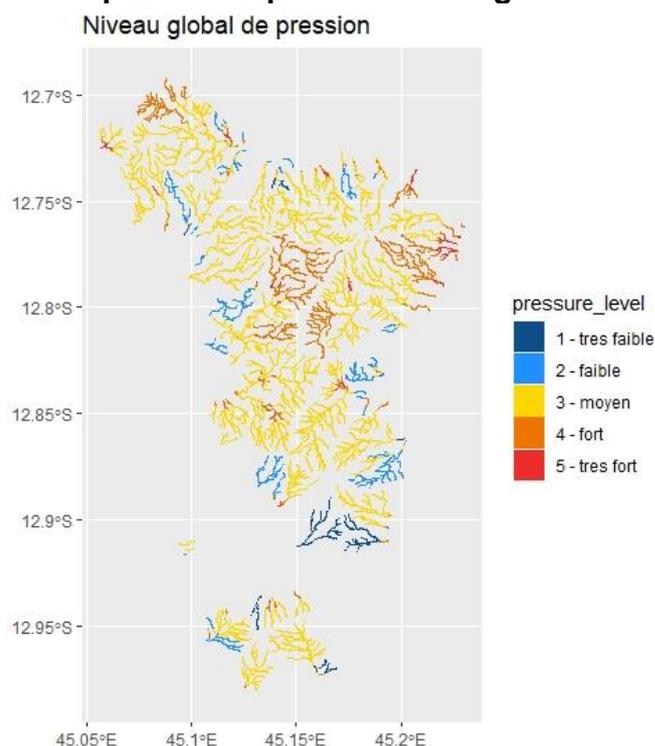


Figure 23 : Niveau de pression sur les tronçons du réseau hydrographique de Mayotte évalué sur la base des critères de continuité écologique et d'occupation du sol. Les tronçons soumis à un niveau de pression « très faible » et « faible » peuvent potentiellement répondre aux exigences d'un site de référence pour les peuplements de poissons et crustacés.

Deux masses d'eau comprennent uniquement des tronçons de type « très faible » et « faible », il s'agit de la rivière Mtsangachehi (XXXX33) et Mro oua Karoni (XXXX45), deux cours d'eau du sud de Grande Terre (Figure 24) :

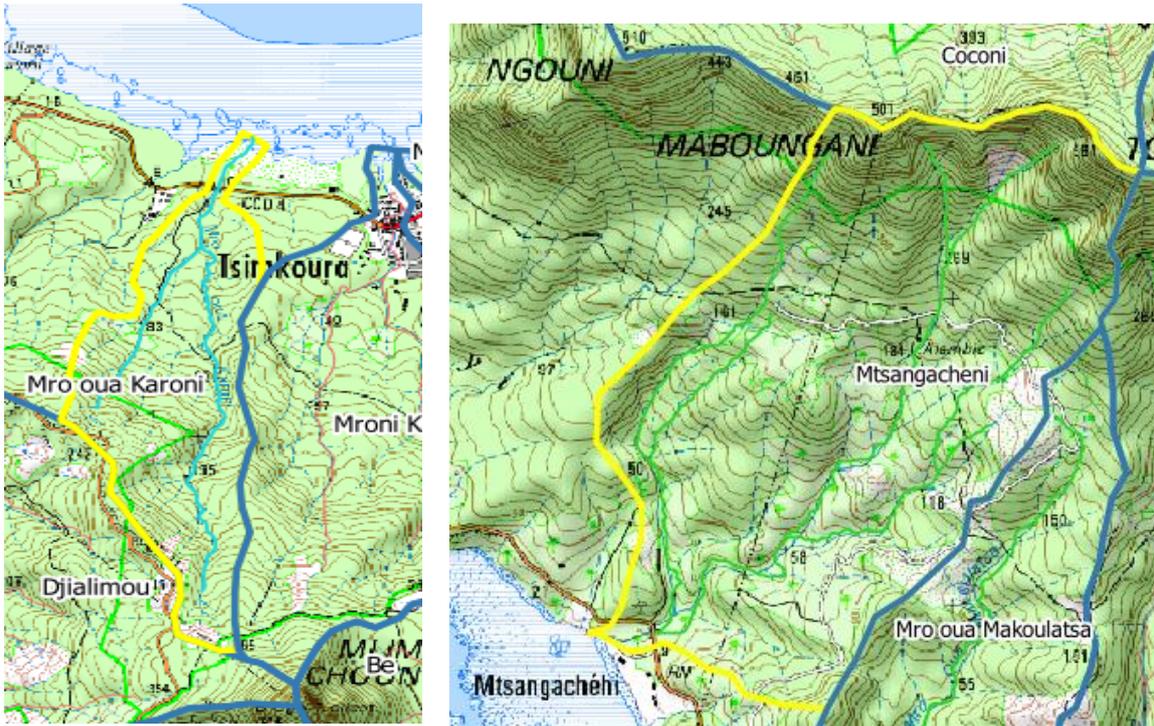


Figure 24 : Bassins versants des rivières Mro oua Karoni- XXXX45 (à gauche) et Mtangachehi- XXXX33 (à droite)

De plus, les rivières des bassins du sud de l'île, Dagoni (FRMR24), Mroni Bé-Kaféni (XXXX32) et Mro oua Makoulatsa (XXXX50), présentent un niveau de pression de niveau « très faible » ou « faible » sur la quasi-totalité de leur linéaire. En zone centrale de Grande Terre, les rivières Mro oua Ironibe (XXXX30) et Sohoa Bé (XXXX35), et au nord, les rivières Boungoumouhé (FRMR09), et Sans nom proche ZI Longoni (XXXX40) présentent, quant à elles, une majorité de tronçons montrant un niveau de pression « faible ».

Enfin, certains cours d'eau présentent des niveaux mixtes de pressions, avec certains bras ou sous-bassins affichant un niveau de pressions « faibles » à « très faibles », alors que le reste de leur arborescence est soumis à des niveaux de pressions élevés. On peut ainsi citer au sud les rivières Djialimou (FRMR26) et Bé (FRMR25) dont les zones aval sont peu impactées, plus au nord le sous-bassin versant compris entre la réserve forestière de Choungui et le Dziani Karihani pour l'Ourovéni en aval du barrage (FRMR15), quelques portions de la Maré en aval du barrage (FRMR02- Mro oua Bizijou et tronçons dans les hauts de la ville de Dzoumonyé), les bras les plus aval de la Bouyouni (FRMR03), et les bras aval en rive droite de la Koualé (FRMR20).

On notera que pour une grande partie des cours d'eau, les zones aval, proches de l'embouchure sont très fréquemment sujettes à un niveau de pression élevé au regard des paramètres analysés (occupation des sols et continuité écologique).

➤ Niveaux de pressions par types de cours d'eau

Dans l'ensemble, **des tronçons de cours d'eau soumis à un niveau de pression « très faible » ont été identifiés pour chaque catégorie de typologie (Erreur ! Source du renvoi introuvable.6)**, à l'exception du cours supérieur des rivières de l'est

de l'île. Cependant, un linéaire important de cette catégorie est soumis à un niveau de pression « faible » et pourrait donc suppléer à une référence.

Au regard de ces résultats, il est possible de proposer un site de référence pour chaque catégorie de la typologie. Néanmoins, **il est important de noter que certains tronçons analysés dans l'étude ne présentent pas un écoulement pérenne**. En effet, il n'existe toujours pas à l'heure actuelle de recensement fiable du type d'écoulement pour le réseau hydrographique de Mayotte. **Ainsi, une phase d'expertise supplémentaire est nécessaire pour identifier les stations de références potentielles pour les peuplements de poissons et crustacés de Mayotte.**

Tableau 16 : Linéaire de cours d'eau (km) en fonction de la typologie et des niveaux de pression anthropique sur le réseau hydrographique de Mayotte.

Typologie	1 - Très faible	2 - Faible	3 - Autre	Total général
Est_inferieur	0,44	5,50	26,93	32,86
Est_superieur	0,00	18,63	160,38	179,01
Nord-ouest_inferieur	1,32	9,55	37,31	48,18
Nord-ouest_superieur	1,19	22,45	348,53	372,17
Sud_inferieur	7,47	3,59	16,25	27,31
Sud_superieur	17,56	12,73	68,49	98,78
Total général	27,98	72,44	657,89	758,30

Au vu de ces éléments, une sélection précise des linéaires de références potentielles peut être réalisée. Elle repose sur la sélection de zones d'un linéaire continu suffisant (>450 mètres), comportant des tronçons d'un niveau de pressions « faible » et « très faible », elle donne lieu à la représentation cartographique suivante :

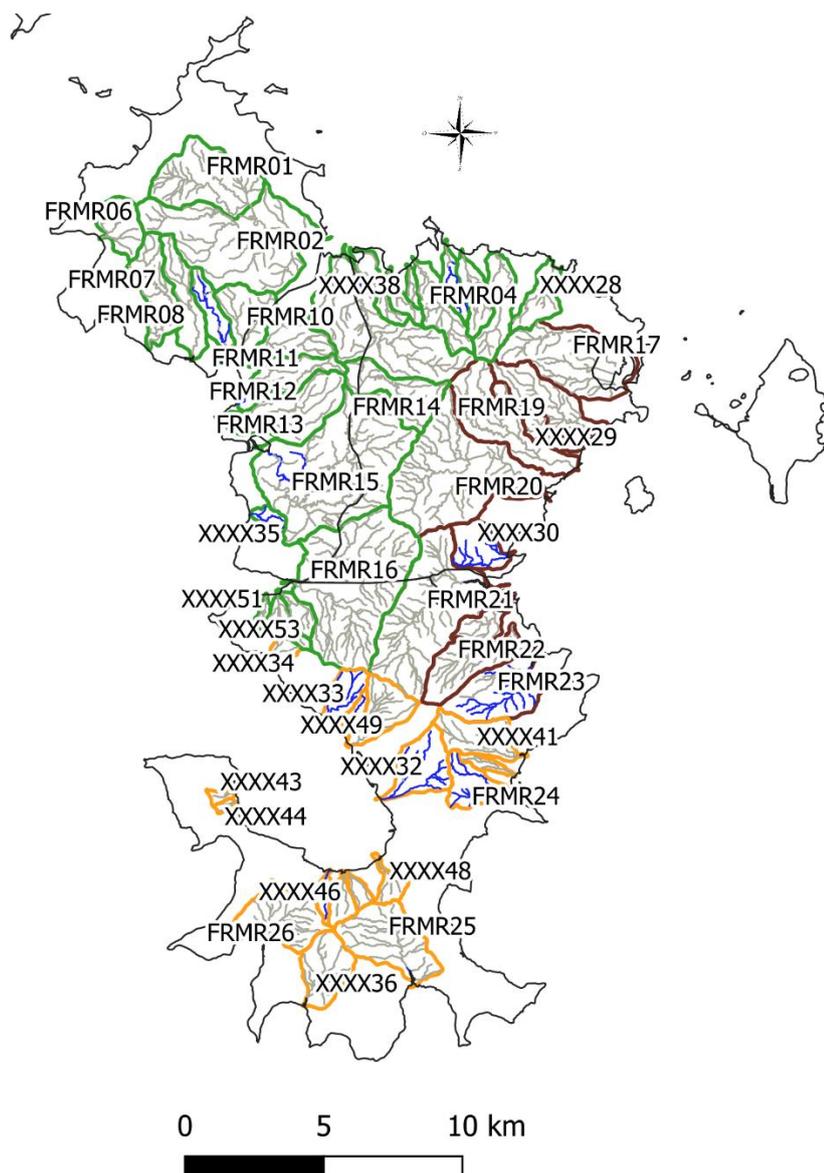


Figure 25 : Cartographie des bassins versants d'étude du projet REZORDMAY. En vert : contour des bassins versants de type "Nord-Ouest", en marron contour des bassins versants de type "Est", en orange contour des bassins versants de type "Sud". Réseau hydrographique : en gris : tronçons de cours d'eau non sélectionnés comme référence potentielle, en bleu : tronçons sélectionnés comme références potentielles

Les cours d'eau peu connus (car non prospectés ou peu suivis) ont été sélectionnés sur l'intégralité des linéaires à faible niveau de pression. Ils nécessiteront des prospections supplémentaires afin de vérifier leur potentiel d'accueil, notamment en termes de continuité hydraulique.

Ainsi, le linéaire de référence potentiel concerne un total de 77 km de cours d'eau, soient 10,2% du réseau hydrographique pris en compte dans le cadre de cette étude, répartis sur 11 masses d'eau DCE et 7 bassins versants (non DCE). Dans le détail, la majorité du linéaire soumis à des pressions faibles concerne les cours d'eau du Sud (43% du réseau potentiel), puis l'Est (30%), et enfin le Nord- Ouest (27%).

Parmi ces cours d'eau, certains offrent un linéaire important, comme la Salim Bé (FRMR23) à l'Est avec plus de 14km de linéaire de référence potentielle en zone inférieure et supérieure, la Boungoumouhé (FRMR09) au Nord-Ouest avec près de 6km de référence potentielle dans sa partie supérieure, ou encore au Sud les rivières Dagoni

(FRMR24), Mroni Bé- Kaféni (XXXX32) et Mtangachéhi (XXXX33) qui représentent chacune plus de 7 km de linéaire potentiel de référence (Tableaux 17, 18 et 19).

Tableau 14: Linéaires potentiels de tronçons de référence pour les cours d'eau de type « Est » de Mayotte

Type / Bassins versants		Linéaire total REF potentiel (km)	Contribution REF
Est inférieur		6,16	8%
Dembéni	FRMR21	0,77	13%
Hajangua	FRMR22	0,44	7%
Salim Bé	FRMR23	2,36	38%
Mro oua Ironi Bé	XXXX30	2,59	42%
Est supérieur		17,15	22 %
Salim Bé	FRMR23	11,81	69%
Mro oua Ironi Bé	XXXX30	5,34	31%
Total Masses d'eau DCE	3	15,38	66%
Total BV non DCE	1	7,93	34%

Tableau 15 : Linéaires potentiels de tronçons de référence pour les cours d'eau de type « Nord-Ouest » de Mayotte

Type / Bassins versants		Linéaire total REF potentiel (km)	% linéaire concerné
Nord-ouest inférieur		6,77	9%
Bouyouni	FRMR03	0,49	7%
Bougoumouhé	FRMR09	0,58	9%
Mroni Béja	FRMR10	0,55	8%
Ourovéni aval	FRMR15	3,20	47%
Sohoa Bé	XXXX35	0,88	13%
Sans nom proche ZI Longoni	XXXX40	1,08	16%
Nord-ouest supérieur		13,60	18 %
Bougoumouhé	FRMR09	5,82	43%
Chirini	FRMR12	1,30	10%
Ourovéni aval	FRMR15	1,14	8%
Sohoa Bé	XXXX35	1,93	14%
Sans nom proche ZI Longoni	XXXX40	3,42	25%
Total Masses d'eau DCE	5	13,07	64%
Total BV non DCE	2	7,30	36%

Tableau 16: Linéaires potentiels de tronçons de référence pour les cours d'eau de type « Sud » de Mayotte

Type / Bassins versants		Linéaire total REF potentiel (km)	% linéaire concerné
Sud inférieur		8,99	12%
Dagoni	FRMR24	1,42	16%
Bé	FRMR25	0,46	5%
Djalimou	FRMR26	0,73	8%
Mroni Bé, Kaféni	XXXX32	4,43	49%
Mtangachéhi	XXXX33	0,86	10%
Mro oua Karoni	XXXX45	0,68	8%
Mro oua Makoulatsa	XXXX50	0,41	5%
Sud supérieur		24,40	35%
Dagoni	FRMR24	7,59	31%
Mroni Bé, Kaféni	XXXX32	6,41	26%
Mtangachéhi	XXXX33	6,48	27%
Mro oua Karoni	XXXX45	2,16	9%
Mro oua Makoulatsa	XXXX50	1,76	7%
Total Masses d'eau DCE	3	10,20	31%
Total BV non DCE	4	23,19	69%

On notera que pour les typologies « Est » et « Nord-Ouest », environ un tiers du linéaire de référence potentielle concerne des cours d'eau non DCE (préfixe « XXXX »), cette proportion atteignant près de 70% pour les types « Sud ».

5.6 Concordance avec les stations DCE « diatomées », « poissons », et les ZNIEFF aquatiques

5.6.1 Niveau de pression en fonction des stations « Diatomées »

Dans le cadre du suivi de l'élément de qualité « Diatomée » et le développement d'un bio-indicateur (Anso et al., 2013), 47 stations ont été suivies entre les années 2008 et 2015 sur le réseau hydrographique de Mayotte. Parmi elles, 13 stations font partie du réseau de surveillance RCS, avec un niveau de pression intermédiaire, 16 correspondent à des sites pollués, soumis à un fort impact anthropique, et 18 (en têtes de bassin) présentent les caractéristiques de station de référence, à dire d'experts. Ces stations sont toutes situées sur des masses d'eau DCE.

Afin de vérifier la concordance entre les évaluations des niveaux de pression, le score de pression global (score topsis) a été calculé pour chaque station en moyennant les valeurs des tronçons situés à moins de 250 mètres.

Les résultats démontrent une bonne concordance entre les évaluations, avec des sites identifiés comme pollués qui présentent un niveau de pression global plus important que les stations du RCS et de référence (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). De plus, ces analyses sont en adéquation avec les données récoltées dans le cadre des travaux de développement de bioindicateurs diatomées et macroinvertébrés à Mayotte (Bouchez et al., 2015) qui indiquent que les gradients de pressions observés sur le RCS historique sont peu étendus et caractéristiques de « bonnes » et « très bonne conditions » selon le SEQeau. Les auteurs attribuent ces observations au positionnement des stations RCS qui se situent fréquemment en amont des agglomérations, ainsi qu'aux seuils de quantification des analyses physico-chimiques qui sont trop élevés pour discriminer des altérations du milieu.

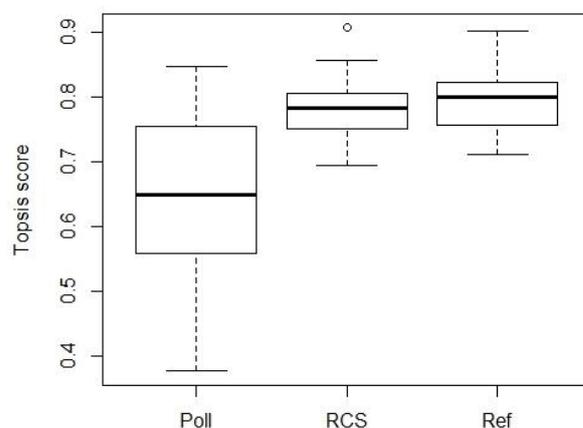


Figure 26 : Niveau de pression global calculé à partir de l'analyse topsis en fonction du type de stations de suivi « Diatomées » sur le réseau hydrographique de Mayotte. Poll : stations polluées, RCS : stations du réseau de surveillance RCS, Ref : stations de référence pour l'élément de qualité « Diatomées ».

Malgré cette concordance dans l'évaluation du niveau de pression, seules deux stations de références « Diatomées » sont situées sur des tronçons présentant des niveaux « très faible » ou « faible » au regard de l'élément de qualité « poissons et macro-crustacés » (Erreur ! Source du renvoi introuvable.27). Ces deux stations sont la station « R05 » située sur la Salim Bé (FRMR23), cours d'eau de l'Est, et la station « R14 » située sur la Boungoumouhé au Nord- Ouest (Figure 28).

Cette différence est liée au fait que le critère de continuité écologique n'est pas pénalisant dans le cadre de l'évaluation « Diatomées », ce qui conduit à une répartition majoritaire des stations de référence en amont des bassins versants. A l'inverse, cette pression est supposée entrainer un impact majeur sur les peuplements de poissons et macro-crustacés, si bien que l'accessibilité des zones en amont est très souvent pénalisée par la présence d'obstacles.

Aussi, pour expliquer ces différences, il est à noter que seules les masses d'eau DCE ont été sélectionnées pour les analyses menées par l'INRA, alors que le présent projet comporte un linéaire de référence potentielle réparti de façon équivalente sur des masses d'eau DCE et des bassins versants non DCE (respectivement 38.9 et 38.4 km de cours d'eau). Enfin, cette liste de stations de référence de l'INRA est à moduler, car au terme de l'exercice « d'évaluation du caractère de référence des sites de référence sélection », quatre sites ont été écartés du jeu de stations de référence initialement proposé, à savoir les sites sur les rivières Majimbini (REF01), Banano (REF06), Poroani (REF10) et Longoni (REF18). Ces sites ont été déclassés principalement suite à l'identification d'atteintes aux niveaux de l'occupation des sols à plusieurs échelles.

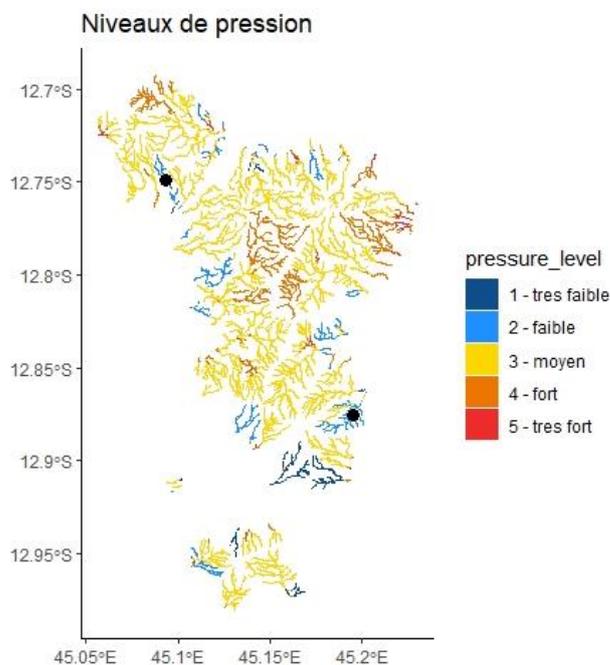


Figure 27 : Positions géographiques des deux stations de référence « Diatomées » situées sur des tronçons présentant des niveaux « très faible » ou « faible » au regard de l'élément de qualité « poissons et macro-crustacés ».

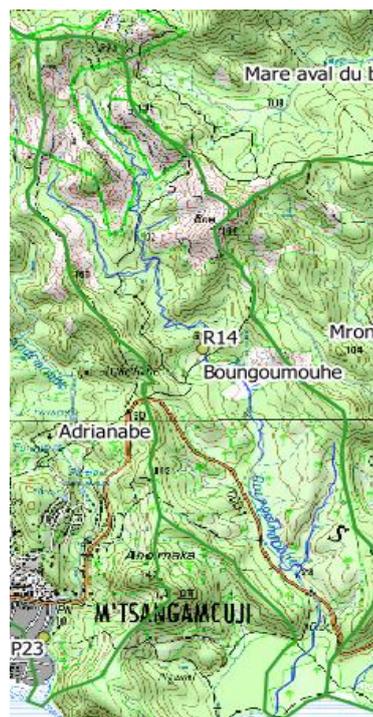
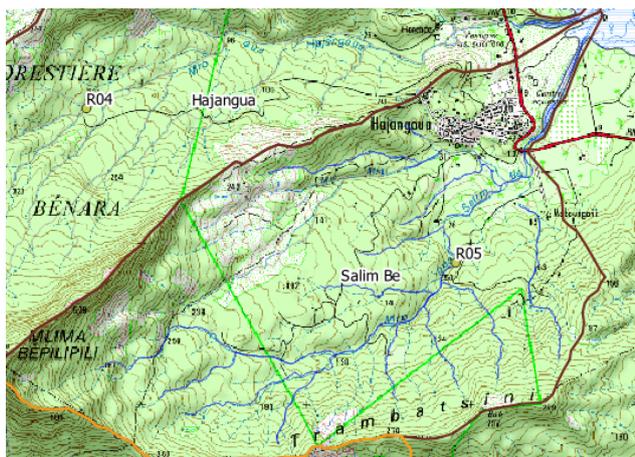


Figure 28 : Sites de référence "Diatomées" situées sur des tronçons de référence potentielle de REZORD MAY. En haut : site « R05 » situé sur la Salim Bé, à droite site « R14 » situé sur la Boungoumouhé

5.6.2 Niveau de pression en fonction des stations RCS « Poissons et macro-crustacés »

Un total de 20 stations (OCEA & BRGM, 2018) est suivi dans le cadre du réseau de surveillance pour les poissons et macro-crustacés sur le réseau hydrographique de Mayotte (Erreur ! Source du renvoi introuvable.9).

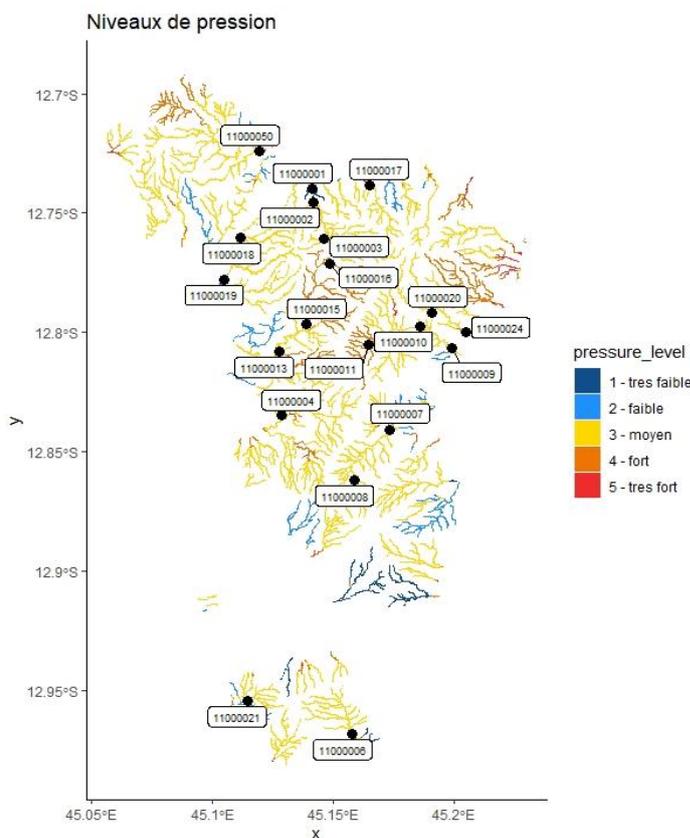


Figure 29 : Positions géographiques des stations « Poissons et macro-crustacés » suivi dans le cadre du réseau de surveillance RCS de Mayotte.

Dans l'ensemble, le niveau global de pression associé aux stations est moyen (14 stations), mais quatre stations sont situées sur des tronçons fortement perturbés (niveau 4 – fort) **et seulement une sur un secteur de référence potentielle (niveau 2 – faible)**, la Chirini (FRMR12- Figure 30) au Nord-Ouest. Néanmoins, 5 stations sont situées à une distance inférieure à 250 mètres d'un tronçon de référence potentielle : deux stations sur la Bouyouni (FRMR03), une station sur la rivière Djalimou (FRMR26), Dapani (FRMR25) au Sud, Dembéni à l'Est (FRMR21).



Figure 30: Station RCS "Chirini aval" située sur un tronçon de référence potentielle de la masse d'eau FRMR12

A titre informatif, les peuplements de poissons et macro-crustacés sur ces stations présentaient, en 2018, une qualité relative des peuplements variable (Tableau 17). Pour rappel, cette qualité est déterminée à partir de huit métriques relatives aux richesses et densités de peuplements de poissons et crustacés indigènes. **Il s'agit de notes qui permettent d'illustrer une évolution temporelle des peuplements, sans prendre en compte de notions de forces motrices, pressions ou impacts, elles ne peuvent donc être prises telles quelles pour refléter un état « absolu » des peuplements.** Ainsi en 2018, la station située sur la Chirini présentait des valeurs faibles de densités pour la seule espèce de poissons indigène, l'anguille marbrée, lui conférant une note « faible ».

Parmi ces stations, seule celle située sur la Bouyouni intermédiaire (code SANDRE 11000002) présente une faible dégradation.

Tableau 17: Stations RCS situées sur ou à proximité des sites de références potentielles. En gras, la station de la Chirini aval, seule stations RCS située sur un site de référence potentiel

Nom ME/BV		RCS Poissons- macro-crustacés	
Code ME/BV	ME/BV	Station RCS (Code SANDRE)	Qualité relative
FRMR12	CHIRINI	11000019	Faible
		11000001	Moyenne
FRMR03	BOUYOUNI	11000002	Forte
		11000021	Moyenne
FRMR26	DJALIMOU		
FRMR21	DEMBENI	11000007	Moyenne

5.6.3 Comparaison avec les propositions de ZNIEFF aquatiques « poissons et crustacés » d'eau douce

Une liste de ZNIEFF aquatiques a été proposée en 2016 (OCEA & Hydrô Réunion, 2016) à partir de l'étude des poissons et crustacés des cours d'eau de Mayotte. Cette étude a été menée sur un nombre total de 77 stations étudiées dans le cadre de plusieurs travaux (OCEA & ETHYC'O, 2014 et autres études ponctuelles), et a permis d'établir une liste de stations présentant des effectifs d'espèces déterminantes, c'est-à-dire indicatrices de secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. Ainsi, 15 ZNIEFF aquatiques « poissons et crustacés » d'eau douce avaient été proposées.

La mise en relation des zones identifiées comme potentiellement de référence avec les secteurs ZNIEFF donne une bonne concordance, puisque parmi les 15 ZNIEFF « poissons et crustacés », neuf sont identifiées comme soumises à un faible niveau de

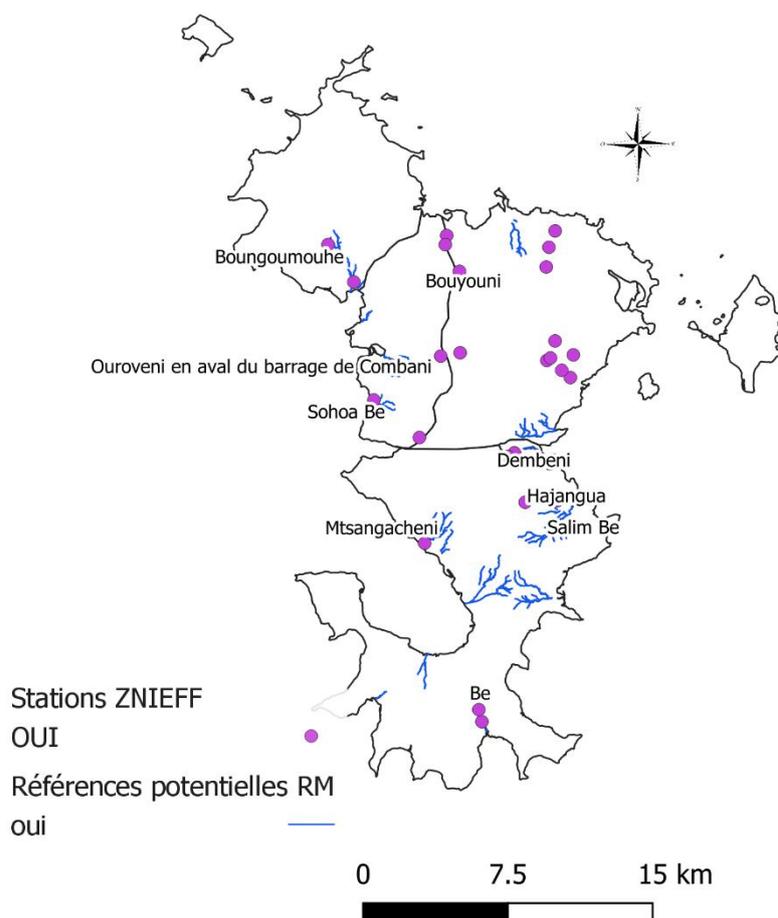


Figure 31: Représentation cartographique des stations ayant permis la proposition de ZNIEFF potentielles (Points roses- OCEA & Hydrô Réunion, 2016) superposées aux zones de références potentielles déterminées dans REZORD MAY (RM-linéaires en bleu)

pression, comme indiqué sur la carte suivante :

Les six autres bassins versants identifiés comme potentielles ZNIEFF ont été écartés des références potentielles de REZORD MAY en raison de niveaux de pressions trop élevés au regard de la continuité écologique et de l'occupation du sol.

5.7 Evaluation du caractère de référence des sites identifiés

Les tronçons identifiés avec des niveaux de pressions « faibles et « très faibles » ont enfin été soumis à l'évaluation des critères de « référence des sites de référence sélection » conformément aux analyses menées par l'INRA (Anso et al., 2013). Cette évaluation repose sur certains critères d'appréciation renseignés à différentes échelles (bassin versant, tronçon, station). Ils concernent ainsi l'occupation des sols, les régimes hydrologique et sédimentaire, les pollutions toxiques urbaines et domestiques, les modifications morphologiques, ou encore la ripisylve. Au terme de cette évaluation, les sites sont catégorisés comme suit: 1) soit « **déclassés** » s'ils présentent des niveaux d'atteintes élevés, 2) soit classés « **à confirmer** » s'ils présentent a priori des conditions de référence, mais avec quelques éléments douteux (c.-à-d. avec des atteintes moyennes), ou 3) considérés comme des « **références confirmées** » si aucun doute ne subsiste sur la qualité des sites identifiés en tant que référence.

Pour ce faire, les données collectées lors des missions de prospection de 2019 dans le cadre du présent projet ont été compilées. Seuls les critères relatifs aux échelles « Tronçon » et « Station » ont été appliqués, le filtre relatif au bassin versant ayant déjà été considéré intrinsèquement lors des analyses antérieures (Voir dans le fichier Excel « OCEA-MNHN_REZORDMAY_Mission_2019 » le détail des analyses et résultats).

- **Les tronçons de « références confirmées » concernent un linéaire de près de 14 km répartis sur quatre bassins versants**, un de type « Nord-Ouest inférieur », deux de type « Sud inférieur », et un de type « Sud supérieur » (Tableau 17). On notera que seul la rivière Dagoni est une masse d'eau suivie dans le cadre de la DCE.

L'ensemble de ces tronçons présentaient lors des missions de terrain menées en 2019 des discontinuités hydrauliques, soit sur certaines portions (déconnection au niveau de l'embouchure, alternance vasques/assecs), soit sur l'intégralité de leur linéaire. **Il sera alors plus juste de parler ici de références de cours d'eau intermittents.**

A noter qu'il n'existe pas de stations de suivis RCS poissons- macro-crustacés pour ces bassins versants.

Tableau 18: Tronçons de références confirmées identifiés. La colonne « physico-chimie » indique à quelle gamme les valeurs d'oxygène (en %) mesurées lors de la mission de 2019 correspondent, selon le type de station étudié par l'INRA (POL/RCS/REF)

Type	Nom ME/BV		Linéaire REF potentiel (m)	Continuité hydraulique connue	Physico-chimie (Mission 2019)
	Code ME/BV	ME/BV			
Nord-ouest_inferieur	XXXX40	SANS NOM PROCHE ZI LONGONI	1077,2	Assecs fréquents	-
Sud_inferieur	XXXX32	MRONI BE KAFENI	4427,0		-
	XXXX33	MTSANGACHEHI	863,5		REF
Sud_superieur	FRMR24	DAGONI	7591,5		REF

Les seules stations pour lesquelles des mesures physico-chimiques sont disponibles affichent des valeurs de concentration en Oxygène correspondant aux stations de type « REF » d'après l'analyse de l'INRA (Bouchez et al., 2016). Aucune donnée du RCS n'est disponible pour ces sites pour la physico-chimie.

- **Les tronçons de référence « à confirmer » concernent un linéaire de près de 10 km répartis sur quatre bassins versants**, un de type « Est », deux de type « Nord-Ouest inférieur » et « Ouest supérieur » (la Boungoumouhé présentant des tronçons répondant à ces deux types), et un de type « Sud inférieur (Tableau 19). Deux bassins versants présentaient un écoulement pérenne lors des prospections d'étiage en 2019 : l'Ironi Bé (XXXX30) et la Djalimou (FRMR26). On notera que seule la rivière Ironi Bé est un bassin versant non suivi dans le cadre de la DCE.

Il n'existe qu'une seule station de suivis RCS poissons- macro-crustacés sur ces bassins versants, située sur la Djalimou (code SANDRE 11000021). Sur cette station, la qualité relative des peuplements était qualifiée de « Moyenne » en 2018, témoignant d'une potentielle dégradation des peuplements.

Tableau 19 : Tronçons de références à confirmer identifiés. La colonne « physico-chimie » indique à quelle gamme les valeurs d'oxygène (en %) mesurées lors de la mission de 2019 correspondent, selon le type de station étudié par l'INRA (POL/RCS/REF) et indique lorsqu'il a été calculé le niveau de pression (cf paragraphe 7.4.3) sur des points de mesures les plus proches des zones identifiées

Type	Nom ME/BV		Linéaire REF potentiel (m)	Continuité hydraulique connue	Physico-chimie (Mission 2019/Niveau pression)
	Code ME/BV	ME/BV			
Est_inferieur	XXXX30	IRONI BE	2591,0	Continuité	REF/NA
Nord-ouest_inferieur	FRMR09	BOUNGOUMOUHE	1265,9	Assecs fréquents	POL/NA
	FRMR10	MRONI BEJA	546,2		POL/NA
Nord-ouest_superieur	FRMR09	BOUNGOUMOUHE	5129,6		REF/Moyen
Sud_inferieur	FRMR26	DJALIMOU	725,6	Continuité	REF/Elevé

Les stations pour lesquelles des mesures physico-chimiques sont disponibles affichent des gammes de valeurs variables, allant de conditions de sites pollués (Boungoulouhé aval et Mroni Béja aval) à des conditions de référence (Ironi Bé), en passant par des conditions intermédiaires avec des valeurs mesurées en Oxygène correspondant à des conditions de référence, mais des niveaux de pressions moyen à élevés.

Les tronçons n'ayant pas fait l'objet de prospections lors des missions de 2019, dénommés « références inconnues » concernent près de 50 km, répartis sur 6 masses d'eau DCE et 7 bassins versants, appartenant aux six types de cours d'eau identifiés (Tableau 20).

Huit bassins versants présentent un écoulement pérenne, principalement des masses d'eau DCE, et la Mro Oua Ironi Bé (XXXX30), deux bassins versants présentent des zones fréquentes d'assec (XXXX32 et XXXX40), les autres bassins versants ne bénéficient pas encore à l'heure actuelle d'un état des connaissances assez avancé pour qualifier leur régime hydrologique.

Il n'existe que cinq stations de suivis RCS poissons- macro-crustacés sur ces bassins versants, pour lesquelles la qualité relative des peuplements était qualifiée de « Faible » à « Moyenne » en 2018, témoignant d'une dégradation potentielle des peuplements.

Les stations pour lesquelles des mesures physico-chimiques sont disponibles affichent des gammes de valeurs variables, allant de conditions dégradées (Dembéni, Salim Bé inférieur) à des conditions de référence (Mro Oua Ironi Bé, Bouyouni, Tsangachéhi).

Tableau 20 : Tronçons de références inconnus identifiés. La colonne « physico-chimie » indique à quelle gamme les valeurs d'oxygène (en %) mesurées lors de la mission de 2019 correspondent, selon le type de station étudié par l'INRA (POL/RCS/REF) et indique lorsqu'il a été calculé le niveau de pression (cf paragraphe 7.4.3) sur des points de mesures les plus proches des zones identifiées

Type	Nom ME/BV		Linéaire REF potentiel (m)	Continuité hydraulique connue	Physico-chimie (Mission 2019/Niveau pression)	RCS Poissons-macro-crustacés	
	Code ME/BV	ME/BV				Station la plus proche (Code SANDRE)	Qualité relative
Est_inferieur	FRMR21	DEMBENI	771,8	Continuité	(NA/Elevé)	11000007	Moyenne
	FRMR23	SALIM BE	2356,1	Continuité	(NA/ Elevé)	-	-
Est_superieur	FRMR23	SALIM BE	11814,3	Continuité	-	-	-
	XXXX30	MRO OUA IRONI BE	5338,2	Continuité	(REF/NA)	-	-
Nord-ouest_inferieur	FRMR03	BOUYOUNI	590,9	Continuité	(NA/Faible)	11000001	Moyenne
	FRMR12	CHIRINI	1295,9	Continuité	-	11000019	Faible
	FRMR15	OUROVENI AVAL	3201,0	Continuité	-	11000013	Faible
	XXXX35	SOHOA BE	875,1	-	-	-	-
Nord-ouest_superieur	FRMR15	OUROVENI AVAL	1139,3	Continuité	-	11000013	Faible
	XXXX35	SOHOA BE	1933,5	-	-	-	-
	XXXX40	SANS NOM PROCHE ZI LONGONI	3415,0	Assecs fréquents	-	-	-
Sud_inferieur	XXXX45	MRO OUA KARONI	681,6	-	-	-	-
	XXXX50	MRO OUA MAKOULA	409,6	-	-	-	-
Sud superieur	XXXX32	MRONI BE KAFENI	6409,6	Assecs fréquents	-	-	-
	XXXX33	TSANGACHE HI	6478,9	Assecs temporaires	(REF/NA)	-	-
	XXXX45	MRO OUA	2159,4	-	-	-	-

		KARONI					
	XXXX50	MRO OUA MAKOULA	1757,4	-	-	-	-

L'appartenance de ces sites à un réseau de référence nécessitera dans un premier temps une investigation plus complète des pressions physico-chimiques ainsi que l'étude des communautés de poissons et crustacés dans un second temps.

- **Enfin, trois masses d'eau ont été déclassées**, Hajangua (FRMR22) de type « Est inférieur », Dagoni (FRMR24) et Bé (FRMR25), toutes trois de type « Sud inférieur ». Leur déclasserement est principalement dû à des perturbations d'ordre physico-chimiques (observations de signes d'eutrophisation, rejets polluants), des aménagements lourds sur leurs cours, et une occupation des sols anthropisée à plusieurs échelles.

6 Conclusions et perspectives

Les différentes catégories de stations identifiées précédemment permettent de proposer des secteurs pouvant contenir des stations de référence (Tableau 21). Cette classification intègre le fonctionnement hydrologique connu des cours d'eau (intermittent ou pérenne) ainsi que la typologie géographique et altitudinale (sous-type). Tous les sous-types sont ainsi représentés. Les portions de cours d'eau pérennes de référence connue concernent quatre secteurs, répartis sur deux masses d'eau DCE et un bassin versant non DCE, correspondants aux sous-types « Nord-Ouest inférieur », « Sud inférieur », « Est inférieur » et « Est supérieur ».

Tableau 21 – Synthèse des linéaires de cours d'eau pouvant contenir des stations de référence pour les peuplements de poissons et de macrocrustacés indigènes de Mayotte

Type	Sous-Type	Nom ME/BV		Linéaire REF potentiel (m)
		Code ME/BV	ME/BV	
INTER-MITTENT	Nord-ouest inférieur	XXXX40	Sans nom proche ZI Longoni	1077,2
	Nord-ouest supérieur	FRMR09	Boungoumouhé	5129,6
	Sud inférieur	XXXX32	Mroni Bé Kaféni	4427
		XXXX33	Mtsangachéhi	863,5
	Sud supérieur	FRMR24	Dagoni	7591,5
		XXXX33	Mtsangachéhi	6478,9
PERENNE	Nord-ouest inférieur	FRMR03	Bouyouni	590,9
	Sud inférieur	FRMR26	Djalimou	725,6
	Est inférieur	XXXX30	Ironi Bé	2591
	Est supérieur	XXXX30	Ironi Bé	5338,2

Ce projet s'inscrit comme la première phase du développement d'un indicateur poissons-macro-crustacés des cours d'eau de Mayotte. Les données obtenues permettront à court terme de répondre à l'objectif de proposition d'un jeu de stations présentant un gradient de pressions important, qui pourra être mis en relation avec des données de peuplements.

Les données obtenues ont permis dans un premier temps d'identifier des tronçons de référence par type de cours d'eau. L'analyse devra être poursuivie afin de confronter les données de pressions aux peuplements de poissons et de crustacés, afin de fournir des éléments permettant la modélisation des conditions de référence. Les analyses et résultats obtenus pourront, dans un second temps, être utilisés pour évaluer les niveaux de pressions sur les tronçons afin de mettre au point un outil de bio-indication adapté à Mayotte et compatible avec les exigences de la DCE.

La détermination finale des sites de référence et de l'évolution du réseau RCS nécessitera un arbitrage des acteurs locaux.

Les données brutes collectées vont également alimenter les banques de données nationales en lien avec la problématique de la continuité écologique et de l'hydromorphologie (ROE, Carhyce). Enfin, elles ont permis de consolider la qualification de l'état des masses d'eau dans le cadre de l'état des lieux DCE en cours de finalisation et, à terme, elles constituent des éléments utiles à la gestion des cours d'eau.

7 Références citées

- Anso, S., Bouchez, A., & Rimet, F. (2013). *Développement de bioindicateurs diatomées et invertébrés benthiques adaptés aux cours d'eau de Mayotte - Phase 1- Rapport d'étape.*
- ANTEA (2003). *Etude du bassin versant du Mro Oua Bouyouni. Rapport pour la DAF de Mayotte.*
- ARTELIA. (2014). *Evaluation Environnementale du Projet de Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) de Mayotte. Période 2016-2021.*
- ASCONIT (2009). *Définition de débits de référence "biologiques" (DMB) pour les rivières de Mayotte : application de la méthode des microhabitats.*
- ASCONIT (2014). *Développement méthodologique et informatique du Référentiel Hydromorphologique UltraMarin applicables dans les DOMs.*
- Asconit & Arvam (2004). *Usage des lessives à Mayotte et pollutions en rivière et au lagon. DAF Mayotte.*
- ASCONIT & BRGM. (2012). *Cours d'eau de Mayotte Suivi du réseau de contrôle et de surveillance de l'état biologique des masses d'eau superficielles continentales de MAYOTTE Campagne 2011 Volet Diatomées Rapport Final.*
- ASCONIT & SOGREAH (2008). *Définition de débits de référence pour les rivières de Mayotte. Etude des QMNA5 (étiages).*
- Baudoin, J., & Kreutzenberger, K. (2015). *CARHYCE : CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau. Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur des cours d'eau prospec-tables à pied. Version 3.0.*
- Benard, B., & Parizot, M. (2016). *Suivi des réseaux de contrôle de surveillance des masses d'eau souterraine et cours d'eau de Mayotte - Année 2015. Rapport final. BRGM/RP-65502-FR, 77p., 4fig., 22 tab., 4 ann.*
- Bouchez, A., RIMET, F., Montuelle, B., Tapolczai, K., Vasselon, V., Franc, A., ... Salin, F. (2015). *Développement d'outils de benthiques » pour les eaux de surface continentales de Mayotte - Rapport d'étape 2014.*

- Bouchez, A., RIMET, F., Montuelle, B., Tapolczai, K., Vasselon, V., Franc, A., ... Salin, F. (2016). *Développement d'outils de invertébrés benthiques » pour les eaux de surface continentales de Mayotte - Rapport d'étape 2015.*
- BRGM & AFB (2018). *Suivi des réseaux de contrôle de surveillance de l'état qualitatif des masses d'eau souterraine et cours d'eau de Mayotte. Année 2017.*
- BRGM & DEAL 976. (2014). *Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) de Mayotte.*
- Burgun, V., Chanseau, M., Kreutzenberger, K., Marty, V., Pénil, C., Tual, M., & Voegtli, B. (2015). *ICE Informations sur la continuité écologique Protocole de terrain pour l'acquisition des données.*
- CD 976, Conseil, A., Consult', O., OI, E.-M., SEPIA, & Marc, P. (2018). *SCHEMA D'ENTRETIEN ET DE RESTAURATION DES RIVIERES DE MAYOTTE (SERRM)- PERIODE 2018-2022 (Vol. 1).*
- Chery, L. (BRGM), & Barbier, J. (BRGM). (2000). *Le phosphore dans les eaux souterraines en France. Etat des connaissances. Année 1. (Vol. 2000).*
- Coulomb, R. (BRGM) & ONEMA. (2014). *Suivi des réseaux de contrôle de surveillance des masses d'eau continentales de Mayotte.*
- DAF de Mayotte. (2007). *Guide d'aménagements des berges (cours d'eau et ravines) et des talus.*
- DAF de Mayotte & ANTEA. (73AD). *Etude des rivières de Mayotte. Campagne 2002. Phase 2 - Aménagements. 2003.*
- DAF de Mayotte & ANTEA. (2003). *Etude des rivières de Mayotte. Campagne 2002. Phase 1 - Etat des lieux.*
- DAFF (2010). *Mise en oeuvre de la réglementation de la pêche en eau douce applicable aux pêcheurs avec engins et filets sur chaque rivière du département (de La Réunion).*
- ECOMED, & OCEA. (2016). *Schéma Régional de Cohérence Ecologique. Tome 1 : les composantes de la trame verte et bleue. Rapport pour la Collectivité Départementale et la DEAL de Mayotte.*
- Gassiole, G. (MicPhyc). (2017). *Suivi des réseaux de contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau de surface de l'île de Mayotte Volet Diatomées 2017.*
- GTs DCE La Réunion et Mayotte "Physico-Chimie et Phytoplancton." (2019). *Fascicule technique pour la mise en œuvre des suivis "Paramètres Physico-Chimiques & Phytoplancton" des réseaux de contrôle de surveillance DCE dans l'océan Indien. R.RBE/DOI/2019-003.*
- IFREMER. (2017). *Fiche paramètre- Paramètre hydrologique/Oxygène dissous.*
- JAOUEN T (BRGM) (2012). *Suivi du réseau de contrôle de surveillance DCE de la qualité des eaux souterraines, de surface et côtières de Mayotte.*
- Katell, P., Abirached, M., & Janik Michon. (2010). *Glossaire EauFrance. Extrait de la base.*
- Kreutzenberger, K., Sagnes, P., Valade, P., & Voegtli, B. (2019). *Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons et les macro-crustacés dans les départements insulaires ultramarins.*
- Lagarde, R. (2018). *Phénologies, mécanismes et perturbations anthropiques des dynamiques de migration dulçaquicoles des espèces amphidromes : cas des Sicydiinae de La Réunion.*

Thèse pour l'obtention du titre de Docteur en biologie des populations. Université de La Réunion, Ecole doctorale Sciences, Technologies et Santé.

Léonard, A., Augu, H., Zégel, P., & Kreutzenberger, K. (2014). Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (ROE) Descriptif du contenu de la version simplifiée. Version 6.0.

Ministère de la Transition écologique et Solidaire. (2018). Guide pour la demande de prestation d'échantillonnage et d'analyse physicochimique dans le cadre de la surveillance DCE.

MIQUEL, M. G., & Technologiques, au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et. (2003). Qualité de l'eau et assainissement en France.

Nathalie MARY (ETHYCO). (2012). Réseau de contrôle de surveillance des cours d'eau de Mayotte Suivi 2011 Volet Macroinvertébrés benthiques.

Nathalie MARY (ETHYCO) & BRGM. (2018). Réseau de contrôle de surveillance (RCS) des cours d'eau de Mayotte Suivi 2017.

OCEA BRGM. (2017). Rapport de terrain Macrofaune benthique dans les cours d'eau de Mayotte Suivi du RCS à l'étiage 2017, 11000050.

OCEA, & BRGM. (2018). Suivi des réseaux de contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau de surface de l'île de Mayotte - Volet Poissons et macro-crustacés. Programme de l'année 2018.

OCEA. (2014). Suivi des réseaux de contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau de surface de l'île de Mayotte - Volet Poissons et macro-crustacés . Programme de l'année 2014. Rapport de synthèse pour le compte du BRGM-Mayotte.

OCEA, BRGM, & ONEMA. (2015). Suivi des réseaux de contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau de surface de l'île de Mayotte - Volet Poissons et macro-crustacés. Programme de l'année 2015. Rapport de synthèse.

OCEA, & ETHYCO. (2014). ZNIEFF aquatiques à Mayotte : proposition de listes d'espèces déterminantes de poissons et d'invertébrés et premier découpage de périmètres. Données mobilisables dans le cadre du Système d'Information Nature et Paysage Phase 1 - Bilan des données d'inv.

OCEA, HYDRETTUDES, ECOGEA, & Hydrô Réunion. (2017a). Réalisation d'un guide relatif à la continuité écologique à Mayotte – Aide à l'élaboration d'un dossier loi sur l'eau. La Réunion, France.

OCEA, HYDRETTUDES, ECOGEA, & Hydrô Réunion. (2017b). Réalisation d'un guide relatif à la continuité écologique en aide à l'élaboration d'un dossier loi sur l'eau. Phase 1 : Introduction et diagnostic de la continuité écologique à l'échelle de Mayotte. Guide publié par la DEAL de Mayotte.

OCEA, HYDRETTUDES, ECOGEA, & Hydrô Réunion. (2018). Réalisation d'un guide relatif à la continuité écologique en aide à l'élaboration d'un dossier loi sur l'eau. Phase 2 : Contenu des dossiers d'autorisation environnementale. Guide publié par la DEAL de Mayotte.

OCEA, & Hydrô Réunion. (2016). Inventaires complémentaires ichtyologiques et crucilologiques en eau douce dans le cadre des inventaires ZNIEFF de Mayotte. Rapport pour le compte de la DEAL 976.

OIEAU-RéFEA. (n.d.). *Analyse Physico-Chimique*.

PARETO, A. (2013). *Evaluation de l'état et du Risque de Non Attente des Objectifs Environnementaux (RNAOE) à l'horizon 2021 pour les masses d'eau du bassin de Mayotte au titre de la Directive Cadre sur l'Eau, rapport final*.

Richarson, M., Valade, P., Grondin, H., Mary, N., Peres, F., Gassiole, G., & Bosc, P. (2010). *Etude de définition des réseaux de surveillance de la qualité écologique des masses d'eau de Mayotte. Volet Eaux de Surface, poissons et macrocrustacés, macrofaune benthique, diatomées. Rapport ARDA pour le BRGM et l'ONEMA*.

SIEE, & ESPACES. (2005). *Etude d'incidence des captages en rivière à Mayotte. Rapport pour la DAF de Mayotte*.

STUCKY. (2004). *Etude des bassins versants des rivières Coconi et Kwalé et d'un programme d'amélioration des connaissances hydrologiques. Rapport d'étude de phase 1 - Bassin versant de la Coconi. Rapport pour la DAF de Mayotte*.

TAMISIER Vincent (CNRS-LGP), S. R. (CNRS-LGP), LADYSS), LGP), F. G. (Université P. 1 P.-S. -, GEF), N. T. (CNAM-E. - L., & - C. B. (Université P. 7 D. D. L. (2017). *Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau français d'outremer (Carhyce)*.

Valade, P., Mary, N., Abdou, A., & Keith, P. (2007). *Inventaire des espèces de poissons et d'invertébrés des eaux douces de Mayotte, Rapport final ARDA, MNHN, DAF Mayotte,*.

UICN France. (2016). *Profil d'écosystème océan indien - Mayotte. Réalisé dans le cadre de l'initiative BEST III financée par l'Union Européenne. <http://ec.europa.eu/best>*

8 Annexes

Annexe 1 : Fiche terrain déployée dans le cadre de la mission 2019 de REZORD MAY sur les tronçons potentiels de référence

PROJET REZORD MAY			
		FICHE EVALUATION DES PRESSIONS DE TRONCONS ELLIGIBLES A DES CONDITIONS DE REFERENCE (1/2). D'après Chandesris, 2013 et Annexe 10 Circulaire du 29/01/2013)	
Date :		Opérateurs:	
Masse d'eau :		Code Masse d'eau :	
Heure début :		Heure fin :	
Contexte général:		Nb troncons:	
Embouchure (connectée/déconnectée):			
Tronçon:		Point GPS aval:	
X aval :		Y aval :	
Hydrologie:		Pluviosité:	
		Ensoleillement:	
Rejets polluants		Physico-chimie (embouchure)	
Rejets toxiques		Heures mesures :	Oxygène (%):
Pollution		Température (°C)	Oxygène (mg/L):
Eutrophisation		Ph	Conductivité (µs/cm):
Modification du régime hydrologique		Occupation du fond de vallée	
Aucune modification	des	Couverture dominante	
Eclusées		Forêt naturelle	
Débit réservé		Culture intensive	
Prélèvements		Largeur du corridor végétal	
Ralentissement écoulements		Si oui, corridor rivulaire	
Modifications "lourdes"		Sédimentation, colmatage	
Travaux "légers"			
Cumul d'aménagements		Contexte général tronçon:	

Végétation Ripisylve				
Types végétation				Epaisseur Ripisylve
Rive Droite				Droite
Rive Gauche				Gauche
Recouvrement ripisylve				
Rive Droite			Rive Gauche	
Végétation aquatique			Périphyton	
Faune observée:				
Faciès dominant			Faciès secondaire	
Substrat dominant			Substrat secondaire	
Larg. mouillées(m):				
Largeur mouillé moyenne (m) :				
Profondeurs (cm):				
Profondeur moyenne(cm)				
Vitesses (m/s)				
Vitesse moyenne (m/s)				
Hydromorphologie				
Section du tronçon			Conditions de la section	
Morphologie de la rivière:			Erosion	
Impacts anthropiques				
Détritus			Lavandières	Excréments zébus
Prélèvements d'eau				Ref ROE:
Photos (N°/heure):				
Commentaires :				

Annexe 2 : Fiche terrain déployée dans le cadre de la mission 2019 de REZORD MAY sur les obstacles à la continuité

OBSTACLE A L'ECOULEMENT		Version de travail OCEA
Fiche N°1 : Référence ROE		
D'après les méthodologies ROE (Leonard et al., 2014) et ICE (Burgun et al., 2015)		
Organisme :		Observateurs :
Identification et implantation de l'ouvrage		
Nom de l'ouvrage* :		Identifiant ROE (à compléter après validation) :
Nom du cours d'eau à l'aval de l'obstacle :		
Coordonnées GPS de l'ouvrage* : X : Y : Alt (m) :		
Etat ROE		
Etat* : <input type="checkbox"/> En projet <input type="checkbox"/> En construction <input type="checkbox"/> Existant <input type="checkbox"/> Détruit partiellement <input type="checkbox"/> Détruit entièrement		
Typologie ROE		
Typologie* :		
ELEMENTS FIXES		LISTE DES ELEMENTS MOBILES
<input type="checkbox"/> Barrage :	<input type="checkbox"/> Obstacle induit par un pont :	<input type="checkbox"/> Dignes :
Type :	Type :
<input type="checkbox"/> Seuil en rivière :	<input type="checkbox"/> Grille de pisciculture	<input type="checkbox"/> Epis en rivière
Type :
Hauteur de chute à l'étiage		
Mesurée (m) : OU Evaluée à :		
Usages ROE		
<input type="checkbox"/> Inconnu	<input type="checkbox"/> Activité aquacole	<input type="checkbox"/> Stabilisation du profil en long du lit, lutte contre l'érosion
<input type="checkbox"/> Alimentation en eau potable	<input type="checkbox"/> Pisciculture	<input type="checkbox"/> Suivis technique et scientifique (débit, température)
<input type="checkbox"/> Industrie	<input type="checkbox"/> Pêche professionnelle	<input type="checkbox"/> Aucun
<input type="checkbox"/> Extraction granulats	<input type="checkbox"/> Transports et soutien de navigation	<input type="checkbox"/> Obsolète
<input type="checkbox"/> Agriculture (irrigation, abreuvement)	<input type="checkbox"/> Sécurité des biens et des personnes	<input type="checkbox"/> Autre usage, précisez :
<input type="checkbox"/> Loisirs	<input type="checkbox"/> Défense contre les crues	
<input type="checkbox"/> Baignade	<input type="checkbox"/> Soutien d'étiage	
<input type="checkbox"/> Energie et hydroélectricité	<input type="checkbox"/> Stockage de l'eau pour l'incendie	
Données relatives à l'ouvrage		
Cote NGF du seuil (si existante, en m) :		
Schéma en vue aérienne		
Identification des catégories d'espèces cibles		
<input type="checkbox"/> G1 Sans adaptation particulière <input type="checkbox"/> G2 Poissons sauteurs <input type="checkbox"/> G3 Anguillidae <input type="checkbox"/> G4 Gobiidae à ventouse fonctionnelle <input type="checkbox"/> G5 Crustacés		
Commentaires :		
Gestion sédimentaire		
Présence d'un système de dégrèvement : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Commentaire :		
→ Si oui, Gestion régulière du système : <input type="checkbox"/> Connue <input type="checkbox"/> Inconnue <input type="checkbox"/> Pressentie		
Hydrologie		
Conditions hydrologiques : Module (m ³ /s) : Ouvrage soumis à marée : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
Renseignements complémentaires		
Conditions d'accès et éventuelles difficultés d'accès au site :		
Propriétaire de l'ouvrage (si connu) :		
<input type="checkbox"/> Particulier	Nom :	<input type="checkbox"/> Particulier
<input type="checkbox"/> Entreprise	Adresse :	<input type="checkbox"/> Entreprise
<input type="checkbox"/> Association	Code postal :	<input type="checkbox"/> Association
<input type="checkbox"/> Collectivité	Commune :	<input type="checkbox"/> Collectivité
<input type="checkbox"/> Etat – EP	Tel :	<input type="checkbox"/> Etat – EP
<input type="checkbox"/> Autre :	<input type="checkbox"/> Autre
Pétitionnaire/gérant/exploitant (si connu) :		
<input type="checkbox"/> Particulier	Nom :	<input type="checkbox"/> Particulier
<input type="checkbox"/> Entreprise	Adresse :	<input type="checkbox"/> Entreprise
<input type="checkbox"/> Association	Code postal :	<input type="checkbox"/> Association
<input type="checkbox"/> Collectivité	Commune :	<input type="checkbox"/> Collectivité
<input type="checkbox"/> Etat – EP	Tel :	<input type="checkbox"/> Etat – EP
<input type="checkbox"/> Autre :	<input type="checkbox"/> Autre

ASPECTS SEDIMENTAIRES ET HYDROMORPHOLOGIQUES

Comblement de la retenue : Presque vide En partie plein Plein
 Cote de crête la plus basse (m) (hors passe de dégrèvement) :
 Largeur plein bord du cours d'eau hors influence (m) :
Largeur mouillée du cours d'eau hors influence (m)* :

FRANCHISSEMENT PISCICOLE

Seuils en enrochements

Pente moy : Long (suivant l'ouvrage) (m) : Cote radier amont (m) : Cote radier aval (m) :

→ **Calcul de pente (%)** :

Tirant d'eau minimal dans la voie de passage potentielle* (m) : Profondeur utile de fosse aval (m) :

Présence de redans* : Oui Non si oui, sur redan :

Hauteur (m) (**a**₁) : Longueur (m) (**b**₁) : → **Calcul de c₁ (m)** :

Hauteur (m) (**a**₂) : Longueur (m) (**b**₂) : → **Calcul de c₂ (m)** :

Ouvrages de franchissement routiers ou ferroviaires

Groupe d'espèce	Rive droite -----> Rive gauche				
	Partie n°1	Partie n°2	Partie n°3	Partie n°4	Partie n°5
G1 Sans adaptation particulière					
G2 Poissons sauteurs					
G3 Anguillidae					
G4 Gobiidae à ventouse fonctionnelle					
G5 Crustacés					

Franchissabilité : 1 : franchissable, 0,66 : barrière partielle à faible impact, 0,33 : barrière partielle à fort impact, 0 : Barrière totale ou quasi-total.

Charge amont (m) : **Tirant d'eau minimal* (m)** :

Prés de chute aval* : Oui Non → Si oui, Cote niveau d'eau amont : Cote niveau d'eau aval : Charge (m) :

→ **Calcul chute aval (m)** : → **Définition type de jet** : Plongeant Surface Quasi-surface

Profondeur utile de fosse aval* (m) :

Présence de redans* : Oui Non si oui, sur redan :

Hauteur (m) (**a**₁) : Longueur (m) (**b**₁) : → **Calcul de c₁ (m)** :

Hauteur (m) (**a**₂) : Longueur (m) (**b**₂) : → **Calcul de c₂ (m)** :

Seuils verticaux, quasi verticaux (pente >150%) ou inclinés (pente ≤150%)

Dans le cas de profil non réalisable, relever ou estimer les paramètres ci-dessous :

Charge sur l'obstacle* (m) : **Tirant d'eau minimal sur la voie de passage* (m)** :

Profondeur utile de la fosse aval* (m) : **Redan le plus pénalisant*** : Hauteur (m) (**a**) : Longueur (m) (**b**) :

→ **Calcul de c (m)** :

En présence de chute aval : **Hauteur de chute aval* (m)** : **Tirant d'eau de chute aval*(m)** :

Voie de reptation, marche ou ventousage (si différente du profil de seuil)

Dans le cas de profil non réalisable, relever les paramètres ci-dessous :

Pente moyenne* (%) : & **Distance (suivant l'ouvrage) cumulée à parcourir* (m)** :

Pente la plus raide* (%) : & **Distance (suivant l'ouvrage) à franchir associée* (m)** :

PRISE D'EAU

Présence d'une prise d'eau : Oui Non

Description générale

Présence d'un seuil/barrage associé à la prise d'eau : Oui Non

Angle d'orientation γ (°) du seuil/barrage :

(par rapport à la rive droite, par orthophoto ou estimation)

Type de prise d'eau : Gravitaire Si gravitaire, prise d'eau par en dessous Oui Non
 Pompage

Restitution de la totalité du débit dans le cours d'eau : Oui Non Inconnu

Ouvrage avec dérivation : Oui Non → Si oui, **longueur du tronçon court-circuité (m)** :
débit réservé (m³/s) :

Présence d'un canal d'amenée : Oui Non Si oui, longueur (m) :

Présence d'un canal de fuite : Oui Non Si oui, longueur (m) :

Débit maximum prélevé ou dérivé (m³/s) :

Données à recueillir sur le système de protection de la prise d'eau

Existence d'un système de protection : Oui Non

Si oui, position en amont, en relation directe avec le cours d'eau

dans le canal d'amenée. Préciser la distance amont avec le cours d'eau (m) :

Si oui : type Grille → Entrefer (mm) : et Epaisseur des barreaux (mm) :

Tôle perforée → Diamètre ou largeur / hauteur des orifices (mm) :

Autre :

