



ETAT DES LIEUX 2019

DESCRIPTION ET ETAT DES EAUX DE TRANSITION



Crédit photo : Office de l'eau Réunion ©

Réalisé avec le soutien de l'AFB

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

TABLE DES MATIERES

TABLE DES TABLEAUX.....	4
TABLE DES FIGURES.....	6
Introduction.....	7
1 Description de l'Étang de Saint-Paul et de l'Étang du Gol	8
1.1 Saint-Paul :	8
1.1.1 Caractéristiques et fonctionnement hydrologique de l'Étang de Saint-Paul ..	8
1.1.2 Le suivi de l'Étang de Saint-Paul	10
1.1.3 Les suivis antérieurs de l'Étang de Saint-Paul	11
1.2 Le Gol :.....	12
1.2.1 Caractéristiques et fonctionnement hydrologique de l'Étang du Gol.....	12
1.2.2 Le suivi de l'Étang du Gol	14
1.2.3 Les suivis antérieurs de l'Étang du Gol	14
2 Évolution de l'état des masses d'eau, les progrès accomplis et l'effet de changement de thermomètre	16
3 Évaluation de l'état des eaux de transitions	17
3.1 Evaluation de l'état écologique des eaux de transitions	17
3.1.1 Etat biologique.....	17
3.1.1.1 État biologique de l'étang de Saint-Paul	17
3.1.1.2 État biologique de l'étang du Gol.....	18
3.1.2 Proposition d'évaluation de l'état physico-chimique des masses d'eau de transitions	19
3.1.2.1 État physico-chimique de l'étang de Saint-Paul et progrès accomplis ..	20
3.1.2.1.1 État physico-chimique et progrès accomplis sur des périodes de 3 années 20	
3.1.2.1.2 Progrès accomplis à partir des évaluations annuelles	20
3.1.2.2 État physico-chimique de l'étang de Saint-Paul selon la méthodologie préconisée pour les plans d'eau	20
3.1.2.2.1 Valeurs seuils pour l'évaluation de l'état	20
3.1.2.2.2 Évaluation de l'état	21
3.1.2.2.3 Progrès accomplis et effet thermomètre	21
3.1.2.3 État physico-chimique de l'étang du Gol et progrès accomplis.....	22
3.1.2.3.1 État physico-chimique et progrès accomplis sur des périodes de 3 années 22	
3.1.2.3.2 Progrès accomplis à partir des évaluations annuelles	23
3.1.2.4 État physico-chimique de l'étang du Gol selon la méthodologie préconisée pour les plans d'eau	23

3.1.2.4.1	Valeurs seuils pour l'évaluation de l'état 2019	23
3.1.2.4.2	Évaluation de l'état 2019	23
3.1.2.4.3	Progrès accomplis et effet de changement de thermomètre	24
3.1.3	Les polluants spécifiques de l'état écologique.....	25
3.1.3.1	Saint-Paul	26
3.1.3.1.1	Présence/absence des substances spécifiques dans l'étang de Saint-Paul telles que recommandées pour les eaux côtières de La Réunion	26
3.1.3.1.2	Evaluation de l'état des eaux de Saint-Paul selon les PSEE recommandés pour les eaux douces de surface	27
3.1.3.1.3	Progrès accomplis et effet de changement de thermomètre	28
3.1.3.2	Le Gol.....	29
3.1.3.2.1	Présence/absence des substances spécifiques recommandées dans l'étang du Gol, en se basant sur la liste établie pour les eaux côtières de La Réunion	29
3.1.3.2.2	Evaluation de l'état des eaux du Gol selon les PSEE recommandés pour les eaux douces de surface.....	29
3.1.3.2.3	Progrès accomplis et effet thermomètre	30
3.2	L'état hydromorphologique	31
3.2.1	Évaluation de l'état hydromorphologique de l'étang de Saint-Paul	31
3.2.2	Évaluation de l'état hydromorphologique de l'étang du Gol	32
3.3	Synthèse de l'état écologique 2019 et niveau de confiance	33
3.3.1	Règles d'agrégation entre paramètres et éléments de qualité de l'état écologique pour les eaux côtières	33
3.3.2	Règles d'attribution du niveau de confiance	35
3.3.3	Synthèse de l'état écologique	35
3.4	Evaluation de l'état chimique des eaux de transition de La Réunion	37
3.4.1	Les substances de l'état chimique	37
3.4.2	Évaluation de l'état chimique de l'étang de Saint-Paul.....	42
3.4.2.1	Progrès accomplis et effet de changement de thermomètre	43
3.4.2.1.1	Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021	43
3.4.2.1.2	Mesure de l'effet des changements de règles d'évaluation entre 2015 et 2019	43
3.4.3	Évaluation de l'état chimique de l'étang du Gol	43
3.4.3.1	Progrès accomplis et effet thermomètre	44
3.4.3.1.1	Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021	44
3.4.3.1.2	Mesure de l'effet des changements de règles d'évaluation entre 2015 et 2019	44
3.5	Synthèse de l'état chimique 2019 et niveau de confiance	45
4	Annexes	47

5 Bibliographie.....23

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Seuils de classes d'état cours d'eau applicables à La Réunion.	19
Tableau 2 : État physico-chimique de l'étang de Saint-Paul sur la base de périodes de trois ans évaluées à partir des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 1).....	20
Tableau 3 : Valeurs annuelles des paramètres généraux de l'étang de Saint-Paul évaluées à partir des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 1). ND : non déterminé	20
Tableau 4 : Valeurs seuils de l'étang de Saint-Paul calculées sur la profondeur moyenne de 2012 à 2017.....	21
Tableau 5 : État physico-chimique 2019 de l'étang de Saint-Paul selon le REEE 2019....	21
Tableau 6 : Valeurs seuils de l'étang de Saint-Paul calculées sur la profondeur moyenne de 2008 à 2013.....	21
Tableau 7 : Comparaison des états de l'étang de Saint-Paul sur la base du REEE 2015 pour les périodes de 2008 à 2013 et de 2012 à 2017	21
Tableau 8 : Comparaison de l'état 2019 de l'étang de Saint-Paul sur la base du REEE 2015 et du REEE 2019	22
Tableau 9 : État physico-chimique de l'étang du Gol sur la base de périodes de trois ans évaluées à partir des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 1).	22
Tableau 10 : Valeurs annuelles des paramètres généraux de l'étang du Gol évaluées à partir des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 1). ND : non déterminé.....	23
Tableau 11 : Valeurs seuils de l'étang du Gol calculées sur la profondeur moyenne de 2012 à 2017	23
Tableau 12 : État physico-chimique 2019 de l'étang du Gol selon le REEE 2019	24
Tableau 13 : Valeurs seuils de l'étang du Gol calculées sur la profondeur moyenne de 2009 à 2013	24
Tableau 14 : Comparaison des états de l'étang du Gol sur la base du REEE 2015 pour les périodes de 2008 à 2013 et de 2012 à 2017	24
Tableau 15 : Comparaison de l'état 2019 de l'étang du Gol sur la base du REEE 2015 et du REEE 2019	24
Tableau 16 : Liste des polluants spécifiques de l'état écologique dits « d'intérêt » pour les eaux côtières de La Réunion	26
Tableau 17 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE dans l'étang de Saint-Paul aux normes de qualités environnementales moyennes annuelles (NQE-MA) 2019	27
Tableau 18 : Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021 des PSEE à l'étang de Saint-Paul	28
Tableau 19 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE de Saint-Paul aux normes de qualité environnementale moyennes annuelles 2015	28
Tableau 20 : Quantification des polluants spécifiques de l'état écologique dits « d'intérêt » pour l'étang du Gol, en se basant sur la liste établie pour les eaux côtières de La Réunion. Lq = limite de quantification	29
Tableau 21 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE dans l'étang du Gol aux normes de qualités environnementales moyennes annuelles (NQE-MA) 2019	30
Tableau 22 : Bilan intermédiaire des PSEE à l'étang du Gol	30
Tableau 23 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE du Gol aux normes de qualités environnementales moyennes annuelles de 2015	31
Tableau 24 : Synthèse de l'état écologique 2019 des masses d'eau de transition et niveau de confiance	35

Tableau 25 : Liste des polluants et normes environnementales correspondantes. Les substances indiquées en gras sont les substances dangereuses prioritaires. MA : moyenne annuelle. CMA : concentration maximale admissible. SDP : substance dangereuse prioritaire. SO : sans objet. Unités : eau [$\mu\text{g}/\text{l}$]	37
Tableau 26 : Micropolluants organique (hors substances de l'état chimique) quantifiés sur la période 2015-2017 dans l'étang de Saint-Paul	42
Tableau 27 : Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021 de l'état chimique de l'étang de Saint-Paul	43
Tableau 28 : Micropolluants organique (hors substances de l'état chimique) quantifiés sur la période 2015-2017 dans l'étang du Gol. ND = non déterminé.....	43
Tableau 29 : Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021 de l'état chimique de l'étang du Gol.....	44
Tableau 30 : Méthode d'attribution du niveau de confiance de l'état chimique pour les eaux littorales (côtières et transition).....	45
Tableau 31 : synthèse de l'état chimique 2019 des masses d'eau de transition et niveau de confiance	45

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de l'Étang de Saint-Paul et des stations de suivi	8
Figure 2 : Graphique1 - variations de la conductivité et des hauteurs de l'Étang de Saint-Paul de 2015 à 2017	9
Figure 3 : Graphique 2 - Conductivité de l'Étang de Saint-Paul en fonction de la profondeur. Moyennes calculées à partir des données des profils de l'étang sur la période de 1997 à 2015.....	10
Figure 4 : Graphique 3 - Saturation en oxygène de l'Étang de Saint-Paul en fonction de la profondeur. Moyennes calculées à partir des données des profils de l'étang sur la période de 1997 à 2015.....	10
Figure 5 : Localisation de l'étang du Gol et des stations de suivi	12
Figure 6 : Graphique 4 - Variation de la conductivité et des hauteurs d'eau de l'Étang du Gol années 2015 à 2017.....	13
Figure 7 : Graphique 5 - Conductivité de l'Étang du Gol en fonction de la profondeur. Moyennes calculées à partir des données des profils de l'étang sur la période de 2004 à 2016.....	13
Figure 8 : Graphique 6 - Saturation en oxygène de l'Étang du Gol. Moyennes calculées à partir des données des profils de l'étang sur la période de 2004 à 2016.	14
Figure 9 : arbre d'évaluation de l'état écologique des eaux	34
Figure 10 : Principes généraux d'attribution d'un niveau de confiance à l'évaluation de l'état écologique des masses d'eaux littorales.....	35

Introduction

La directive cadre sur l'eau (DCE), vise l'évaluation de la qualité des eaux selon un état chimique et un état écologique. L'état écologique est fondé principalement sur la biologie du milieu et la physico-chimie la soutenant. Il traduit la qualité de la structure et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. L'état chimique est, quant à lui, évalué par rapport aux normes de qualité environnementale fixées par les directives européennes pour les substances prioritaires ayant un impact sur les écosystèmes et les usages de l'eau.

Au niveau du bassin réunionnais, trois étangs majeurs aux caractéristiques singulières sont identifiés. Il s'agit des étangs littoraux du Gol et de Saint-Paul et de l'étang de moyenne altitude du Grand-Étang. Le fonctionnement écologique et hydrologique des étangs côtiers se démarque du fonctionnement classique des masses d'eau de type « plan d'eau » telles que le Grand-Étang. En effet, les eaux des étangs côtiers de la Réunion témoignent d'une salinité élevée issue d'intrusions salines d'origine maritimes. Leurs faunes présentent également des particularités liées à leurs situations littorales. On y recense en effet bon nombre d'espèces amphihalines et régulièrement des carangues.

Selon l'article 2 de la DCE les eaux de transition sont : « des masses d'eaux de surface à proximité des embouchures de rivières, qui sont partiellement salines en raison de leur proximité d'eaux côtières, mais qui sont fondamentalement influencées par des courants d'eau douce ».

Sur la base de ces critères, et sur proposition du secrétariat technique de Bassin, le Comité de l'eau et de la Biodiversité a validé la modification de la typologie des masses d'eau du Gol et de Saint Paul en "masses d'eau de transition".

Ce rapport présentera la méthodologie employée pour évaluer l'état de ces étangs côtiers. Du fait de la singularité du bassin réunionnais (milieu tropical, fonctionnement hydrologique, etc.), en l'absence de seuils ou d'indicateurs spécifiques, le cadre national permet des ajustements, l'utilisation d'outils plus adaptés et le recours au « dire d'expert ».

En l'absence d'une méthodologie adaptée aux eaux de transitions (en dehors de l'évaluation de l'état chimique sur la base des seuils définis pour les eaux côtières et de transition), leur état sera évalué selon différents critères physico-chimiques expérimentés dans le cadre d'une étude de l'Office de l'eau¹. Il sera renforcé par l'état biologique et hydromorphologique établi à dire d'expert. Afin de pouvoir évaluer une potentielle tendance à l'évolution de l'état de ces masses d'eau, nous avons fait le choix d'évaluer également leur état sur la base des critères précédemment préconisés pour les plans d'eau et de les comparer avec les résultats des suivis précédents.

¹ Office de l'eau Réunion (DURASNEL L., MOULLAMA A., RUFFIE K.), juillet 2017. Evolution de la qualité physico-chimique et chimique des étangs de La Réunion. 56 p.

1 Description de l'Étang de Saint-Paul et de l'Étang du Gol

Compte-tenu de leur intérêt à l'échelle de la Réunion, l'Étang de Saint-Paul et l'Étang du Gol sont suivis au titre de la Directive Cadre sur l'Eau. Tous deux sont des étangs littoraux situés très près du niveau de la mer, dont les eaux appartiennent à la gamme de salinité oligohaline. En raison de leurs spécificités, ils sont considérés à présent comme des eaux de transitions. Le comité de l'eau et de la biodiversité a validé la typologie de ces deux étangs côtiers. Cette typologie ne retient pas le facteur taille mais s'intéresse à d'autres critères tels que la salinité, le marnage quand les conditions le permettent, la taille du bassin versant, la turbidité, etc.

1.1 Saint-Paul :

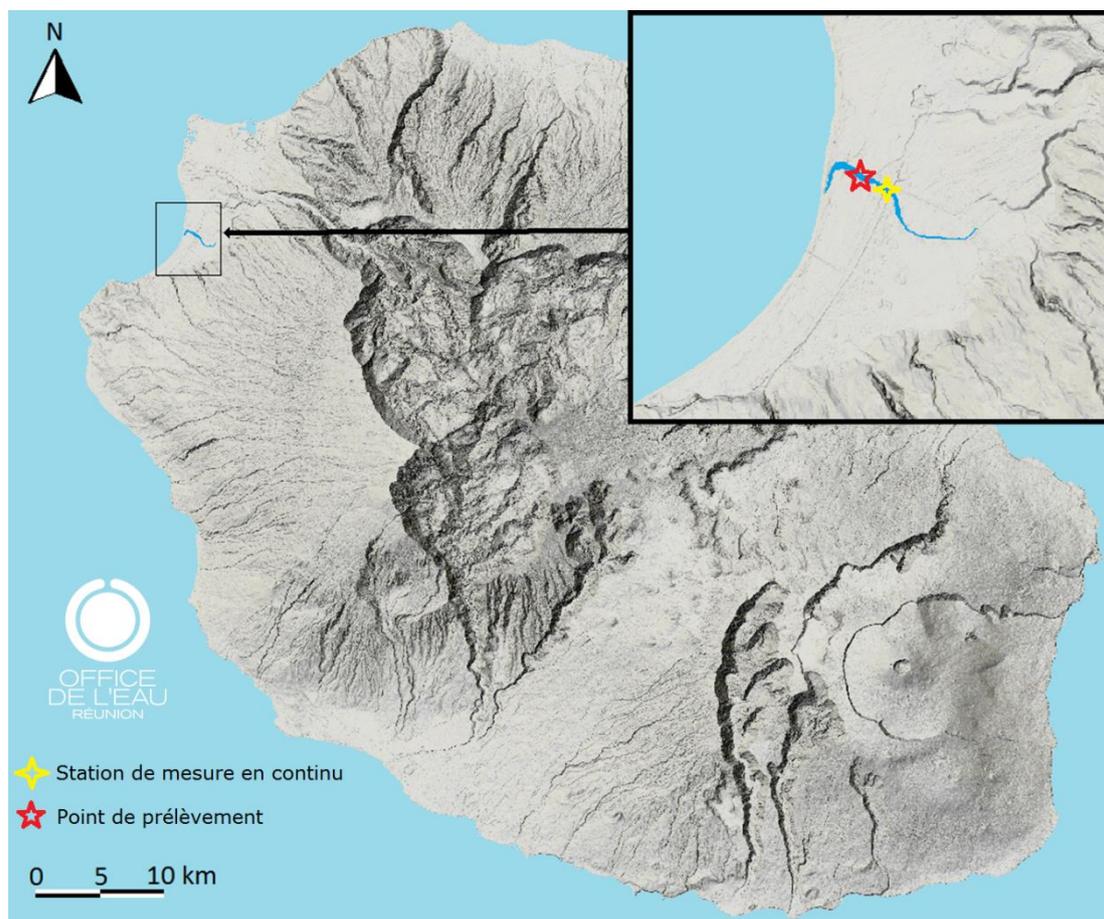


Figure 1 : Localisation de l'Étang de Saint-Paul et des stations de suivi

1.1.1 Caractéristiques et fonctionnement hydrologique de l'Étang de Saint-Paul

La plaine de Saint-Paul s'est constituée au sud du cône de déjection de la Rivière des Galets. Les courants sud-nord ont créé un cordon sableux entre le Cap la Houssaye jusqu'à la plaine Chabrier. Ce cordon dunaire et le cône de déjection ont permis la mise en place d'un remblai d'alluvions issu des cendres et de l'altération du bassin versant.

Cette plaine littorale argileuse réunit les conditions d'installation d'un plan d'eau et d'une zone humide². La surface en eau de l'étang représente en moyenne 16,2 hectares entourés d'environ 450 hectares de zones humides.

L'Étang de Saint-Paul est alimenté par un réseau de ravines non pérennes et par de nombreuses sources dont les débits présentent une grande variabilité³. Le fonctionnement de ces sources est complexe et l'étang présente un bilan hydrométrique moyen d'environ un mètre cube par seconde. On distingue par exemple les sources du Moulin avec un débit important de l'ordre de 450 L/s et une conductivité moyenne de 1 500 µS/cm. À proximité, le débit des sources qui alimentent le bras de Champcourt varie de 80 à 150 L/s. Ces eaux sont plus douces avec une conductivité d'environ 300 µS/cm.

La séparation entre l'Étang de Saint-Paul et l'océan par le cordon littoral est également un facteur déterminant des caractéristiques du milieu. Le niveau et la conductivité des eaux sont principalement contrôlés par l'ouverture et la fermeture du cordon littoral (graphique 1).

La conductivité de l'eau de l'étang peut également augmenter à l'occasion d'intrusion d'eau de mer lors des épisodes de forte houle ou plus rarement de marées hautes.

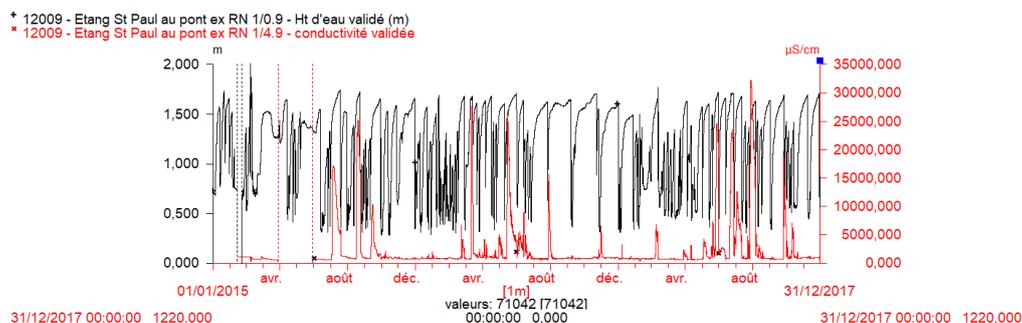


Figure 2 : Graphique1 - variations de la conductivité et des hauteurs de l'Étang de Saint-Paul de 2015 à 2017

Les ouvertures du cordon littoral sont pour partie maîtrisées par le gestionnaire de la réserve naturelle nationale de l'Étang de Saint-Paul. Dans une moindre mesure, les ouvertures sont consécutives à des actes de braconnage, d'assèchement de parcelle, ou plus occasionnellement, à des épisodes de fortes houles. Après fermeture du cordon, le niveau d'eau reprend rapidement sa côte d'équilibre.

Ces éléments témoignent d'un fonctionnement hydraulique complexe dont les conséquences écologiques sont importantes. L'ouverture du cordon permet aux espèces amphihalines de circuler d'un milieu à l'autre au gré de leurs cycles de vies.

La colonne d'eau de l'étang fait l'objet d'une stratification (graphiques 2 et 3) notamment pour la conductivité et l'oxygène.

² Raunet M., 1991. Le milieu physique et les sous-sols de l'île de La Réunion. Conséquences pour la mise en valeur agricole. Rapport CIRAD, 438 p.

³ Bilan hydrométriques de l'Office de l'eau Réunion de 1998 à 2000.

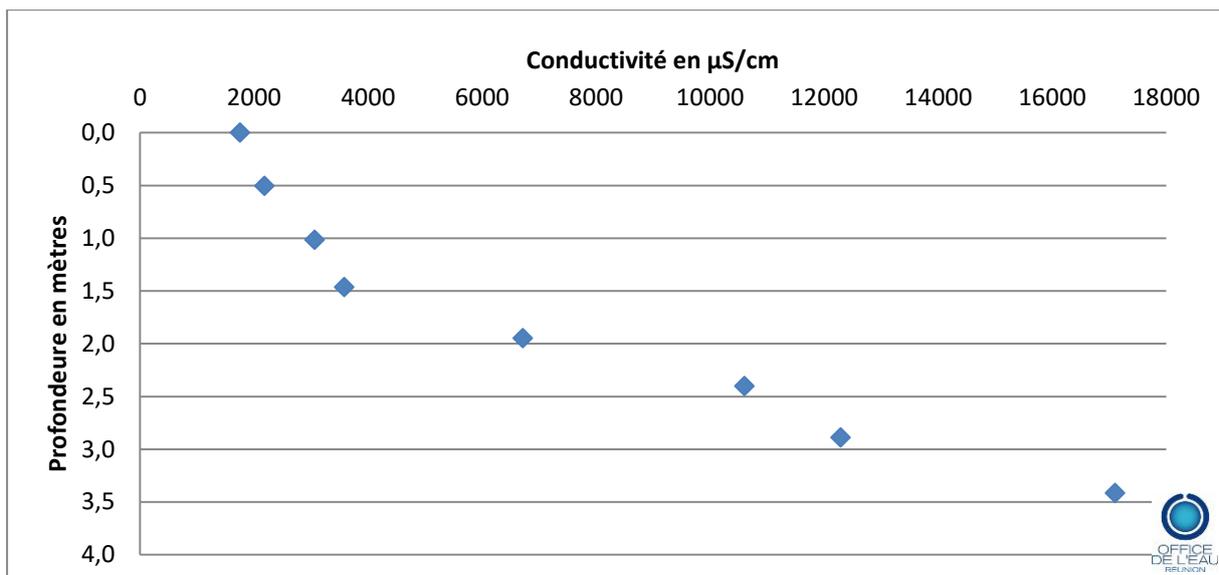


Figure 3 : Graphique 2 - Conductivité de l'Étang de Saint-Paul en fonction de la profondeur. Moyennes calculées à partir des données des profils de l'étang sur la période de 1997 à 2015.

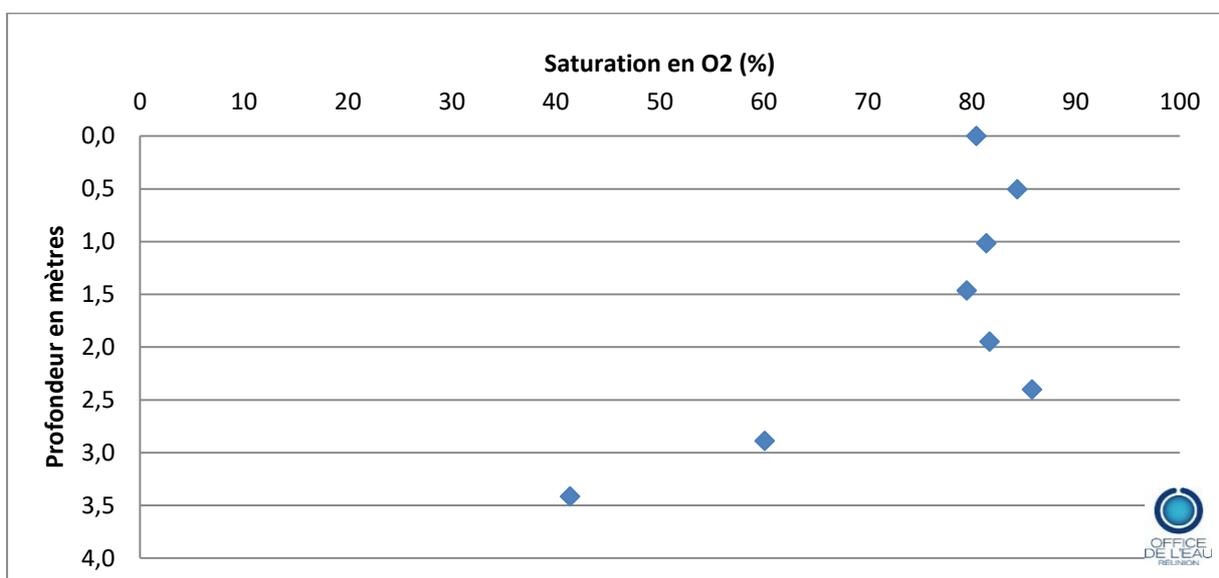


Figure 4 : Graphique 3 - Saturation en oxygène de l'Étang de Saint-Paul en fonction de la profondeur. Moyennes calculées à partir des données des profils de l'étang sur la période de 1997 à 2015.

La partie supérieure de l'étang conserve une bonne concentration en oxygène grâce aux échanges avec l'air et la photosynthèse en journée.

1.1.2 Le suivi de l'Étang de Saint-Paul

Le suivi de la qualité physico-chimique et chimique de l'étang se base sur une station de mesure en continu pour les niveaux, la conductivité et la température. Les prélèvements ponctuels d'eau se réalisent sur la partie aval de l'étang dans la zone la plus homogène (Figure 1).

Ce suivi ne prend pas en compte l'hétérogénéité de la masse d'eau soumise à plusieurs niveaux de pression anthropique. Pour mémoire, le contrôle de surveillance de la qualité

opéré au titre de la DCE et du bassin se base sur un ou des points de mesures représentatifs de l'état global de la masse d'eau. Il n'a pas vocation à suivre une ou des perturbations spécifiques ou à identifier des spécificités écologiques ou chimiques localisées.

Les prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués au fond et en surface depuis 1997. Selon les préconisations d'Aquaref⁴, celui en surface est remplacé par un prélèvement intégré le long de la colonne d'eau à partir de la fin 2012. Les prélèvements sont réalisés 4 fois par an sur la période 2015-2016 et trois fois par an en 2017 (en raison de contraintes liées aux marchés publics).

1.1.3 Les suivis antérieurs de l'Étang de Saint-Paul

Malgré les actions de gestion engagées et le classement en Réserve naturelle nationale, l'étang de Saint-Paul souffre des pressions exercées sur son bassin versant. Depuis le début du suivi en 1997, les données ont été reprises sur la base des critères de l'arrêté d'évaluation⁵ applicable à La Réunion pour évaluer la qualité physico-chimique des plans d'eau, il n'a jamais atteint un bon état physico-chimique. Les micropolluants sont suivis depuis 2007. La méthode d'analyse des métaux effectuée jusqu'en 2015 sur la fraction totale ne permettait pas de statuer en dehors du dire d'expert sur l'état par rapport à ces substances chimiques (la méthode d'évaluation fixant les seuils pour la fraction dissoute), mais elle suggérait des possibles dépassements de seuils notamment pour le cuivre et le zinc suivis au titre des polluants spécifiques de l'état écologique. Pour les substances de l'état chimique (micropolluants organiques, pesticides, etc.), aucun dépassement de seuil de mauvaise qualité n'a été observé jusqu'à présent. L'état biologique était quant à lui estimé comme moyen lors de l'état des lieux 2015.

⁴ Guide des prescriptions techniques pour la surveillance physico-chimique des milieux aquatiques. Opérations d'échantillonnage en plan d'eau (eaux et sédiments) en milieu continental. Version 2011. 23 pages.

⁵ Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface

1.2 Le Gol :

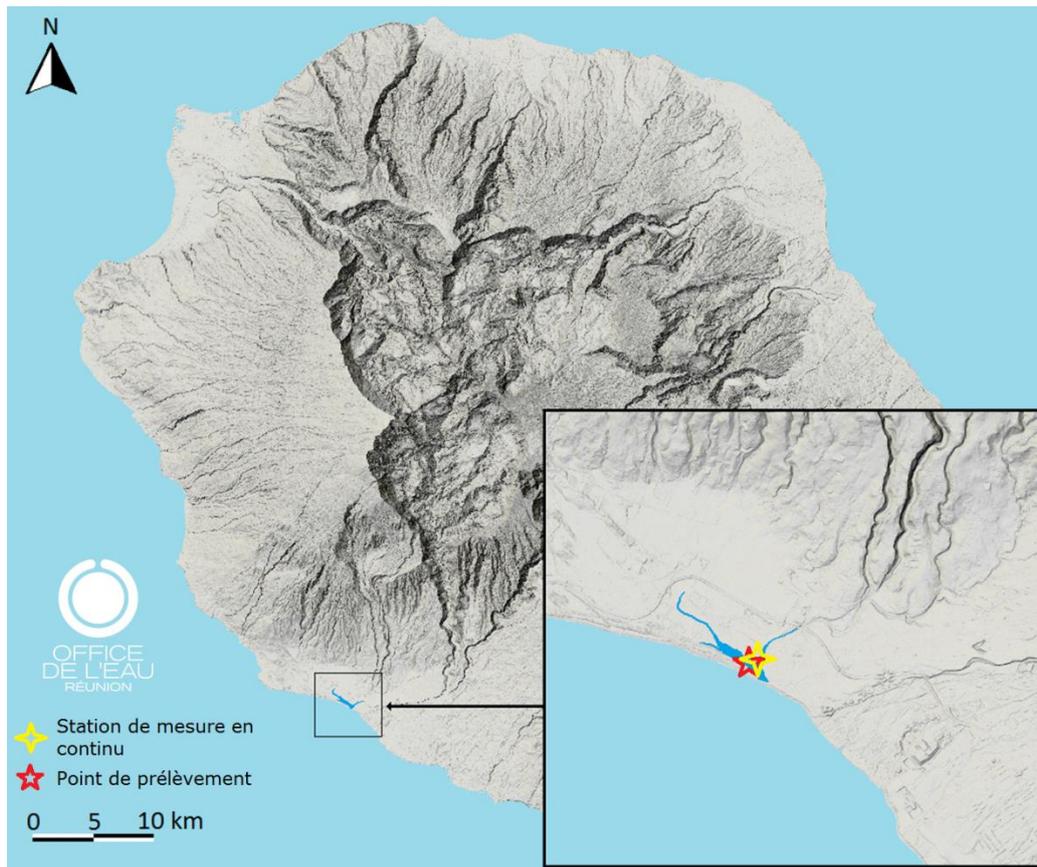


Figure 5 : Localisation de l'étang du Gol et des stations de suivi

1.2.1 Caractéristiques et fonctionnement hydrologique de l'Étang du Gol

La planèze de l'Étang du Gol s'est constituée à partir des apports détritiques et alluvionnaires issus des cendres et de l'altération du bassin versant, charriés en grande partie par la Rivière Saint-Étienne. Un cordon dunaire de sable et de roche issus de l'érosion du bassin versant et du littoral et transportés par les courants sud-nord s'est ensuite ancré jusqu'à la pointe de l'Étang-Salé. Ce cordon dunaire a ainsi isolé la plaine Saint-Louis de l'océan et permis l'installation du plan d'eau du Gol⁶.

D'une surface en eau de 19,5 hectares, l'Étang du Gol est alimenté, lors d'épisodes pluvieux importants, par les ravines non pérennes du Gol et Maniron.

Les écoulements de la Ravine du Gol sont parfois complétés par des eaux de régulation de réservoirs de stockage de la SAPHIR et des eaux de refroidissement de l'usine sucrière du Gol. Les eaux usées traitées de la station d'épuration communale alimentent également l'étang via la Ravine Maniron et elles constituent des apports hydrologiques conséquents par temps sec.

On présume également une connexion de l'étang avec une partie des nappes phréatiques et des gravières en place.

⁶ Raunet M., 1991

La qualité des eaux d'alimentation de l'étang conditionne en partie l'état de son écosystème.

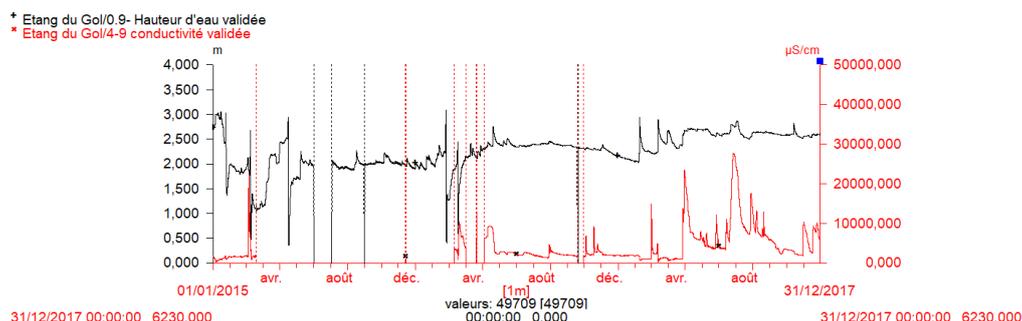


Figure 6 : Graphique 4 - Variation de la conductivité et des hauteurs d'eau de l'Étang du Gol années 2015 à 2017

Les variations du niveau de l'étang sont liées à l'ouverture naturelle ou provoquée du cordon littoral (graphique 4). De manière analogue à l'Étang de Saint-Paul, les ouvertures sont déclenchées pour la gestion du risque d'inondation. Dans une moindre mesure, des ouvertures ont lieu sous l'effet de la houle et à l'occasion de fortes pluies.

Le niveau d'eau moyen est de 1,78 mètre, moyenne calculée sur la période de 1996 à 2015 à l'échelle de la station de l'Office de l'eau. En dehors de la rupture du cordon dunaire, le niveau de l'étang est relativement stable.

Une stratification de l'eau de l'Étang du Gol est clairement observée notamment pour les paramètres conductivité et oxygène dissous.

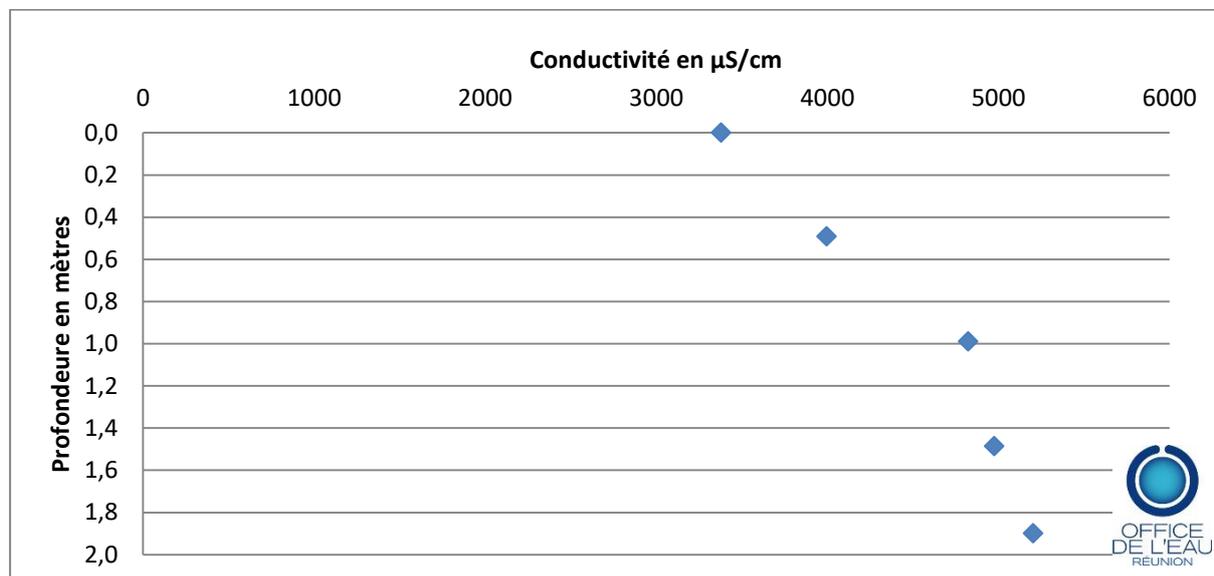


Figure 7 : Graphique 5 - Conductivité de l'Étang du Gol en fonction de la profondeur. Moyennes calculées à partir des données des profils de l'étang sur la période de 2004 à 2016.

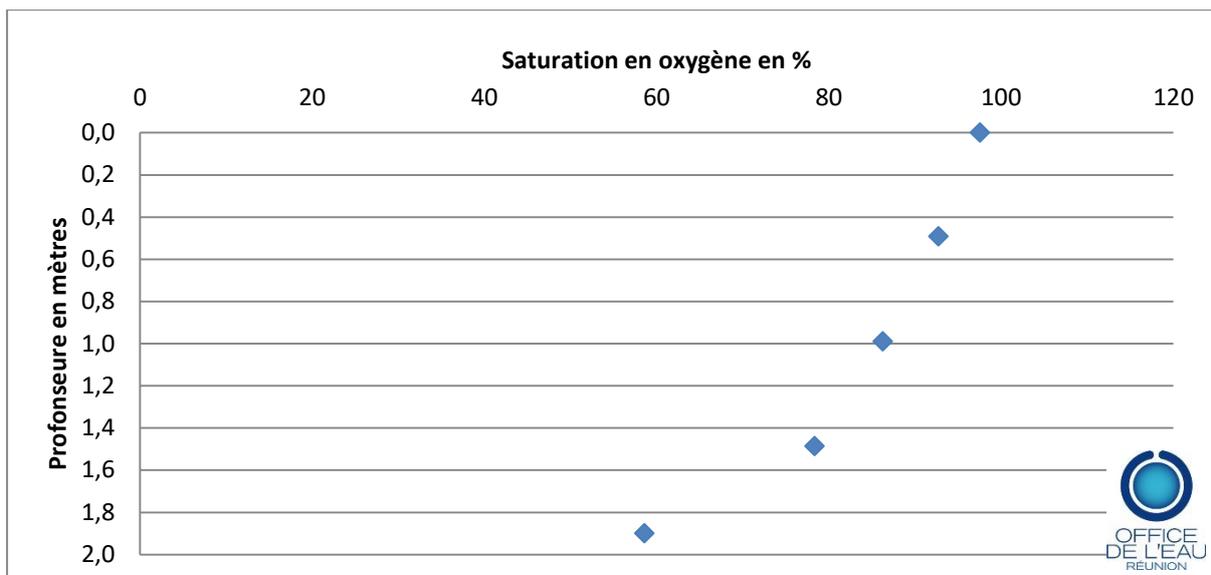


Figure 8 : Graphique 6 - Saturation en oxygène de l'Étang du Gol. Moyennes calculées à partir des données des profils de l'étang sur la période de 2004 à 2016.

L'eau de l'Étang du Gol est saumâtre avec une conductivité moyenne de 5 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station de l'Office de l'eau, évaluée sur la période de 1998 à 2016.

1.2.2 Le suivi de l'Étang du Gol

Le suivi de la qualité physico-chimique et chimique de l'étang se base sur une station pour la mesure en continu du niveau, de la conductivité et de la température, complétée des prélèvements ponctuels d'échantillons d'eau, dans une zone considérée comme homogène sous l'influence des différentes zones d'alimentation.

Cela ne rend pas compte de l'hétérogénéité pouvant exister au sein de la masse d'eau. En effet, les deux ravines qui alimentent l'étang ont des caractéristiques physicochimiques distinctes. Les suivis réalisés en 2009 et 2010 montrent que la Ravine Maniron est plus riche en nutriments et matières organiques que la Ravine du Gol.

Dans l'étang, les prélèvements sont effectués au fond et en surface depuis 1997. Selon les prescriptions Aquaref⁷, celui en surface est remplacé par un prélèvement intégré sur la colonne d'eau depuis la fin de l'année 2012.

1.2.3 Les suivis antérieurs de l'Étang du Gol

L'Étang du Gol présente un mauvais état physico-chimique et chimique depuis le début du suivi en 1998. Les micropolluants sont suivis depuis 2006. Comme pour l'Étang de Saint-Paul, la méthode d'analyse employée jusqu'en 2015 pour les métaux ne permettait pas de juger du bon état par rapport à ces substances, mais les résultats suggèrent une mauvaise qualité au regard de substances comme le cuivre et le zinc suivis au titre des polluants spécifiques de l'état écologique. Pour les substances de l'état chimique (micropolluants organiques, pesticides, etc.), le mauvais état est constaté en 2013 avec le dépassement de la concentration maximale admissible de tributylétain. L'état

⁷ Guide Aquaref échantillonnage en plan d'eau. Version 2011.

biologique de l'étang du Gol est également considéré à « dire d'expert » comme mauvais en 2015.

2 Évolution de l'état des masses d'eau, les progrès accomplis et l'effet de changement de thermomètre⁸

L'état des lieux 2019 est l'occasion de :

- évaluer l'état des eaux 2019 sur la base des règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (REEE EL guide 2018),
- dresser le bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021 en termes d'évolution de l'état des masses d'eau et ainsi d'estimer les progrès accomplis. Pour cela, il s'agira de comparer l'état des masses d'eau en 2015 (calculé avec les règles d'évaluation de l'état des eaux 2015 (REEE 2015)) avec l'état des masses d'eau en 2019 (calculé aussi avec les REEE 2015).
- mesurer l'effet des changements de règles d'évaluation de 2015 et 2019. Pour cela, il s'agira de comparer l'état des masses d'eau de 2019, calculé avec les REEE 2019, avec l'état des masses d'eau de 2019 (calculé avec les REEE 2015).

Pour permettre l'observation d'éventuelles tendances à La Réunion, bien que la typologie ait évolué pour les étangs du Gol et de Saint-Paul nous allons également réaliser cet exercice pour ces étangs sur les critères d'évaluation de l'état physico-chimique des plans d'eau. Ce choix repose sur le fait que ces critères ont été suivis sur les deux périodes. Ainsi, les chroniques de données de 2012 à 2017 seront évaluées selon les méthodes préconisées pour l'EDL 2019 (REEE 2019) et 2015 (REEE 2015) et comparées aux différents états évalués en 2015.

⁸ Guide pour la mise à jour de l'État des lieux. Août 2017. Pages 24-25.

3 Évaluation de l'état des eaux de transitions

C'est la nature des eaux qui constituent les étangs côtiers de La Réunion qui sont le fait de leur originalité et de leur fonctionnement écologique spécifique. Ils sont alimentés par de l'eau douce par l'intermédiaire de sources et d'eau pluviale par ruissellement et par les ravines qui les relient. Ils bénéficient également d'apports d'eau saumâtre par certaines sources et via les nappes phréatiques sous influence du biseau salé avec lesquelles on suppose une connexion. Il faut également compter des intrusions d'eaux marines lors d'épisodes de fortes houles ou lors de ruptures des cordons dunaires.

Jusqu'à présent, il était recommandé d'évaluer l'état de ces masses d'eau sur la base des indicateurs préconisés pour les plans d'eau. Le secrétariat technique de bassin a ainsi acté le 22 mai 2018 l'évolution de la typologie des étangs du Gol et de Saint-Paul en masse d'eau de transition. Il n'existe actuellement pas d'indicateurs spécifiques à La Réunion pour évaluer ce type de masses d'eau. Cela-dit cette évolution typologique permet de s'affranchir des critères d'évaluations préconisés pour les plans d'eau réunionnais au titre de la DCE. Ainsi avant de définir des seuils adaptés aux spécificités du Gol et de Saint-Paul, il a été décidé, en vue d'évaluer leur état, de tester d'autres indicateurs, ceux-ci adaptés au bassin réunionnais. Ils permettent une approche plus large de la qualité physico-chimique de ces milieux uniques et donnent des pistes pour mieux comprendre leur fonctionnement. Ainsi pour évaluer l'état écologique des nouvelles masses d'eau de transition, en dehors des informations dont nous disposons pour l'état biologique, seront suivis :

- Le bilan en oxygène (COD, DBO₅, teneur en oxygène) constitue un indicateur de « l'activité biologique » par rapport à la dégradation de la matière organique et à la production ou consommation d'oxygène par les organismes aquatiques.
- La température influe sur les processus chimiques (dynamique de réaction, concentration des gaz dans l'eau, etc.),
- Le pH permet de savoir si le milieu est acide ou basique, le pH des eaux continentales de la Réunion étant globalement légèrement basique,
- La conductivité témoigne de la teneur en sels dissous dans l'eau ; elle est en lien avec les apports d'eau océaniques pour les étangs côtiers,
- Les teneurs en azote et en phosphore permettent de mettre en lumière l'enrichissement nutritif.

Bien qu'il n'existe pas de seuils spécifiques à La Réunion pour évaluer l'état des masses d'eau de transition au regard des paramètres précédemment évoqués, il est possible de les interpréter grâce à l'utilisation de classes d'état utilisées sur le bassin pour d'autre type d'eau tels que les rivières. C'est l'analyse de ces paramètres que nous proposons d'ajouter pour l'évaluation de l'état physico-chimique des étangs du Gol et de Saint-Paul en tant que masses d'eau de transitions.

3.1 Evaluation de l'état écologique des eaux de transitions

3.1.1 Etat biologique

3.1.1.1 État biologique de l'étang de Saint-Paul

En 2011 il avait été mis en évidence une dominance du peuplement de poisson et de macro-invertébrés par les espèces indigènes sur l'étang de Saint-Paul⁹. Toutefois

⁹ ANGAMA-PETCHY S., Université de La Réunion, OCEA, 2011. Diagnostic et enjeux de conservation de la macro faune aquatique de deux étangs côtiers à l'île de La Réunion : étang du Gol et étang de Saint-Paul – Analyse de

certaines zones étaient dominées par la *Cherax quadricarinatus* (écrevisse bleu d'Australie espèce introduite) et le tilapia.

L'état des eaux 2015 dressait un état biologique mauvais. Cet état biologique intégrait un état piscicole moyen.

Des travaux sur le peuplement des macro-crustacés menés en 2016¹⁰ ont montré un recul important du *Cherax* exotique au profit des espèces indigènes. Cette étude met également en avant l'action bénéfique de la réouverture et de l'entretien de canaux réalisés par la régie de la réserve en matière d'amélioration de la qualité de l'eau, de la restauration écologique et de la lutte contre les espèces exotiques envahissantes.

Une autre étude de 2016¹¹ conclue que des efforts supplémentaires doivent être fournis pour améliorer le fonctionnement hydraulique de l'étang et de ses canaux pour continuer à améliorer les peuplements d'espèces locales, les recrutements et les échanges avec l'océan.

Au regard de ces éléments, nous proposons de conclure à un état biologique et piscicole moyen pour l'étang de Saint-Paul.

3.1.1.2 État biologique de l'étang du Gol

En 2011 il avait été mis en évidence une dominance du peuplement de poisson de l'étang du Gol par les tilapias (essentiellement *Oreochromis niloticus*)¹². Ces travaux ont également mis en évidence une plus faible diversité de poissons et de macro-crustacés au Gol qu'à l'étang de Saint-Paul.

L'état des eaux 2015 dressait un état biologique mauvais et un état piscicole également mauvais pour l'étang du Gol.

Depuis, bien qu'une légère amélioration de la qualité de l'eau ait pu être constatée, très certainement en lien avec les travaux de réhabilitation de la station de traitement des eaux usées de Saint-Louis¹³, on ne constate pas d'amélioration notable des peuplements de poissons ou de macro-invertébrés. Ainsi, lors de suivis mis en œuvre en 2015 et 2016¹⁴, on constate une augmentation du nombre de poissons et de macro-crustacés indigènes par rapport à 2011. Toutefois, les peuplements en espèces locales restent minoritaires dans l'étang. C'est le cas notamment des poissons dont l'« abondance reste relativement faible et le peuplement est dominé par des espèces exotiques voraces et territoriales, limitant l'installation des espèces indigènes »¹³.

l'état des populations de poissons et macro crustacés et approche du fonctionnement des cordons dunaires des étangs. 196 p.

¹⁰ MONDESIR L., Université de Perpignan et RNNESP, 2016. Suivi des peuplements de macrocrustacés au sein de la réserve naturelle nationale de l'étang de Saint-Paul (la Réunion). 33 p.

¹¹ OCEA, VALEA, 2016. Evaluation qualitative et quantitative du recrutement post-larvaire des espèces de poissons et de macrocrustacés diadromes sur l'étang de Saint-Paul. Rapport final. 54 p.

¹³ Office de l'eau Réunion (DURASNEL L., MOULLAMA A., RUFFIE K.), juillet 2017. Evolution de la qualité physico-chimique et chimique des étangs de La Réunion. 56 p.

¹⁴ Mairie de Saint-Louis, OCEA, Anthéa, oct. 2016. Suivi des milieux aquatiques continentaux en lien avec l'étang du Gol. 159 p.

Ces éléments ne permettent toujours pas de proposer une amélioration de l'état biologique de l'étang du Gol. Ainsi, nous suggérons de conserver le classement en mauvais état biologique et ichtyologique.

3.1.2 Proposition d'évaluation de l'état physico-chimique des masses d'eau de transitions

Afin d'évaluer la qualité des étangs du Gol et de Saint-Paul, une analyse sur trois ans (de 2015 à 2017) des centiles 90 ou 10 (en fonction des paramètres) est comparée aux seuils d'état généralement utilisés pour les cours d'eau de La Réunion (Tableau 1). Ces seuils semblent pertinents pour le bassin réunionnais.

Afin d'évaluer les progrès accomplis sur la base de cette méthode, une analyse sur les données de 2013 à 2015 est également proposée.

Pour mémoire, sur la période 2013-2016 nous disposons annuellement de 4 valeurs. Les prélèvements sont réalisés tous les trois mois, pendant la saison des pluies (février), après la saison des pluies (mai), durant l'hiver austral (août) et en fin de saison sèche (novembre). En 2017 pour des raisons liées au renouvellement du marché d'analyse des paramètres physico-chimiques des eaux de La Réunion seuls trois suivis ont pu être réalisés. Nous disposons ainsi seulement de trois valeurs pour l'année 2017.

Au-delà de leur applicabilité au contexte réunionnais, ces seuils permettent de suivre les changements de qualité physico-chimiques de l'eau. Pour cette raison et pour étudier l'évolution de la qualité de l'étang, une analyse annuelle des différents paramètres sera également réalisée.

D'autres seuils ont été testés dans le cadre de l'étude sur l'évolution de l'état des étangs de La Réunion¹⁵, notamment ceux utilisés pour les masses d'eau de transition de méditerranée (lagunes et étangs côtiers) définis dans le guide relatif à l'évaluation des eaux littorales (côtières et de transition)¹⁶. Aucun n'a été jugé pertinent.

Tableau 1 : Seuils de classes d'état cours d'eau applicables à La Réunion.

Paramètres par élément de qualité	Limites des classes d'état				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Bilan de l'oxygène					
Oxygène dissous (mg/L)	≥8	≥6	≥4	≥3	<3
Taux de saturation en O ₂ dissous (%)	≥90	≥70	≥50	≥30	<30
DBO ₅ (mg/L)	≤3	≤6	≤10	≤25	>25
Carbone organique dissous (mg/L)	≤5	≤7	≤10	≤15	>15
Températures					
Limites des classes d'état nationales non applicables à La Réunion					
Nutriments					
Orthophosphates (mg/L)	≤0,1	≤0,5	≤1	≤2	>2
Phosphore total (mg/L)	≤0,05	≤0,2	≤0,5	≤1	>1
Ammonium (mg/L)	≤0,1	≤0,5	≤2	≤5	>5
Nitrites (mg/L)	≤0,1	≤0,3	≤0,5	≤1	>1
Nitrates (mg/L)	≤10	≤50	*	*	*
Acidification					
pH minimum	≥6,5	≥6	≥5,5	≥4,5	<4,5
pH maximum	≤8,2	≤9	≤9,5	≤10	>10

* : pas de valeurs établies à ce stade de connaissance

¹⁵ Office de l'eau Réunion (DURASNEL L., MOULLAMA A., RUFFIE K.), juillet 2017. Evolution de la qualité physico-chimique et chimique des étangs de La Réunion. 56 p.

¹⁶ Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) dans le cadre de la DCE, février 2018. 275 p.

3.1.2.1 État physico-chimique de l'étang de Saint-Paul et progrès accomplis

3.1.2.1.1 État physico-chimique et progrès accomplis sur des périodes de 3 années

Tableau 2 : État physico-chimique de l'étang de Saint-Paul sur la base de périodes de trois ans évaluées à partir des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 1).

	O2 dissous (mg/L) centile 10	taux de saturation (%) centile 10	DBO5 (mg/L) centile 90	Carbone organique dissous (mg/L) centile 90	Température (°C) centile 90	Orthophosphates (mg/L) centile 90	Phosphore total (mg/L) centile 90	Ammonium (mg/L) centile 90	Nitrites (mg/L) centile 90	Nitrates (mg/L) centile 90	pH min centile 10	pH max centile 90	État physico-chimique
État des eaux 2015 (données de 2013 à 2015)	2,749	33,9	3,686	3,894	28,23 2	0,114	0,139	1,37	0,81	25,7	6,983	7,529	Mauvais
État des eaux 2019 (données de 2015 à 2017)	5,68	71,2	2,741	5,529	26,1	0,133	0,27	0,63	0,81	9,6	7,1	7,52	Médiocre

3.1.2.1.2 Progrès accomplis à partir des évaluations annuelles

Tableau 3 : Valeurs annuelles des paramètres généraux de l'étang de Saint-Paul évaluées à partir des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 1). ND : non déterminé

	O2 dissous (mg/L) centile 10	taux de saturation (%) centile 10	DBO5 (mg/L) centile 90	Carbone organique dissous (mg/L) centile 90	Température (°C) centile 90	Orthophosphates (mg/L) centile 90	Phosphore total (mg/L) centile 90	Ammonium (mg/L) centile 90	Nitrites (mg/L) centile 90	Nitrates (mg/L) centile 90	pH min centile 10	pH max centile 90	État physico-chimique
2013	3,209	40,72	6,53	3,482	27,916	0,01	0,104	1,66	0,0365	4,89	7,178	7,509	Médiocre
2014	2,827	33,43	3,275	3,501	28,212	0,01	0,087	1,133	0,005	35,7	6,793	7,701	Mauvais
2015	6,193	72,645	3,262	8,541	25,42	0,169	0,238	0,54	0,95	8,68	7,097	7,487	Médiocre
2016	6,022	72,43	2,057	3,219	26,11	0,038	0,165	1,075	0,005	7,83	7,124	7,334	Moyen
2017	8,396	100,32	ND	ND	26,04	0,13078	0,23	0,0922	0,1436	3,568	7,256	7,84	Moyen

3.1.2.2 État physico-chimique de l'étang de Saint-Paul selon la méthodologie préconisée pour les plans d'eau

3.1.2.2.1 Valeurs seuils pour l'évaluation de l'état

Les seuils des différentes classes d'état DCE pour les plans d'eau sont définis à partir de la profondeur moyenne de l'étang suivi sur une période de 6 ans (Tableau 4).

Tableau 4 : Valeurs seuils de l'étang de Saint-Paul calculées sur la profondeur moyenne de 2012 à 2017

Seuils de classes d'état de l'étang de Saint-Paul pour l'EDL 2019	Ammonium (mg/L) pour les valeurs maximum	Nitrates (mg/L) pour les valeurs maximum	Phosphore total (mg/L) pour les valeurs médianes	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)
Très bon	≤ 0,171	≤ 2,2	≤ 0,045	≥ 1,21
Bon	≤ 0,250	≤ 5,3	≤ 0,062	≥ 0,87
Moyen	≤ 0,366	≤ 12,6	≤ 0,086	≥ 0,64
Médiocre	≤ 0,493	≤ 30,1	≤ 0,121	≥ 0,47
Mauvais	> 0,493	> 30,1	> 0,121	< 0,47

3.1.2.2.2 Évaluation de l'état

La méthode pour l'évaluation de l'état physico-chimique des plans d'eau requiert une évaluation sur une chronique de données s'étendant sur 6 ans. Pour l'état des eaux 2019 il est ainsi préconisé d'utiliser les données disponibles de 2012 à 2017.

Tableau 5 : État physico-chimique 2019 de l'étang de Saint-Paul selon le REEE 2019

	Valeurs maximum d'ammonium en mg/L	Valeurs maximum de nitrates en mg/L	Valeurs médianes de phosphore total en mg/L	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)	Etat physico-chimique
État des eaux 2019 (données de 2012 à 2017)	1,9	38,2	0,095	1,20	Mauvais

3.1.2.2.3 Progrès accomplis et effet thermomètre

Valeurs seuils pour l'évaluation de l'état 2015

Tableau 6 : Valeurs seuils de l'étang de Saint-Paul calculées sur la profondeur moyenne de 2008 à 2013

Seuils de classes d'état de l'étang de Saint-Paul pour l'état des eaux 2015	Ammonium (mg/L) pour les valeurs maximum	Nitrates (mg/L) pour les valeurs maximum	Phosphore total (mg/L) pour les valeurs médianes	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)
Très bon	≤ 0,152	≤ 2,2	≤ 0,034	≥ 1,50
Bon	≤ 0,227	≤ 5,3	≤ 0,048	≥ 1,11
Moyen	≤ 0,307	≤ 12,6	≤ 0,067	≥ 0,82
Médiocre	≤ 0,402	≤ 30,1	≤ 0,093	≥ 0,60
Mauvais	> 0,402	> 30,1	> 0,093	< 0,60

Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021

Tableau 7 : Comparaison des états de l'étang de Saint-Paul sur la base du REEE 2015 pour les périodes de 2008 à 2013 et de 2012 à 2017

	Valeurs maximum d'ammonium en mg/L	Valeurs maximum de nitrates en mg/L	Valeurs médianes de phosphore total en mg/L	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)	Etat physico-chimique
État des eaux sur la base des données de 2008 à 2013	3	6,3	0,09	1,1	Mauvais

2013 évaluées selon le REEE 2015					
État des eaux sur la base des données de 2012 à 2017 évaluées selon le REEE 2015	1,9	38,2	0,095	1,20	Mauvais

Sur la base du REEE 2015, on constate une dégradation des paramètres nitrates et phosphore et une très légère amélioration de la transparence. Vu le faible écart de valeurs cette amélioration pourrait être liée à un effet de seuil.

Mesure de l'effet des changements de règles d'évaluation entre 2015 et 2019

Tableau 8 : Comparaison de l'état 2019 de l'étang de Saint-Paul sur la base du REEE 2015 et du REEE 2019

	Valeurs maximum d'ammonium en mg/L	Valeurs maximum de nitrates en mg/L	Valeurs médianes de phosphore total en mg/L	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)	Etat physico-chimique
État des eaux sur la base des données de 2012 à 2017 évaluées selon le REEE 2015	1,9	38,2	0,095	1,20	Mauvais
État des eaux sur la base des données de 2012 à 2017 évaluées selon le REEE 2019	1,9	38,2	0,095	1,20	Mauvais

On constate un très léger effet du changement de la classe de qualité pour le phosphore suite à l'évolution des règles d'évaluation. Ce changement peut être imputable à la différence entre les hauteurs d'eau moyennes à 2,39 mètres pour la période de 2008 à 2013 et 1 mètre pour la période de 2013 à 2017. Pour mémoire, les seuils de classes pour les plans d'eau sont définis à partir de la hauteur d'eau moyenne sur la période concernée. Ces différences de hauteurs d'eau peuvent être expliquées par des ouvertures plus fréquentes du cordon dunaire sur la période 2012-2017. L'arrêté confiant à la Mairie de Saint-Paul l'ouverture du cordon dunaire pour la prévention des inondations datant de 2015 est à l'origine d'ouvertures maîtrisées. A celles-ci s'ajoutent des ouvertures non maîtrisées consécutives à des actes de braconnage, d'assèchement de parcelles ou naturellement sous l'effet de la houle ou du flux d'eau douce.

3.1.2.3 État physico-chimique de l'étang du Gol et progrès accomplis

3.1.2.3.1 État physico-chimique et progrès accomplis sur des périodes de 3 années

Tableau 9 : État physico-chimique de l'étang du Gol sur la base de périodes de trois ans évaluées à partir des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 1).

O2 dissous (mg/L) centile 10	taux de saturation (%) centile 10	DBO5 (mg/L) centile 90	Carbone organique dissous (mg/L) centile 90	Température (°C) centile 90	Orthophosphates (mg/L) centile 90	Phosphore total (mg/L) centile 90	Ammonium (mg/L) centile 90	Nitrites (mg/L) centile 90	Nitrates (mg/L) centile 90	pH min centile 10	pH max centile 90	État physico-chimique
------------------------------	-----------------------------------	------------------------	---	-----------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------	-------------------	-----------------------

État des eaux 2015 (données de 2013 à 2015)	6,28	70,7	17,9	11,496	32,079	2,48	1,068	4,46	1,32	7,03	7,842	9,23 1	Mauvais
État des eaux 2019 (données de 2015 à 2017)	6,28	72	19,2	12,422	28,6	0,42	0,89	1,4	0,76	4	8,1	8,98	Médiocre

3.1.2.3.2 Progrès accomplis à partir des évaluations annuelles

Tableau 10 : Valeurs annuelles des paramètres généraux de l'étang du Gol évaluées à partir des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 1). ND : non déterminé

	O2 dissous (mg/L) centile 10	taux de saturation (%) centile 10	DBO5 (mg/L) centile 90	Carbone organique dissous (mg/L) centile 90	Température (°C) centile 90	Orthophosphates (mg/L) centile 90	Phosphore total (mg/L) centile 90	Ammonium (mg/L) centile 90	Nitrites (mg/L) centile 90	Nitrates (mg/L) centile 90	pH min centile 10	pH max centile 90	État physico-chimique
2013	6,151	78,53	14,6	10,065	31,677	2,135	1,256	7,34	12,38	6,89	7,775	8,813	Mauvais
2014	7,062	90,6	23,5	10,762	32,174	3,941	1,064	3,482	0,921	41,49	7,923	9,515	Mauvais
2015	6,805	78,34	16,5	10,784	28,6	0,546	0,939	1,253	1,166	3,88	8,306	9,115	Mauvais
2016	6,334	72,27	18,1	12,584	28,4	0,314	0,566	1,161	0,0365	7,7	8,303	8,896	Médiocre
2017	8,076	98,72	ND	ND	27,76	0,2099	0,394	0,0554	0,0946	3,054	7,908	8,268	Moyen

3.1.2.4 État physico-chimique de l'étang du Gol selon la méthodologie préconisée pour les plans d'eau

3.1.2.4.1 Valeurs seuils pour l'évaluation de l'état 2019

Tableau 11 : Valeurs seuils de l'étang du Gol calculées sur la profondeur moyenne de 2012 à 2017

Seuils de classes d'état de l'étang du Gol pour l'EDL 2019	Ammonium (mg/L) pour les valeurs maximum	Nitrates (mg/L) pour les valeurs maximum	Phosphore total (mg/L) pour les valeurs médianes	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)
Très bon	≤ 0,155	≤ 2,2	≤ 0,035	≥ 1,45
Bon	≤ 0,230	≤ 5,3	≤ 0,049	≥ 1,07
Moyen	≤ 0,317	≤ 12,6	≤ 0,069	≥ 0,79
Médiocre	≤ 0,414	≤ 30,1	≤ 0,097	≥ 0,58
Mauvais	> 0,414	> 30,1	> 0,097	< 0,58

3.1.2.4.2 Évaluation de l'état 2019

Tableau 12 : État physico-chimique 2019 de l'étang du Gol selon le REEE 2019

	Valeurs maximum d'ammonium en mg/L	Valeurs maximum de nitrates en mg/L	Valeurs médianes de phosphore total en mg/L	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)	Etat physico-chimique
État des eaux 2019 (données de 2012 à 2017)	9,5	57,9	0,78	0,375	Mauvais

3.1.2.4.3 Progrès accomplis et effet de changement de thermomètre

Valeurs seuils pour l'évaluation de l'état 2015

Tableau 13 : Valeurs seuils de l'étang du Gol calculées sur la profondeur moyenne de 2009 à 2013

Seuils de classes d'état de l'étang du Gol pour l'état des eaux 2015	Ammonium (mg/L) pour les valeurs maximum	Nitrates (mg/L) pour les valeurs maximum	Phosphore total (mg/L) pour les valeurs médianes	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)
Très bon	≤ 0,154	≤ 2,2	≤ 0,035	≥ 1,48
Bon	≤ 0,229	≤ 5,3	≤ 0,049	≥ 1,09
Moyen	≤ 0,312	≤ 12,6	≤ 0,068	≥ 0,80
Médiocre	≤ 0,408	≤ 30,1	≤ 0,095	≥ 0,59
Mauvais	> 0,408	> 30,1	> 0,095	< 0,59

Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021

Tableau 14 : Comparaison des états de l'étang du Gol sur la base du REEE 2015 pour les périodes de 2008 à 2013 et de 2012 à 2017

	Valeurs maximum d'ammonium en mg/L	Valeurs maximum de nitrates en mg/L	Valeurs médianes de phosphore total en mg/L	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)	Etat physico-chimique
État des eaux sur la base des données de 2008 à 2013 évaluées selon le REEE 2015	9,5	7,1	0,83	0,7	Mauvais
État des eaux sur la base des données de 2012 à 2017 évaluées selon le REEE 2015	9,5	57,9	0,78	0,375	Mauvais

On constate une dégradation des paramètres nitrates et transparence et une amélioration de la valeur du paramètre phosphore sur la base du REEE 2015.

Le phosphore total avait été classé en mauvais état en 2015 alors qu'il était en état médiocre.

Mesure de l'effet des changements de règles d'évaluation entre 2015 et 2019

Tableau 15 : Comparaison de l'état 2019 de l'étang du Gol sur la base du REEE 2015 et du REEE 2019

	Valeurs maximum d'ammonium en mg/L	Valeurs maximum de nitrates en mg/L	Valeurs médianes de phosphore total en mg/L	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)	Etat physico-chimique
État des eaux sur la base des données de 2012 à 2017 évaluées selon le	9,5	57,9	0,78	0,375	Mauvais

REEE 2015					
État des eaux sur la base des données de 2012 à 2017 évaluées selon le REEE 2019	9,5	57,9	0,78	0,375	Mauvais

On ne constate pas d'effet du changement des règles d'évaluation toujours en raison des moyennes de hauteurs d'eau très proches entre les périodes 2008-2013 et 2012-2017. Respectivement 2,24 mètres et 2,11 mètres de hauteurs moyennes.

3.1.3 Les polluants spécifiques de l'état écologique

Dans le guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition), il n'est pas fait état de PSEE (polluants spécifiques de l'état écologique) pour les eaux de transition. La méthodologie préconisée pour définir les polluants spécifiques de l'état écologique a permis au groupe de travail « chimie » de La Réunion de définir une liste de substance à suivre¹⁷ dans les eaux littorales. Cette liste regroupe les substances les plus employées à La Réunion dont les rejets dans le milieu naturel sont importants et dont l'effet sur le biote est avéré. Les données écotoxicologiques disponibles ne sont malheureusement pas suffisantes pour définir des normes de qualité environnementales pour ces substances.

Ainsi, nous proposons pour les étangs du Gol et de Saint-Paul (i) d'identifier la présence ou l'absence des polluants spécifiques d'intérêt en se basant sur la liste établie pour les eaux côtières de La Réunion (Tableau 16) ; (ii) d'évaluer les PSEE sur la base des substances et de leurs NQE correspondantes retenues pour les eaux de surfaces continentales pour l'état des lieux 2019.

L'arrêté ministériel pour l'évaluation de l'état des eaux précise que le calcul s'effectue sur les données issues de 4 opérations de contrôle minimum par an. La recherche est effectuée pour les étangs sur les 6 dernières années calendaires précédant l'année d'évaluation et on retient la moyenne annuelle de l'année la plus récente disponible.

En raison d'un biais lié à la fraction analysée des polluants spécifiques non synthétiques (métaux totaux à la place de métaux dissous) les données antérieures à 2016 ne seront pas prises en compte. Pour mémoire, ce biais avait soulevé un doute lors de l'état des eaux 2015 sur le déclassement des étangs du Gol et de Saint-Paul en raison des teneurs en Zinc et en Cuivre. Il avait été proposé à l'époque de classer ces masses d'eau en bon état au regard des PSEE dans l'attente d'expertise complémentaire. Des tests pour comparer les teneurs en métaux entre des échantillons filtrés et d'autres non filtrés furent réalisés en 2015 et confirmèrent ce classement. Ces tests ont relevé toutefois des teneurs en Zinc et en Cuivre parfois élevées dans les échantillons filtrés et préconisé d'être attentifs à ces substances.

En 2017, pour des raisons liées aux contraintes des marchés publics, nous n'avons pu mettre en œuvre que trois suivis.

Ainsi nous effectuerons la recherche sur seulement deux années (2016 et 2017) pour les métaux et sur 6 années (de 2012 à 2017) pour les substances synthétiques. Nous nous

¹⁷ GT DCE Réunion " Contaminants chimiques ". 2012. Fascicule technique pour la mise en œuvre du suivi " Contaminants chimiques " du réseau de contrôle de surveillance DCE à La Réunion. 67 p.

baserons sur les moyennes des moyennes annuelles pour relativiser les résultats obtenus et apprécier l'état au regard des seuils prescrits pour l'état des eaux de surfaces continentales 2019.

L'effet de changement de thermomètre sera évalué selon la même méthode mais en comparant cette fois les résultats obtenus aux normes de qualités environnementales en vigueur lors de l'état des eaux 2015.

3.1.3.1 Saint-Paul

L'étang de Saint-Paul est exposé essentiellement à des pressions urbaines, agricoles et dans une moindre mesure industrielle.

3.1.3.1.1 Présence/absence des substances spécifiques dans l'étang de Saint-Paul telles que recommandées pour les eaux côtières de La Réunion

Tableau 16 : Liste des polluants spécifiques de l'état écologique dits « d'intérêt » pour les eaux côtières de La Réunion

Substance	Code Sandre	Argument de choix	Utilisation
<u>2,4 D</u>	1141	Autorisé. Détecé dans l'eau.	Herbicide
<u>Deltaméthrine</u> N° CAS 52918-63-5	1149	Autorisé. Détecé dans les sédiments marins.	Substance utilisée dans les insecticides à usages agricole, vétérinaire et ménager.
Fipronil N° CAS 120068-37-3	2009	Autorisé. Détecé dans le biote marin.	Substance utilisée dans les insecticides. Utilisée contre la fourmi manioc.
<u>Fluroxypyr</u> N° CAS 69377-81-7	1765	Autorisé. Détecé dans le biote marin.	Herbicide
<u>Folpel</u> N° CAS 133-07-3	1192	Autorisé. Détecé dans les sédiments marins.	Pesticide
<u>Métazachlore</u> N° CAS 67129-08-2	1670	Autorisé. Détecé en eaux douce et marine.	Herbicide
<u>Métolachlore</u> N° CAS 87392-12-9	1221	Interdit (depuis 2003). Retrouvé dans le sédiment et le biote marins.	Pesticide
<u>Pyrimiphos</u> N° CAS 29232-93-7	1260 et 1261	Autorisé. Retrouvé dans le sédiment marin.	Insecticide
<u>Oxadiazon</u> N°CAS 19666-30-9	1667		Herbicide

Parmi les polluants spécifiques de l'état écologique dits d'intérêt pour les eaux côtières de La Réunion, le 2,4D est détecé en 2015 (le 27/10/15) à hauteur de 0,06µg/L dans l'eau. Aucune substance n'est quantifiée dans le sédiment.

Sur la base de ces éléments on peut proposer de conclure à un bon état au regard des polluants spécifiques de l'état écologique d'intérêt pour les eaux côtières de La Réunion.

3.1.3.1.2 Evaluation de l'état des eaux de Saint-Paul selon les PSEE recommandés pour les eaux douces de surface

Le guide d'évaluation de l'état des eaux de surface continentales précise que le calcul s'effectue sur les données issues de 4 opérations de contrôle. La recherche est effectuée pour les étangs, sur les six dernières années calendaires précédant l'année d'évaluation et on retient la moyenne annuelle de l'année la plus récente disponible.

En raison d'un biais lié à la fraction analysée des polluants spécifiques non synthétiques (métaux totaux à la place de métaux dissous) les données antérieures à 2016 ne sont pas prises en compte. En 2017, pour des raisons liées aux contraintes des marchés publics, nous n'avons pu mettre en œuvre que trois suivis. Ainsi nous effectuerons la recherche sur seulement deux années (2016 et 2017) pour les métaux et sur 6 années (de 2012 à 2017) pour les substances synthétiques. Nous nous baserons sur les moyennes des moyennes annuelles pour relativiser les résultats obtenus et apprécier l'état au regard des seuils prescrits pour l'état des eaux de surfaces continentales 2019.

Tableau 17 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE dans l'étang de Saint-Paul aux normes de qualités environnementales moyennes annuelles (NQE-MA) 2019

NOM Paramètre	CODE SANDRE	NQE-MA 2019	Moyenne annuelle en µg/L						Moyenne des moyennes annuelles		
			2012	2013	2014	2015	2016	2017			
Zinc	1383	7,8	biais lié à la fraction analysée						3,25	0,7567	2,003335
Arsenic	1369	0,83							0,275	0,2333	0,254165
Chrome	1389	3,4							0,425	0,2067	0,315835
Cuivre	1392	1							1,075	0,1033	0,589165
Chlortoluron	1136	0,1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Oxadiazon	1667	0,09	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		
2,4 D	1141	2,2	0,0035	0,01	0,01	0,0225	0,01	0,001	0,0095		
2,4 MCPA	1212	0,5	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Linuron	1209	1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		

Sur la base des substances suivies et des normes de qualité environnementales, on ne constate aucun dépassement de seuils pour les données 2016 et 2017 ainsi que pour les moyennes des moyennes annuelles (MMA) évaluées sur les valeurs 2016-2017.

Il est à noter que la présence de Zinc pourrait être en partie liée au bruit de fonds géochimique du bassin réunionnais¹⁸. Le seuil de la NQE, défini pour les bassins métropolitains, pourrait ne pas être adapté à La Réunion.

On peut donc proposer de conclure à un bon état au regard des polluants spécifiques de l'état écologique recommandés pour les eaux continentales de La Réunion.

¹⁸ Identification des zones à risques de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines de La Réunion

3.1.3.1.3 Progrès accomplis et effet de changement de thermomètre

Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021

Ce bilan intermédiaire du second cycle est basé sur l'évaluation de l'état au regard des PSEE réalisé pour l'état des eaux 2015 et comparé au bilan des évaluations faites pour cet état des lieux aux chapitre 3.1.3.1.1.1. et 3.1.3.1.2.

On rappelle ici un biais lié à la fraction analysée des polluants spécifiques non synthétiques (métaux totaux à la place de métaux dissous) pour l'état des eaux 2015. Pour mémoire, ce biais avait soulevé un doute sur le déclassement de l'étang de Saint-Paul en raison des teneurs en Zinc et en Cuivre élevées. Il avait été proposé à l'époque de classer cette masse d'eau en bon état au regard des PSEE.

Tableau 18 : Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021 des PSEE à l'étang de Saint-Paul

Période de suivi	PSEE	Paramètre déclassant
Etat des eaux 2015 (année 2013)	Bon état	Aucun
Etat des lieux 2019 (bilan évaluation eaux côtières et eaux de surfaces continentales)	Bon état	Aucun

Mesure de l'effet des changements de règles d'évaluation entre 2015 et 2019

Si l'on se base sur les NQE-MA applicables à La Réunion en 2015, les valeurs de Zinc de 2016 (3,25 µg/L) dépassent la NQE (3,1 µg/L). Cela dit, la moyenne annuelle 2017 et la moyenne des moyennes annuelles évaluée sur les valeurs de 2012 à 2017 ne dépassent pas les normes de qualité environnementale.

C'est le seul changement constaté entre les règles d'évaluation 2015 et 2019 à cause des différences de NQE-MA pour le Zinc.

Tableau 19 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE de Saint-Paul aux normes de qualité environnementale moyennes annuelles 2015

NOM Paramètre	CODE SANDRE	NQE-MA 2015	Moyenne annuelle en µg/L						Moyenne des moyennes annuelles
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Zinc	1383	3,1	biais lié à la fraction analysée				3,25	0,7567	2,003335
Arsenic	1369	4,2					0,275	0,2333	0,254165
Chrome	1389	3,4					0,425	0,2067	0,315835
Cuivre	1392	1,4					1,075	0,1033	0,589165
Chlortoluron	1136	0,1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074
Oxadiazon	1667	0,09	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077
2,4 D	1141	2,2	0,0035	0,01	0,01	0,0225	0,01	0,001	0,0095
2,4 MCPA	1212	0,5	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074
Linuron	1209	1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077

3.1.3.2 Le Gol

L'étang du Gol est exposé à des pressions variées. Elles sont urbaines, agricoles et industrielles. Il collecte notamment les eaux traitées de la station d'épuration de la ville de Saint-Louis.

3.1.3.2.1 Présence/absence des substances spécifiques recommandées dans l'étang du Gol, en se basant sur la liste établie pour les eaux côtières de La Réunion

Pour mémoire, cette méthode a consisté à identifier la présence ou l'absence des polluants spécifiques d'intérêt pour les eaux côtières de La Réunion (Tableau 16) dans les eaux de l'étang du Gol.

Tableau 20 : Quantification des polluants spécifiques de l'état écologique dits « d'intérêt » pour l'étang du Gol, en se basant sur la liste établie pour les eaux côtières de La Réunion. Lq = limite de quantification

Code Sandre	Paramètre	02/02/2015	27/04/2015	04/08/2015	27/10/2015	25/01/2016	18/04/2016	03/10/2016	10/07/2017	25/09/2017
1141	2,4-D (µg/L)	0,64	0,02	0,03	<0,02(lq)	0,1	0,03	<0,02(lq)	0,008	0,005
1221	Métolachlore (µg/L)	0,046	<0,01(lq)	<0,01(lq)	<0,01(lq)	0,014	<0,01(lq)	<0,01(lq)	<0,005(lq)	<0,005(lq)

Le 2,4D est régulièrement quantifié dans l'étang du Gol. Toutefois cette substance ne dépasse pas la NQE MA établie pour les eaux continentales. De plus le 2,4D est quantifié dans des proportions de plus en plus faibles sur la période de 2015 à 2017. Le métolachlore, un autre herbicide, est quantifié à deux reprises.

Sur la base de ces éléments nous proposons de conclure à un bon état pour les polluants spécifiques de l'état écologique d'intérêt pour les eaux de transition de La Réunion.

3.1.3.2.2 Evaluation de l'état des eaux du Gol selon les PSEE recommandés pour les eaux douces de surface

Le guide d'évaluation de l'état des eaux de surface continentales précise que le calcul s'effectue sur les données issues de 4 opérations de contrôle. La recherche est effectuée pour les étangs sur les six dernières années calendaires précédant l'année d'évaluation et on retient la moyenne annuelle de l'année la plus récente disponible.

En raison d'un biais lié à la fraction analysée des polluants spécifiques non synthétiques (métaux totaux à la place de métaux dissous) les données antérieures à 2016 ne sont pas prises en compte. En 2017, pour des raisons liées aux contraintes des marchés publics, nous n'avons pu mettre en œuvre que trois suivis. Ainsi nous effectuerons la recherche sur seulement deux années (2016 et 2017) pour les métaux et sur 6 années (de 2012 à 2017) pour les substances synthétiques. Nous nous baserons sur les moyennes des moyennes annuelles pour relativiser les résultats obtenus et apprécier l'état au regard des seuils prescrits pour l'état des eaux de surfaces continentales 2019.

Tableau 21 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE dans l'étang du Gol aux normes de qualités environnementales moyennes annuelles (NQE-MA) 2019

NOM Paramètre	CODE SANDRE	NQE-MA 2019	Moyenne annuelle en µg/L						Moyenne des moyennes annuelles		
			2012	2013	2014	2015	2016	2017			
Zinc	1383	7,8	biais lié à la fraction analysée						4,5	1,225	2,8625
Arsenic	1369	0,83							0,425	0,335	0,38
Chrome	1389	3,4							0,475	0,17	0,3225
Cuivre	1392	1							1,7	0,545	1,1225
Chlortoluron	1136	0,1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Oxadiazon	1667	0,09	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		
2,4 D	1141	2,2	0,01175	0,0375	0,02	0,175	0,047	0,0065	0,0496		
2,4 MCPA	1212	0,5	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Linuron	1209	1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		

Sur la base des substances suivies et des normes de qualité environnementales, on constate un dépassement de seuils pour les données de cuivre en 2016 ainsi que pour sa moyenne des moyennes annuelles (MMA) évaluées sur les valeurs 2016-2017.

Selon de la NQE-MA du Cuivre fixée à 1µg/L on peut conclure d'un point de vue réglementaire au non très bon état des PSEE. Au regard des informations disponibles à ce jour, il conviendrait d'une part de préciser les impacts anthropiques (mesure des rejets de cuivre de la station d'épuration et d'industries, sources agricoles, etc.) par rapport aux pressions cumulées qui sont très importantes sur l'étang et d'autre part de rechercher l'influence possible du fond géochimique sur les valeurs mesurées.

3.1.3.2.3 Progrès accomplis et effet thermomètre

Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021

Ce bilan intermédiaire du second cycle est basé sur l'évaluation de l'état au regard des PSEE réalisé pour l'état des eaux 2015 et comparé au bilan des évaluations faites pour cet état des lieux aux chapitres 3.1.3.2.1. et 3.1.3.2.2.

On rappelle ici un biais lié à la fraction analysée des polluants spécifiques non synthétiques (métaux totaux à la place de métaux dissous) pour l'état des eaux 2015. Pour mémoire, ce biais avait soulevé un doute sur le déclassement de l'étang du Gol en raison des teneurs en Zinc et en Cuivre élevées. Il avait été proposé à l'époque de classer cette masse d'eau en bon état au regard des PSEE.

Tableau 22 : Bilan intermédiaire des PSEE à l'étang du Gol

Période de suivi	PSEE	Paramètre déclassant
Etat des eaux 2015 (année 2013)	Bon état	
Etat des lieux 2019 (bilan évaluation eaux côtières et eaux de surfaces continentales)	Non très bon état	Cuivre

Mesure de l'effet des changements de règles d'évaluation entre 2015 et 2019

Tableau 23 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE du Gol aux normes de qualités environnementales moyennes annuelles de 2015

NOM Paramètre	CODE SANDRE	NQE- MA 2015	Moyenne annuelle en µg/L						Moyenne des moyennes annuelles		
			2012	2013	2014	2015	2016	2017			
Zinc	1383	3,1	biais lié à la fraction analysée						4,5	1,225	2,8625
Arsenic	1369	4,2							0,425	0,335	0,38
Chrome	1389	3,4							0,475	0,17	0,3225
Cuivre	1392	1,4							1,7	0,545	1,1225
Chlortoluron	1136	0,1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Oxadiazon	1667	0,09	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		
2,4 D	1141	2,2	0,01175	0,0375	0,02	0,175	0,047	0,0065	0,0496		
2,4 MCPA	1212	0,5	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Linuron	1209	1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		

Si l'on se base sur les normes de qualité environnementales définies pour les PSEE en 2015, la NQE-MA définie pour le Zinc était moins élevée que celle pour l'état des lieux 2019. Ainsi les concentrations évaluées en 2016 dépassent ce seuil.

La norme de qualité environnementale utilisée pour le cuivre pour l'évaluation de l'état des eaux 2015 était légèrement supérieure à celle de 2019. Malgré cela, la moyenne annuelle des quantifications de cuivre dépasse le seuil en 2016 ce qui n'est pas le cas de la moyenne des moyennes annuelles. Aussi, l'évolution du seuil pour le cuivre a une incidence sur l'évaluation de 2019 pour les PSEE.

3.2 L'état hydromorphologique

Aucune des masses d'eau de transition de La Réunion n'étant identifiées en très bon état, l'évaluation de la qualité hydromorphologique n'interviendra pas comme facteur discriminant.

Toutefois, sur la base des travaux existants, de la connaissance des étangs et de leurs bassins versant, nous proposons ci-après un état hydromorphologique établi à dire d'expert. Cette proposition d'état hydromorphologique pourrait servir aux travaux futurs pour le SDAGE et le prochain état des eaux afin d'évaluer d'éventuels changements d'état hydromorphologique au sein de l'étang du Gol et de l'étang de Saint-Paul.

3.2.1 Évaluation de l'état hydromorphologique de l'étang de Saint-Paul

L'étang de Saint-Paul se trouve en bordure littorale de la commune de Saint-Paul. La zone humide qui le borde est circonscrite par la route du Tour des Roches et la route digue de Saint-Paul (RN1). L'étang est alimenté par l'émergence de sources souterraines le long du Tour des Roches (les principales étant la source du Moulin, salée et celle de Champcourt, douce) et par des ravines non pérennes, en eau uniquement lors des événements cycloniques ou de très fortes pluies (ANTEA, 2001). Le bassin versant de l'étang de Saint-Paul couvre une surface de 106.3 km². Le niveau du plan d'eau est fonction du degré d'ouverture du cordon littoral et du niveau d'obstruction des canaux

d'écoulement (Comité de Bassin de la Réunion, 2013). La profondeur du plan d'eau libre n'excède pas 4 m (ASCONIT, 2009).

Les ouvertures fréquentes du cordon dunaire induisent une diminution importante du niveau de l'étang dans les zones les plus profondes et un assèchement des zones les moins profondes. Ces phénomènes ont très certainement un impact négatif sur les espèces qui peuplent l'étang, notamment les berges et sur l'installation des espèces de poissons et de crustacés diadromes¹⁹.

La salinité des captages fermés autour de l'étang est redescendue et il est à nouveau envisagé de les exploiter. Cette situation témoigne d'un rechargement bénéfique des nappes, suivi d'un reflux du biseau salé. Des seuils ont été définis en fonction de la capacité des nappes à être exploitées afin d'éviter les problèmes de salinisation des nappes cette fois-ci.

La réhabilitation des canaux peut être considérée comme une action de gestion bénéfique sur le fonctionnement hydrologique de l'étang. Au-delà de son effet positif sur le rétablissement des espèces indigènes dans des secteurs dégradés et dominés par les espèces exotiques envahissantes²⁰ elle a très certainement également permis d'améliorer la fonctionnalité de l'étang et de ses canaux en matière de prévention des inondations (effet tampon et drainage).

On peut donc conclure à un état hydromorphologique moyen de l'étang de Saint-Paul. Il est à surveiller car il pourrait être amené à s'améliorer dans les années à venir grâce aux actions de gestion du GIP Réserve Naturelle Nationale de Saint-Paul.

En complément aux recherches bibliographiques utilisées pour étayer le dire d'expert, nous avons réalisé une analyse des risques d'altération grâce au RHUM (référentiel hydromorphologique ultra marin étangs côtiers en annexe 6). Il est à noter que le risque d'altération du paramètre quantité prend en compte la présence de surfaces irriguées aux alentours. Ce paramètre est déclassant pour l'état de la masse d'eau de Saint-Paul. Au regard de la pression faible qu'exerce l'irrigation aux alentours de l'étang nous proposons de ne pas prendre en compte ce paramètre dans l'évaluation de l'état hydromorphologique. Il est à noter que le traitement des données du RHUM fait ressortir pour le bassin versant une forte artificialisation jusqu'à environ 1300m d'altitude, un tissu urbain discontinu, des zones industrielles et commerciales, de la culture cannière jusqu'à environ 900m, puis entre 900 et 1300m des prairie et des surface agricoles interrompue par des espaces naturels. Ces éléments concourent à dresser un état hydromorphologique moyen selon le référentiel RHUM et confirment l'analyse à dire d'expert réalisée à partir de la bibliographie.

3.2.2 Évaluation de l'état hydromorphologique de l'étang du Gol

L'étang du Gol se trouve en bordure littorale des communes de Saint-Louis et d'Étang salé. Il est situé en contrebas de la planèze des Makes. Il est alimenté par les nappes

¹⁹ Evaluation qualitative et quantitative du recrutement post-larvaire des espèces de poissons et de macrocrustacés diadromes sur l'étang de Saint-Paul.

²⁰ Suivi des peuplements de macro-crustacés au sein de la Réserve Naturelle Nationale de l'Étang de Saint-Paul.

souterraines et par deux ravines non pérennes, la ravine du Gol et la ravine Maniron, en eau uniquement lors de fortes pluies. Le bassin versant couvre une surface de 97,2 km². Le cordon littoral qui sépare l'étang de la mer est constitué de galets et de sables. Il forme une digue naturelle qui empêche la vidange de l'étang. Ce cordon peut être détruit par de fortes crues, par la houle ou par l'action de l'homme (Comité de Bassin de la Réunion, 2013). La profondeur du plan d'eau libre n'excède pas 2,5 m (OCEA Consult' et ANTEA group, 2014).

Les rejets des effluents de la station d'épuration du Gol, constitueraient la principale source d'apports d'eau douce à l'étang (à plus de 90% selon les estimations) (OCEA Consult' et ANTEA group, 2014). Le BRGM fait état dans un rapport de janvier 2014 « qu'à l'état naturel les niveaux piézométriques de la nappe du Gol étaient plus hauts d'environ 1,5 mètres. A cette côte, la nappe était drainée par la ravine Maniron, avec un écoulement pérenne vers l'étang »²¹. On peut donc supposer que l'étang est toujours alimenté par la nappe mais certainement dans une moindre mesure que par le passé.

Ces éléments nous permettent de conclure à un état hydromorphologique moyen.

En complément aux recherches bibliographiques utilisées pour étayer le dire d'expert, nous avons également réalisé une analyse des risques d'altération par la méthode RHUM. Comme pour l'étang de Saint Paul, nous n'avons pas tenu compte du paramètre quantité. Pour l'étang du Gol il ressort une forte présence de surface artificialisée avec un tissu urbain discontinu de 0 à 300m et de 800 à 950m le village des Makes, des champs de canne à sucre jusqu'à environ 700m, des zones industrielles et commerciales sur le pourtour littoral (à une altitude inférieure à 100m), des zones agricoles interrompue par des espaces naturelles de 900m à environ 1500m au-dessus des Makes. Selon le référentiel RHUM, ces éléments concourent à dresser un état hydromorphologique moyen et confirment l'analyse à dire d'expert réalisée à partir de la bibliographie.

3.3 Synthèse de l'état écologique 2019 et niveau de confiance

3.3.1 Règles d'agrégation entre paramètres et éléments de qualité de l'état écologique pour les eaux côtières

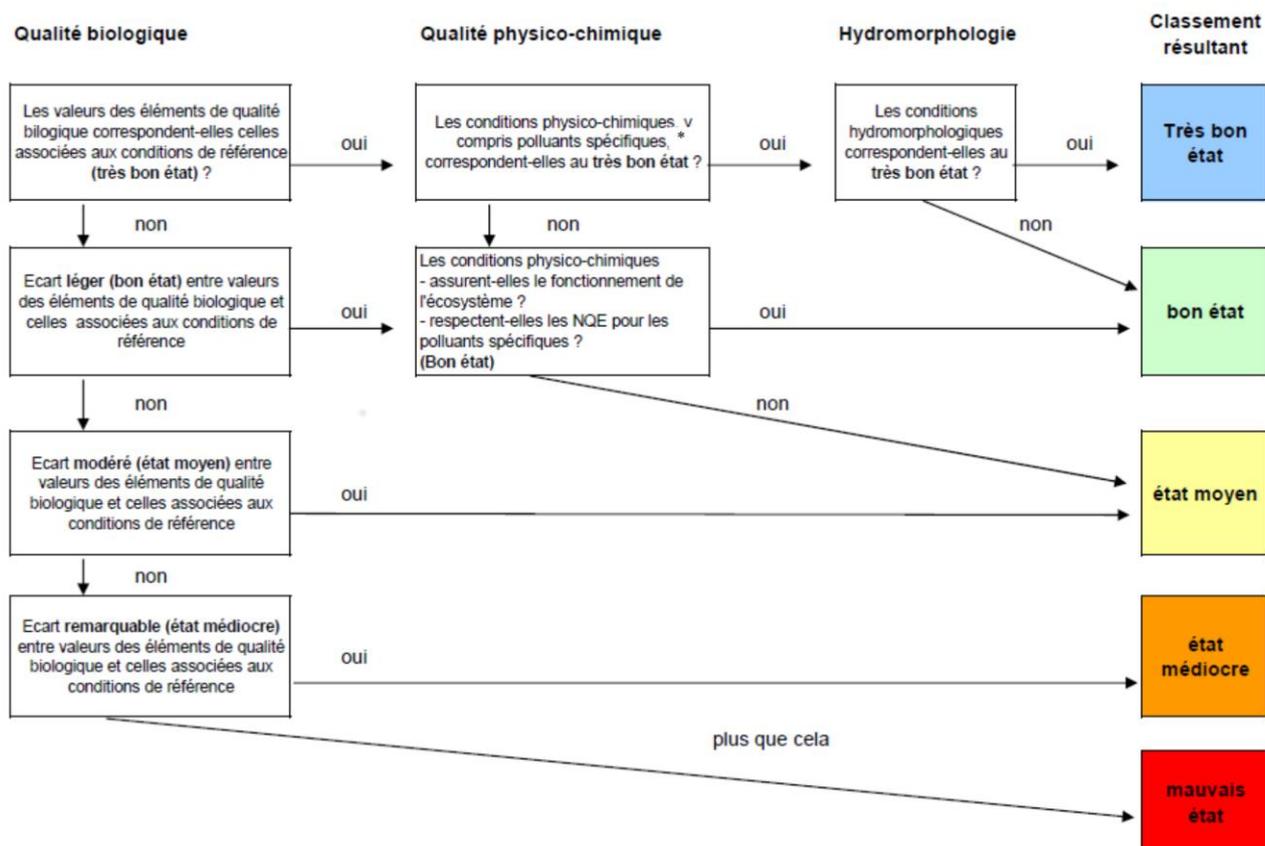
Selon les termes de la DCE, lorsque les valeurs-seuils des différents éléments sont établies conformément aux prescriptions de la DCE, la règle d'agrégation qui s'impose est celle du **principe de l'élément le plus déclassant, au niveau de l'élément de qualité**.

Le rôle des différents éléments de qualité (biologiques, physico-chimiques et hydromorphologiques) dans la classification de l'état écologique est différent pour la classification en état écologique très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais.

²¹ BRGM, 2014. Définition par modélisation des recommandations de pompage pour les puits du Gol. 55 p.

Le **schéma** suivant indique les **rôles respectifs des éléments de qualité** biologiques, physico-chimiques et hydromorphologiques **dans la classification de l'état écologique**, conformément aux termes de la DCE.

La règle d'agrégation des éléments de qualité pertinents pour le type de masse d'eau considéré, dans la classification de l'état écologique, est celle du principe de l'élément de qualité déclassant. Le schéma suivant (Figure 9) indique les rôles respectifs des éléments de qualité biologique, physico-chimiques et hydromorphologiques dans la classification de



l'état écologique.

Figure 9 : arbre d'évaluation de l'état écologique des eaux

L'attribution d'une classe d'état écologique « **très bon** » ou « **bon** » est déterminée par les valeurs des contrôles des éléments **biologiques, physico-chimiques** (paramètres physico-chimiques généraux et substances spécifiques de l'état écologique) sur les éléments de qualité pertinents pour le type de masse d'eau considéré, et **hydromorphologiques** dans le cas où tous les éléments biologiques et physicochimiques correspondent au très bon état.

Ainsi, en particulier, lorsqu'au moins un élément de qualité biologique est en état moyen, médiocre ou mauvais, les éléments de qualité physico-chimiques n'ont pas d'incidence sur le classement de l'état écologique. Dans ce cas, la classe d'état attribuée est celle de **l'élément de qualité biologique le plus déclassant**.

3.3.2 Règles d'attribution du niveau de confiance

Le niveau de confiance est déterminé globalement pour l'état écologique attribué à une masse d'eau littorale (eaux côtières et de transition), tous éléments de qualité confondus et non, élément de qualité par élément de qualité. Trois niveaux de confiance sont possibles : 3 (élevé), 2 (moyen) 1 (faible).

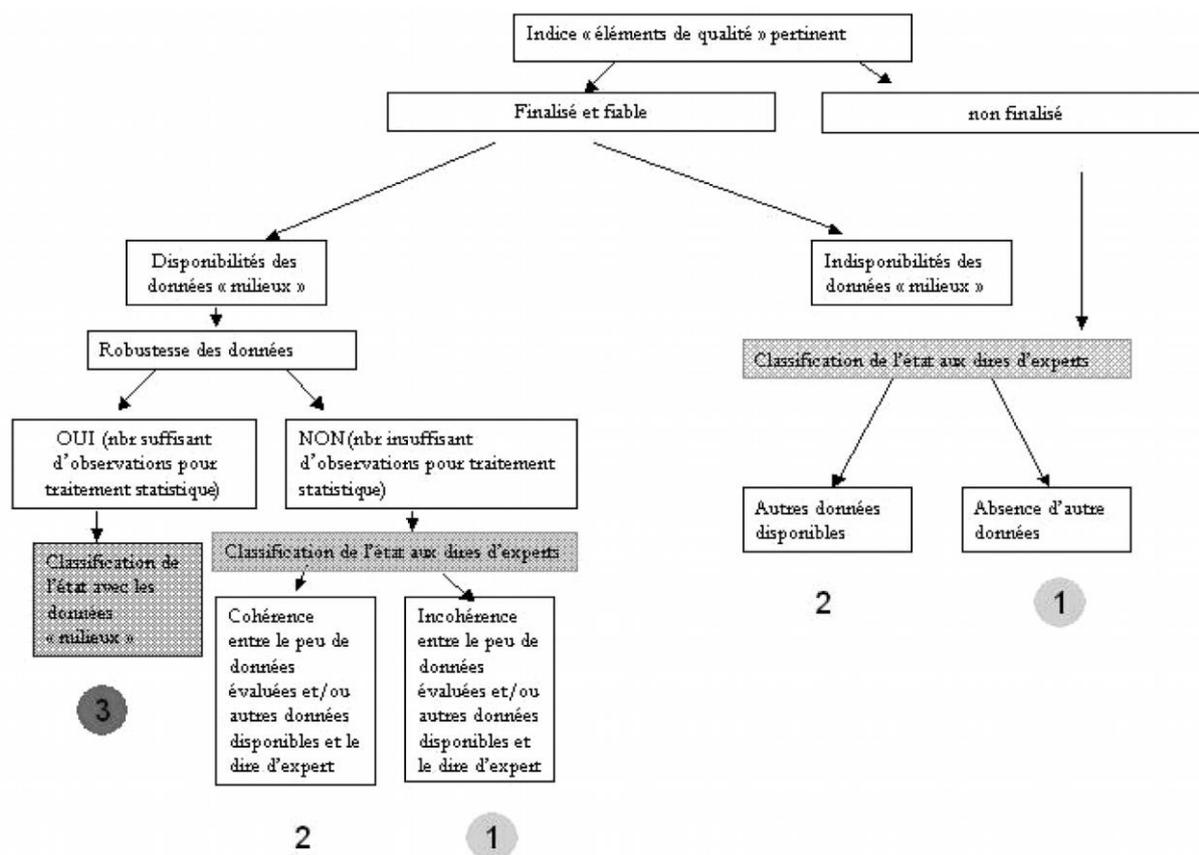


Figure 10 : Principes généraux d'attribution d'un niveau de confiance à l'évaluation de l'état écologique des masses d'eaux littorales

En l'absence d'indices définis spécifiquement pour les eaux de transitions mais en raison d'une grande quantité de données et d'études disponibles nous pouvons attribuer à un niveau de confiance moyen à l'évaluation de l'état écologique des étangs du Gol et de Saint-Paul.

3.3.3 Synthèse de l'état écologique

Tableau 24 : Synthèse de l'état écologique 2019 des masses d'eau de transition et niveau de confiance

Masse d'eau*	Nom	Etat biologique	Etat physico-chimique	PSEE	Etat hydromorphologique	Etat écologique	Niveau de confiance
--------------	-----	-----------------	-----------------------	------	-------------------------	-----------------	---------------------

FRL02	Etang du Gol	Mauvais	Moyen	Non très bon état (cuivre)	Moyen	Mauvais	Moyen
FRL03	Etang Saint Paul	Moyen	Moyen	Bon	Moyen	Moyen	Moyen

*code masse d'eau temporaire

Pour l'évaluation de l'état écologique, pour tous les types de masses d'eau, la DCE prévoit que l'évaluation de l'état physico-chimique se fasse uniquement selon 3 classes : très bon/bon/moyen, les états médiocres et mauvais n'étant pas prévus (cf. l'arrêté d'évaluation 2018, Tab 11, § 2.3.3). Ainsi, l'état physico-chimique, qu'il est demandé de suivre en tant que "support à la biologie", ne peut pas déclasser l'état biologique au-delà de l'état moyen. Par conséquent, l'état écologique de St-Paul sera qualifié de **moyen**, au regard de son état biologique, à la place de médiocre.

3.4 Evaluation de l'état chimique des eaux de transition de La Réunion

Des seuils sont établis spécifiquement pour les eaux douces, les eaux saumâtres et marines. Les étangs du Gol et de Saint-Paul de par leur interface entre les eaux continentales et les eaux côtières peuvent connaître de fortes variations de leur salinité. Naturellement, ils sont peuplés d'espèces amphihalines. Au regard de ces particularités, nous proposons pour définir l'état chimique de ces masses d'eau, d'appliquer les NQE (normes de qualités environnementales) les plus contraignantes, à savoir celles définies pour les eaux saumâtres et marines pour la majorité des paramètres et les NQE définies pour les eaux superficielles pour le Plomb et le Nickel.

L'état chimique est évalué sur la base des résultats d'analyse comparés aux NQE-MA (moyennes annuelles) et les NQE-CMA (concentrations maximales admissibles). Le guide REEE EL²² préconise pour les eaux côtières et de transition, de comparer la moyenne des 3 années de suivi les plus récentes aux NQE MA. Lorsque le paramètre a été quantifié au moins une fois au cours de l'année la plus récente de suivi, on compare la concentration maximale mesurée à la NQE-CMA. Si la limite de quantification maximale est supérieure à la NQE (MA et CMA), le résultat non quantifié n'est pas pris en compte dans l'évaluation de l'état chimique.

3.4.1 Les substances de l'état chimique

Une liste de substances dites prioritaires a été dressée dans le cadre de la DCE²³. Elle comprend 45 substances ou groupe de substances dont 20 dites substances dangereuses prioritaires (figurées **en gras** dans le tableau 13). Cette liste regroupe les NQE définies et ou connues pour les eaux de surfaces intérieures, côtières et de transition. C'est sur la base des NQE les plus contraignantes la plupart du temps celles définies pour les eaux côtières et de transition, que nous proposons d'évaluer l'état chimique des eaux de transitions de La Réunion.

Tableau 25 : Liste des polluants et normes environnementales correspondantes. Les substances indiquées en gras sont les substances dangereuses prioritaires. MA : moyenne annuelle. CMA : concentration maximale admissible. SDP : substance dangereuse prioritaire. SO : sans objet. Unités : eau [$\mu\text{g/l}$]

No	Code Sandre	Nom de la substance	Numéro CAS (1)	NQE-MA (2) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-MA (2) Eaux côtières et de transition	NQE-CMA (4) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-CMA (4) Eaux côtières et de transition	NQE Biote (12)	VGE mollusques (17)
(1)	1101	Alachlore	15972-60-8	0,3	0,3	0,7	0,7		
(2)	1458	Anthracène	120-12-7	0,1	0,1	0,1	0,1		173
(3)	1107	Atrazine	1912-24-9	0,6	0,6	2,0	2,0		

²² Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales dans le cadre de la DCE

²³ Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement

No	Code Sandre	Nom de la substance	Numéro CAS (1)	NQE-MA (2) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-MA (2) Eaux côtières et de transition	NQE-CMA (4) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-CMA (4) Eaux côtières et de transition	NQE Biote (12)	VGE mollusques (17)
(4)	1114	Benzène	71-43-2	10	8	50	50		
(5)	7705	Diphényléthers bromés (5)	32534-81-9			0,14	0,014	0,0085	
(6)	1388	Cadmium et ses composés (suivant les classes de dureté de l'eau) (6)	7440-43-9	≤ 0,08 (classe 1) 0,08 (classe 2) 0,09 (classe 3) 0,15 (classe 4) 0,25 (classe 5)	0,2	≤ 0,45 (classe 1) 0,45 (classe 2) 0,6 (classe 3) 0,9 (classe 4) 1,5 (classe 5)	≤ 0,45 (classe 1) 0,45 (classe 2) 0,6 (classe 3) 0,9 (classe 4) 1,5 (classe 5)		572
(6 bis)	1276	Tétrachlorure de carbone (7)	56-23-5	12	12	sans objet	sans objet		
(7)	1955	Chloroalcanes C10-13 (8)	85535-84-8	0,4	0,4	1,4	1,4		
(8)	1464	Chlorfenvinphos	470-90-6	0,1	0,1	0,3	0,3		30,9
(9)	1083	Chlorpyrifos (éthylchlorpyri fos)	2921-88-2	0,03	0,03	0,1	0,1		10,32
(9 bis)	5534	Pesticides cyclodiènes: Aldrine (7) Dieldrine (7) Endrine (7) Isodrine (7)	309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6	Σ = 0,01	Σ = 0,005	sans objet	sans objet		
(9 ter)	7146	DDT total (7), (9)	sans objet	0,025	0,025	sans objet	sans objet		1282
	1148	para-para- DDT (7)	50-29-3	0,01	0,01	sans objet	sans objet		
(10)	1161	1,2-dichloroéthane	107-06-2	10	10	sans objet	sans objet		
(11)	1168	Dichlorométhane	75-09-2	20	20	sans objet	sans objet		
(12)	6616	Di(2-ethyl hexyle)-phthalate (DEHP)	117-81-7	1,3	1,3	sans objet	sans objet		2920
(13)	1177	Diuron	330-54-1	0,2	0,2	1,8	1,8		
(14)	1743	Endosulfan	115-29-7	0,005	0,0005	0,01	0,004		
(15)	1191	Fluoranthène	206-44-0	0,0063	0,0063	0,12	0,12	30	
(16)	1199	Hexachlorobenzène	118-74-1			0,05	0,05	10	
(17)	1652	Hexachlorobutadiène	87-68-3			0,6	0,6	55	
(18)	5537	Hexachlorocyclohexane	608-73-1	0,02	0,002	0,04	0,02		0,28

No	Code Sandre	Nom de la substance	Numéro CAS (1)	NQE-MA (2) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-MA (2) Eaux côtières et de transition	NQE-CMA (4) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-CMA (4) Eaux côtières et de transition	NQE Biote (12)	VGE mollusques (17)
		clohexane							
(19)	1208	Isoproturon	34123-59-6	0,3	0,3	1,0	1,0		
(20)	1382	Plomb et ses composés	7439-92-1	1,2 (13)	1,3	14	14		
(21)	1387	Mercure et ses composés	7439-97-6			0,07	0,07	20	
(22)	1517	Naphtalène	91-20-3	2	2	130	130		214
(23)	1386	Nickel et ses composés	7440-02-0	4 (13)	8,6	34	34		
(24)	1958	Nonylphénols (4-nonylphénol)	84852-15-3	0,3	0,3	2,0	2,0		344
(25)	1959	Octylphénols (4-(1,1',3,3'-tétraméthyl-butyl)-phénol)	140-66-9	0,1	0,01	sans objet	sans objet		2,29
(26)	1888	Pentachlorobenzène	608-93-5	0,007	0,0007	sans objet	sans objet		2,29
(27)	1235	Pentachlorophénol	87-86-5	0,4	0,4	1	1		41,6
(28)		Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (11)	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet		
	1115	Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,7 × 10 ⁻⁴	1,7 × 10 ⁻⁴	0,27	0,027	5	
	1116	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	voir note 11	voir note 11	0,017	0,017	voir note 11	
	1117	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	voir note 11	voir note 11	0,017	0,017	voir note 11	
	1118	Benzo(g,h,i)perylène	191-24-2	voir note 11	voir note 11	8,2 × 10 ⁻³	8,2 × 10 ⁻⁴	voir note 11	
	1204	Indeno(1,2,3-cd)-pyrène	193-39-5	voir note 11	voir note 11	sans objet	sans objet	voir note 11	
(29)	1263	Simazine	122-34-9	1	1	4	4		
(29 bis)	1272	Tétrachloroéthylène (7)	127-18-4	10	10	sans objet	sans objet		
(29 ter)	1286	Trichloroéthylène (7)	79-01-6	10	10	sans objet	sans objet		
(30)	2879	Composés du tributylétain (tributylétain-cation)	36643-28-4	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015		

No	Code Sandre	Nom de la substance	Numéro CAS (1)	NQE-MA (2) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-MA (2) Eaux côtières et de transition	NQE-CMA (4) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-CMA (4) Eaux côtières et de transition	NQE Biote (12)	VGE mollusques (17)
(31)	1774	Trichlorobenzène	12002-48-1	0,4	0,4	sans objet	sans objet		100,4
(32)	1135	Trichlorométhane	67-66-3	2,5	2,5	sans objet	sans objet		
(33)	1289	Trifluraline	1582-09-8	0,03	0,03	sans objet	sans objet		116
(34)	1172	Dicofol	115-32-2	1,3 × 10 ⁻³	3,2 × 10 ⁻⁵	sans objet (10)	sans objet (10)	33	
(35)	6561	Acide perfluorooctanesulfonique et ses dérivés (perfluorooctanesulfonate PFOS)	45298-90-6	6,5 × 10 ⁻⁴	1,3 × 10 ⁻⁴	36	7,2	9,1	
(36)	2028	Quinoxyfène	124495-18-7	0,15	0,015	2,7	0,54		
(37)	7707	Dioxines et composés de type dioxine (15)				sans objet	sans objet	Somme de PCDD + PCDF + PCB-TD 0,0065 µg.kg ⁻¹ TEQ (14)	
(38)	1688	Aclonifène	74070-46-5	0,12	0,012	0,12	0,012		
(39)	1119	Bifénox	42576-02-3	0,012	0,0012	0,04	0,004		
(40)	1935	Cybutryne	28159-98-0	0,0025	0,0025	0,016	0,016		
(41)	1140	Cyperméthrine	52315-07-8	8 × 10 ⁻⁵	8 × 10 ⁻⁶	6 × 10 ⁻⁴	6 × 10 ⁻⁵		
(42)	1170	Dichlorvos	62-73-7	6 × 10 ⁻⁴	6 × 10 ⁻⁵	7 × 10 ⁻⁴	7 × 10 ⁻⁵		
(43)	7128	Hexabromocyclododécane (HBCDD) (16)		0,0016	0,0008	0,5	0,05	167	
(44)	7706	Heptachlore et époxyde d'heptachlore	76-44-8/ 1024-57-3	2 × 10 ⁻⁷	1 × 10 ⁻⁸	3 × 10 ⁻⁴	3 × 10 ⁻⁵	6,7 × 10 ⁻³	
(45)	1269	Terbutryne	886-50-0	0,065	0,0065	0,34	0,034		

(1) CAS: Chemical Abstracts Service.

(2) Ce paramètre est la norme de qualité environnementale exprimée en valeur moyenne annuelle (NQE-MA). Sauf indication contraire, il s'applique à la concentration totale de tous les isomères.

(3) Les eaux de surface intérieures comprennent les rivières et les lacs et les masses d'eau artificielles ou fortement modifiées qui

No	Code Sandre	Nom de la substance	Numéro CAS (1)	NQE-MA (2) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-MA (2) Eaux côtières et de transition	NQE-CMA (4) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-CMA (4) Eaux côtières et de transition	NQE Biote (12)	VGE mollusques (17)
----	-------------	---------------------	----------------	--	---	---	--	----------------	---------------------

y sont reliées.

(4) Ce paramètre est la norme de qualité environnementale exprimée en concentration maximale admissible (NQE-CMA). Lorsque les NQE-CMA sont indiquées comme étant "sans objet", les valeurs retenues pour les NQE-MA sont considérées comme assurant une protection contre les pics de pollution à court terme dans les rejets continus, dans la mesure où elles sont nettement inférieures à celles définies sur la base de la toxicité aiguë.

(5) Pour le groupe de substances prioritaires dénommé "Diphényléthers bromés" (n°5), les NQE renvoient à la somme des concentrations des congénères portant les numéros 28, 47, 99, 100, 153 et 154.

(6) Pour le cadmium et ses composés (n° 6), les valeurs retenues pour les NQE varient en fonction de la dureté de l'eau telle que définie suivant les cinq classes suivantes: classe 1: < 40 mg CaCO₃ /l; classe 2: 40 à < 50 mg CaCO₃ /l; classe 3: 50 à < 100 mg CaCO₃ /l; classe 4: 100 à < 200 mg CaCO₃ /l et classe 5: ≥ 200 mg CaCO₃ /l.

(7) Cette substance n'est pas une substance prioritaire mais un des autres polluants pour lesquels les NQE sont identiques à celles définies dans la législation qui s'appliquait avant le 13 janvier 2009.

(8) Aucun paramètre indicatif n'est prévu pour ce groupe de substances. Le ou les paramètres indicatifs doivent être déterminés par la méthode d'analyse.

(9) Le DDT total comprend la somme des isomères suivants: 1,1,1-trichloro-2,2 bis (p-chlorophényl)éthane (n° CAS: 50-29-3; n° UE: 200-024-3); 1,1,1-trichloro-2 (o-chlorophényl)-2-(p-chlorophényl)éthane (n° CAS: 789-02-6; n° UE: 212-332-5); 1,1-dichloro-2,2 bis (p-chlorophényl)éthylène (n° CAS: 72-55-9; n° UE: 200-784-6); et 1,1-dichloro-2,2 bis (p-chlorophényl)éthane (n° CAS: 72-54-8; n° UE: 200-783-0).

(10) Les informations disponibles ne sont pas suffisantes pour établir une NQE-CMA pour ces substances.

(11) Pour le groupe de substances prioritaires dénommé "hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)" (n° 28), la NQE pour le biote et la NQE-MA dans l'eau correspondante se rapportent à la concentration de benzo(a)pyrène, sur la toxicité duquel elles sont fondées. Le benzo(a)pyrène peut être considéré comme un marqueur des autres HAP et, donc, seul le benzo(a)pyrène doit faire l'objet d'une surveillance aux fins de la comparaison avec la NQE pour le biote ou la NQE-MA dans l'eau correspondante.

(12) Sauf indication contraire, la NQE pour le biote se rapporte aux poissons. En lieu et place, un autre taxon de biote, ou une autre matrice, peut faire l'objet de la surveillance pour autant que la NQE appliquée assure un niveau de protection équivalent. Pour les substances nos 15 (fluoranthène) et 28 (HAP), la NQE pour le biote se rapporte aux crustacés et mollusques. Aux fins de l'évaluation de l'état chimique, la surveillance du fluoranthène et des HAP chez les poissons n'est pas appropriée. Pour la substance n° 37 (dioxines et composés de type dioxine), la NQE pour le biote se rapporte aux poissons, crustacés et mollusques, en conformité avec l'annexe, section 5.3, du règlement (UE) n° 1259/2011 de la Commission du 2 décembre 2011 modifiant le règlement (CE) n° 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en dioxines, en PCB de type dioxine et en PCB autres que ceux de type dioxine des denrées alimentaires (JO L 320 du 3.12.2011, p. 18).

(13) Ces NQE se rapportent aux concentrations biodisponibles des substances.

(14) PCDD: dibenzo-p-dioxines polychlorées; PCDF: dibenzofurannes polychlorés; PCB-TD: biphényles polychlorés de type dioxine; TEQ: équivalents toxiques conformément aux facteurs d'équivalence toxique 2005 de l'Organisation mondiale de la santé..

(15) Se rapporte aux composés suivants:

sept dibenzo-p-dioxines polychlorées (PCDD): 2,3,7,8-T4CDD (n° CAS 1746-01-6), 1,2,3,7,8-P5CDD (n° CAS 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDD (n° CAS 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-H6CDD (n° CAS 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-H6CDD (n° CAS 19408-74-3), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD (n° CAS 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD (n° CAS 3268-87-9); dix dibenzofurannes polychlorés (PCDF): 2,3,7,8-T4CDF (CAS 51207-31-9), 1,2,3,7,8-P5CDF (CAS 57117-41-6), 2,3,4,7,8-P5CDF (CAS 57117-31-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDF (CAS 70648-26-9), 1,2,3,6,7,8-H6CDF (CAS 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-H6CDF (CAS 72918-21-9), 2,3,4,6,7,8-H6CDF (CAS 60851-34-5), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF (CAS 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF (CAS 55673-89-7), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF (CAS 39001-02-0)

douze biphényles polychlorés de type dioxine (PCB-TD): 3,3',4,4'-T4CB (PCB 77, n° CAS 32598-13-3), 3,3',4',5'-T4CB (PCB 81, n° CAS 70362-50-4), 2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105, n° CAS 32598-14-4), 2,3,4,4',5'-P5CB (PCB 114, n° CAS 74472-37-0), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 118, n° CAS 31508-00-6), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123, n° CAS 65510-44-3), 3,3',4,4',5'-P5CB (PCB 126, n° CAS 57465-28-8), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 156, n° CAS 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157, n° CAS 69782-90-7), 2,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 167, n° CAS 52663-72-6), 3,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 169, n° CAS 32774-16-6), 2,3,3',4,4',5,5'-H7CB (PCB 189, n° CAS 39635-31-9).

(16) Se rapporte à l'α-hexabromocyclododécane (n° CAS: 134237-50-6), au β-Hexabromocyclododécane (n° CAS 134237-51-7) et

No	Code Sandre	Nom de la substance	Numéro CAS (1)	NQE-MA (2) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-MA (2) Eaux côtières et de transition	NQE-CMA (4) Eaux de surface intérieures (3)	NQE-CMA (4) Eaux côtières et de transition	NQE Biote (12)	VGE mollusques (17)
au γ - hexabromocyclododécane (n° CAS 134237-52-8)..									
(17) Valeurs Guides Environnementales proposées par l'Ifremer pour l'évaluation de l'état chimique des eaux littorales.									

3.4.2 Évaluation de l'état chimique de l'étang de Saint-Paul

La moyenne des moyennes annuelles des années 2015, 2016 et 2017 a été comparée aux NQE-MA fixées pour les eaux de transitions (à l'exception du plomb et du nickel dont les seuils fixés pour les eaux douces sont plus contraignants). Il n'a été constaté aucun dépassement de seuils (annexe 7). Il est important de mentionner tout de même que les méthodes analytiques employées par les laboratoires ayant réalisé ces analyses permettent d'atteindre des limites de quantification inférieures au NQE-MA pour 29 substances sur les 43 substances de l'état chimiques suivies disposant d'une NQE-MA.

Les concentrations maximales de l'année 2015, 2016 et 2017 ont été comparées aux NQE-CMA fixées pour les eaux de transition. Il n'a pas été constaté de dépassement de seuils (annexe 7). Dans ce cas, les contraintes analytiques ont permis d'atteindre des limites de quantification inférieures aux NQE-CMA pour 25 substances sur les 32 substances de l'état chimiques suivies disposant d'une NQE-CMA.

En dehors des faibles quantifications de substances de l'état chimique, on note seulement 4 quantifications de micropolluants organiques sur la période de 2015 à 2017.

Tableau 26 : Micropolluants organique (hors substances de l'état chimique) quantifiés sur la période 2015-2017 dans l'étang de Saint-Paul

Substance	Code SANDRE	27/10/15	10/07/17	25/09/17
AMPA ($\mu\text{g/L}$)	1907	0,07		0,03
Xylène-ortho ($\mu\text{g/L}$)	1292			0,04
Fipronil sulfone ($\mu\text{g/L}$)	6260		0,031	

Les quantifications de micropolluants minéraux (hors PSEE et substances de l'état chimique) sont plus importantes. Il faut considérer que les métaux étaient recherchés avant 2016 sur la fraction totale (prélèvements non filtrés) et depuis sur la fraction dissoute uniquement (échantillons filtrés). Les données antérieures à 2016 ne sont donc pas prises en compte. Comme évoquées précédemment, ces présences pourraient être en partie associées au fond géochimique²⁴. Toutefois, les variations importantes et les concentrations régulièrement mesurées confirment l'origine partiellement anthropique de certaines de ces substances.

Au regard de ces différentes analyses, nous proposons de conclure à un bon état chimique des eaux de l'étang de Saint-Paul.

²⁴ Lions J., Pinson S., Aunay B. (2008) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines de La Réunion. Rapport BRGM RP-56856-FR, 126 p.

3.4.2.1 Progrès accomplis et effet de changement de thermomètre

3.4.2.1.1 Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021

Pour réaliser cette évaluation, nous nous sommes basés sur les résultats de l'état des eaux 2015 qui prends en compte les valeurs des années 2011, 2012 et 2013.

On considère donc que l'état chimique de l'étang de Saint-Paul est bon sur la période 2012-2014.

Tableau 27 : Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021 de l'état chimique de l'étang de Saint-Paul

Période de suivi	Etat chimique	Paramètres déclassants
Etat des eaux 2015 (2011 à 2013)	Bon	aucun
Etat des lieux 2019 (2015 à 2017)	Bon	aucun

3.4.2.1.2 Mesure de l'effet des changements de règles d'évaluation entre 2015 et 2019

Globalement les NQE définies en 2015 sont identiques ou inférieures aux NQE retenues pour l'état des lieux 2019. Ainsi il n'est constaté aucune différence entre l'évaluation de l'état 2019 selon le REEE 2015 et le REEE 2019.

3.4.3 Évaluation de l'état chimique de l'étang du Gol

Tout comme pour l'étang de Saint-Paul, l'état chimique du Gol a été évalué sur la base des moyennes annuelles des années 2015, 2016 et 2017. Elles ont été comparées aux NQE-MA fixées pour les eaux de transitions (à l'exception du plomb et du nickel dont les seuils « eaux douces » plus contraignants ont été utilisés).

Il n'a été constaté aucun dépassement de seuils (annexe 7). Mais un taux limite de Nickel avec une moyenne des moyennes annuelles à 3,56 µg/L pour une NQE MA à 4 µg/L. Il est important de mentionner tout de même que les méthodes analytiques employées par les laboratoires réalisant ces analyses pour l'Office permettent d'atteindre des limites de quantification inférieures au NQE-MA pour 29 substances sur les 43 substances de l'état chimiques disposant d'une NQE-MA suivies.

Les concentrations maximales de l'année 2015, 2016 et 2017 ont été comparées aux NQE-CMA fixées pour les eaux de transition. Il n'a pas été constaté de dépassement de seuils (annexe 7). Dans ce cas, les contraintes analytiques ont permis d'atteindre des limites de quantification inférieures aux NQE-CMA pour 25 substances sur les 32 substances de l'état chimiques disposant d'une NQE-CMA suivies.

On recense un nombre important de quantifications de substances de l'état chimique dans l'étang du Gol. En dehors des substances de l'état chimique on note 24 quantifications de micropolluants organiques sur la période de 2015 à 2017.

Tableau 28 : Micropolluants organique (hors substances de l'état chimique) quantifiés sur la période 2015-2017 dans l'étang du Gol. ND = non déterminé

	Aminotriazole (µg/L)	Glyphosate (µg/L)	AMPA (µg/L)	Diclofenac (µg/L)
03/02/14	<0,05(sq)	0,22	5,39	<0,01(sq)
22/04/14	<0,05(sq)	<0,05(sq)	<0,05(sq)	<0,01(sq)

29/07/14	<0,05(sq)	0,23	22,6	<0,01(sq)
28/10/14	<0,05(sq)	0,77	32,2	0,38
02/02/15	<0,05(sq)	2,53	8,44	<0,01(sq)
27/04/15	<0,05(sq)	0,32	2,42	<0,01(sq)
04/08/15	<0,05(sq)	2,28	9,75	<0,01(sq)
27/10/15	<0,05(sq)	1,1	8,7	<0,01(sq)
25/01/16	<0,05(sq)	0,8	8,58	<0,01(sq)
18/04/16	<0,05(sq)	0,24	3	<0,01(sq)
03/10/16	<0,05(sq)	0,58	8,2	<0,01(sq)
10/07/17	<0,02(sq)	<0,02(sq)	0,04	ND
25/09/17	0,04	0,04	1	ND

Les quantifications de micropolluants minéraux (hors PSEE et substances de l'état chimique) sont également importantes. Il faut considérer que les métaux étaient recherchés avant 2016 sur la fraction totale (prélèvements non filtrés) et depuis sur la fraction dissoute uniquement (échantillons filtrés). Les données antérieures à 2016 ne sont donc pas prises en compte. Comme évoqué précédemment, ces présences pourraient être en partie associées au fond géochimique²⁵. Toutefois, les variations importantes et les concentrations régulièrement mesurées confirment l'origine partiellement anthropique de certaines de ces substances.

Au regard de ces différentes analyses, nous proposons de conclure à un bon état chimique des eaux de l'étang du Gol.

3.4.3.1 Progrès accomplis et effet thermomètre

3.4.3.1.1 Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021

Pour réaliser cette évaluation, nous nous sommes basés sur les résultats de l'état des eaux 2015 qui prends en compte les valeurs des années 2011, 2012 et 2013.

Tableau 29 : Bilan intermédiaire du second cycle 2016-2021 de l'état chimique de l'étang du Gol

Période de suivi	Etat chimique	Paramètres déclassants
Etat des eaux 2015 (2011 à 2013)	Mauvais	Tributylétain+
Etat des lieux 2019 (2015 à 2017)	Bon	aucun

3.4.3.1.2 Mesure de l'effet des changements de règles d'évaluation entre 2015 et 2019

Globalement les NQE définies en 2015 sont identiques ou inférieures aux NQE retenues pour l'état des lieux 2019. Ainsi il n'est constaté aucune différence entre l'évaluation de l'état 2019 selon le REEE 2015 et le REEE 2019.

²⁵ Lions J., Pinson S., Aunay B. (2008) - Identification des zones à risque de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines de La Réunion. Rapport BRGM RP-56856-FR, 126 p.

3.5 Synthèse de l'état chimique 2019 et niveau de confiance

Le niveau de confiance attribué à l'état d'une masse d'eau est déterminé dans le Tableau 30 ci-dessous :

Tableau 30 : Méthode d'attribution du niveau de confiance de l'état chimique pour les eaux littorales (côtières et transition)

INFORMATION DISPONIBLE SUR LA MASSE D'EAU :		Niveau de confiance associé :	
Masse d'eau suivie directement	La station est en mauvais état		élevé
	La station est en bon état	Et on peut se prononcer sur le bon état d'au moins 80% des 41 polluants incluant Benzo+Indéno et DEHP	élevé
		Et on peut se prononcer sur le bon état de 50 à 80% des 41 polluants incluant Benzo+Indéno et DEHP	moyen
		Et on ne peut pas se prononcer au bon état d'au moins 50% des polluants	faible
		Et on ne peut pas se prononcer pour l'un au moins des polluants Benzo+Indéno et DEHP	
Masse d'eau non suivie directement	Il est avéré qu'il n'y a pas de pressions anthropiques, la station est considérée en bon état		moyen
	Des méthodes de modélisation de l'état peuvent être utilisées (par regroupement de masses d'eau, modélisation des pressions...)		faible
	Aucune information n'est disponible (la modélisation n'est pas possible, la masse d'eau ne peut pas être groupée à des masses d'eau similaires pour lesquelles on dispose de l'information)		Information insuffisante pour attribuer un état

Pour les eaux masses d'eau de transition de La Réunion, le nombre de polluants pouvant être évalués (limites de quantification inférieures aux NQE-MA et NQE-CMA) sont de 65% et incluent les Benzo+Indéno et DEHP. On peut donc associer un indice de confiance moyen à cette évaluation de l'état chimique.

Tableau 31 : synthèse de l'état chimique 2019 des masses d'eau de transition et niveau de confiance

Masse d'eau*	Nom	Etat chimique	Eléments déclassants	Niveau de confiance
FRL02	Etang du Gol	Bon	Aucun	Moyen
FRL03	Etang Saint Paul	Bon	Aucun	Moyen

*code masse d'eau temporaire

4 Annexes

Annexe 1 : Valeurs seuils de l'étang de Saint-Paul

Phosphore total ($\mu\text{g/L}$)	très bon-bon	45
	Bon-moyen	62
	Moyen-Médiocre	86
	Médiocre- mauvais	121
Ammonium ($\mu\text{g/L}$)	très bon-bon	171
	Bon-moyen	250
	Moyen-Médiocre	366
	Médiocre- mauvais	493
Profondeur	très bon-bon	1,21
	Bon-moyen	0,87
	Moyen-Médiocre	0,64
	Médiocre- mauvais	0,47

Annexe 2 : Valeurs seuils de l'étang du Gol

Phosphore total ($\mu\text{g/L}$)	très bon-bon	35
	Bon-moyen	49
	Moyen-Médiocre	69
	Médiocre- mauvais	97
Ammonium ($\mu\text{g/L}$)	très bon-bon	155
	Bon-moyen	230
	Moyen-Médiocre	317
	Médiocre- mauvais	414
Profondeur	très bon-bon	1,45
	Bon-moyen	1,07
	Moyen-Médiocre	0,79
	Médiocre- mauvais	0,58

Annexe 3 : Évaluation des polluants spécifiques de l'état écologique

Etang du Gol

NOM Paramètre	CODE SANDRE	NQE-MA 2019	Moyenne annuelle en µg/L						Moyenne des moyennes annuelles		
			2012	2013	2014	2015	2016	2017			
Zinc	1383	7,8	biais lié à la fraction analysée						4,5	1,225	2,8625
Arsenic	1369	0,83							0,425	0,335	0,38
Chrome	1389	3,4							0,475	0,17	0,3225
Cuivre	1392	1							1,7	0,545	1,1225
Chlortoluron	1136	0,1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Oxadiazon	1667	0,09	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		
2,4 D	1141	2,2	0,01175	0,0375	0,02	0,175	0,047	0,0065	0,0496		
2,4 MCPA	1212	0,5	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Linuron	1209	1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		

NOM Paramètre	CODE SANDRE	NQE-MA 2015	Moyenne annuelle en µg/L						Moyenne des moyennes annuelles		
			2012	2013	2014	2015	2016	2017			
Zinc	1383	3,1	biais lié à la fraction analysée						4,5	1,225	2,8625
Arsenic	1369	4,2							0,425	0,335	0,38
Chrome	1389	3,4							0,475	0,17	0,3225
Cuivre	1392	1,4							1,7	0,545	1,1225
Chlortoluron	1136	0,1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Oxadiazon	1667	0,09	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		
2,4 D	1141	2,2	0,01175	0,0375	0,02	0,175	0,047	0,0065	0,0496		
2,4 MCPA	1212	0,5	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Linuron	1209	1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		

Etang de Saint-Paul

NOM Paramètre	CODE SANDRE	NQE-MA 2019	Moyenne annuelle en µg/L						Moyenne des moyennes annuelles		
			2012	2013	2014	2015	2016	2017			
Zinc	1383	7,8	biais lié à la fraction analysée						3,25	0,7567	2,003335
Arsenic	1369	0,83							0,275	0,2333	0,254165
Chrome	1389	3,4							0,425	0,2067	0,315835
Cuivre	1392	1							1,075	0,1033	0,589165
Chlortoluron	1136	0,1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Oxadiazon	1667	0,09	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		
2,4 D	1141	2,2	0,0035	0,01	0,01	0,0225	0,01	0,001	0,0095		
2,4 MCPA	1212	0,5	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Linuron	1209	1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		

NOM Paramètre	CODE SANDRE	NQE-MA 2015	Moyenne annuelle en µg/L						Moyenne des moyennes annuelles		
			2012	2013	2014	2015	2016	2017			
Zinc	1383	3,1	biais lié à la fraction analysée						3,25	0,7567	2,003335
Arsenic	1369	4,2							0,275	0,2333	0,254165
Chrome	1389	3,4							0,425	0,2067	0,315835
Cuivre	1392	1,4							1,075	0,1033	0,589165
Chlortoluron	1136	0,1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Oxadiazon	1667	0,09	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		
2,4 D	1141	2,2	0,0035	0,01	0,01	0,0225	0,01	0,001	0,0095		
2,4 MCPA	1212	0,5	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,0074		
Linuron	1209	1	0,0035	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0025	0,0077		

Annexe 4 : Risque d'altération des étangs côtiers RHUM

ME	Dire d'expert et bibliographie	Synthèse de l'évaluation du RHUM	impacts constatés	niveau d'impact
GOL	moyen	moyen	Erosion des berges de l'étang à l'occasion d'épisodes pluvieux importants. Apports de fines. Diminution de la granulométrie du cordon dunaire (qui peut provenir de la modification du transit sédimentaire côtier)	fort
ST PAUL	moyen	moyen	Apports de fines lors d'épisodes pluvieux. Colmatage de canaux. Erosion des berges localisé sur la zone d'activité de ski nautique. Risque de diminution du rechargement du cordon dunaire en cas de trop forte modification du transit sédimentaire et de l'artificialisation du lit de la rivière des galets	moyen

Annexe 5 : État 2019 des masses d'eau de transition

Masse d'eau	Nom	Etat biologique	Etat physico-chimique	PSEE	Etat hydromorphologique	Etat écologique	Niveau de confiance
FRL02	Etang du Gol	Mauvais	Moyen	Non très bon état	Moyen	Mauvais	Moyen
FRL03	Etang Saint Paul	Moyen	Moyen	bon état	Moyen	Moyen	Moyen

Masse d'eau	Nom	Etat chimique	Eléments déclassants	Niveau de confiance
FRL02	Etang du Gol	Bon	Aucun	Moyen
FRL03	Etang Saint Paul	Bon	Aucun	Moyen

5 Bibliographie

ANGAMA-PETCHY S., Université de La Réunion, OCEA, 2011. Diagnostic et enjeux de conservation de la macro faune aquatique de deux étangs côtiers à l'île de La Réunion : étang du Gol et étang de Saint-Paul – Analyse de l'état des populations de poissons et macro crustacés et approche du fonctionnement des cordons dunaires des étangs. 196 p.

ANTEA / OCEA Consult pour la Mairie de Saint-Louis, 2013. Gestion des effluents traités de la commune de Saint Louis dans le secteur du Gol – étude faisabilité. 94 p.

ANTEA, 2001. Etang de Saint-Paul, synthèse des données – analyse de son comportement hydrologique et hydraulique. 66 p.

ANTEA, 2002. Expertise de l'impact de la digue du ski club sur les niveaux de l'Etang Saint-Paul. 36 p.

ARDA, 2008. Les peuplements de poissons et de macrocrustacés d'eau douce de la Réunion. 5 p.

ARDA, 2011. Inventaire faunistique des zones humides de la Réunion, Volet macrofaune aquatique. 39 p.

ARDA, ONCFS, Office de l'eau, 2006. Lutte 2006 contre le chikungunya, volet surveillance des eaux douces : échantillonnage des poissons et des macrocrustacés de l'ESP. 26 p.

Arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement

Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement

Arrêté n°2015-2465/SG/DRCTCV du 14 décembre 2015 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux du Bassin de La Réunion en application de l'article R.212-22 du code de l'environnement. Arrêté préfectoral et annexes. 49 pages

ASCONIT, 2009. Prélèvement et analyse des sédiments, bathymétrie de l'étang de Saint-Paul. 33 p.

ATTIE M., 2012. Diagnostic écologique de la réserve naturelle nationale de l'étang de Saint-Paul. 216 p.

BIOTOP, SOGRAH, 2006. Étude de faisabilité d'un ouvrage régulateur du niveau d'eau. 71 p.

BIOTOPE, 2012. Réalisation d'un inventaire ornithologique des oiseaux de la RNN ESP. 65 p.

BIOTOPE, 2015. Evaluation quinquennale de la gestion de la RNN ESP (2009-2014). 66 p.

BIOTOPE, SOGREAH., 2010. Notice d'incidence de l'ouverture anthropique du cordon dunaire de l'ESP. 177 p.

BLANCHARD F., 1993. Expertise écologique d'une zone humide tropicale insulaire : l'étang de Saint-Paul. 140 p.

BOSC P., BONNEAU S., LEPINAY N., 1995. L'Étang du Gol - approche descriptive de l'état actuel du milieu et annexes. 134 p. et 39p.

BRGM, LIONS J., PINSONS S., AUNAY B., 2008. Identification des zones à risques de fond géochimique élevé dans les cours d'eau et les eaux souterraines de La Réunion. 126 P.

BRGM, 2010. Amélioration de la connaissance hydrogéologique de l'aquifère côtier du Gol. 10 p.

BRGM, 2014. Définition par modélisation des recommandations de pompage pour les puits du Gol. 55 p.

CADET T., 1977. Cartes Cadet : 6 cartes scannées. 6 p.

CADET T., 1977. Note : Projet de création d'une RBD autour de l'Étang de Saint-Paul. 3 p.

CBNM, 2011. Poster Cahier d'habitats zones humides – ESP. 1 p.

CBNM, 2012. Cahiers des habitats de zones humides - Cartographie. 1 p.

CBNM, 2012. Poster zones humides du Gol. 1 p.

CBNM, 2014. Typologie des habitats naturels de La Réunion. 149 p.

CDL, DEAL, OCEA, ANTEA, 2014. Suivi du niveau d'eau et de la qualité physico-chimique des gravières de l'étang du Gol. 72 p.

CIRAD, 2007. Etude opérationnelle pour l'introduction et l'élevage d'agents de lutte biologique contre la jacinthe d'eau et la laitue d'eau à la Réunion. 37 p.

Comité de Bassin Réunion, 2013. État des lieux 2013 du district hydrographique de La Réunion. 9 volumes.

Commune de Saint Louis, 2013. Bilan pluriannuel des interventions et des mesures d'accompagnement environnementales relatives à l'ouverture anthropique du cordon dunaire de l'étang du Gol. 21 p.

CONCHOU O., 2002. Projet d'aménagement, de mise en valeur et de protection de l'ESP et de ses abords -première phase-. 155 p.

CONCHOU O., 2003. Projet d'aménagement, de mise en valeur et de protection de l'ESP et de ses abords -deuxième phase. 68 p.

Conservatoire Botanique National de Mascarin (CPIE), 2012. Entre terre et eau, les zones humides de La Réunion : une diversité remarquable. 2 p.

Conservatoire du Littoral, 2010. Etude comparative de la qualité des eaux de deux étangs littoraux de la Réunion : l'étang du Gol et l'étang de Saint-Paul. 15 p.

Conservatoire du littoral, Helixeo, 2013. Présentation du projet de valorisation du site du Gol. 15 p.

Conservatoire du littoral, OCEA, 2011. Inventaire et recommandations de gestion pour la présence de l'ichtyofaune de la zone humide de l'étang du Gol, campagne de 2011 rapport d'inventaire. 21 p.

Conservatoire du littoral, OCEA, 2012. Inventaire et recommandations de gestion pour la présence de l'ichtyofaune de la zone humide de l'étang du Gol. 79 p.

COUTEYEN S., 2012. Distribution spatiale et évaluation de la densité des espèces d'Odonates inféodées à la RNN ESP. 15 p.

COUZI F-X, RIETHMULLER M., GILOUX Y., 2011. Connaissance de l'avifaune de l'étang du Gol. 63 p.

CYATHEA, 1994. Milieu agricole de l'ESP : propositions de stratégie pour une gestion agri-environnementale du site. 53 p.

DEAL, 2012. Arrêté d'ouverture du cordon dunaire du Gol. 8 p.

DEAL, OCEA, 2013. Suivi des paramètres Oxygène dissous et température de l'eau sur l'étang du Gol (la Réunion) de novembre 2012 à février 2013. 32 p.

DEAL, Préfecture, 2015. AP ouverture du cordon dunaire de l'ESP. 5 p.

DEAL, Préfecture, 2015. AP validation du PDG étang de St-Paul 2015-2020. 2 p.

DEROLEZ V., GIRAUD A. janvier 2016. Expertise sur trois masses d'eau de La Réunion (étangs de Saint-Paul et du Gol) et de Martinique (étang des Salines) : typologie de surveillance. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, Ifremer laboratoire MARBEC. 32 p.

DIREN, 2003. L'Etang de Saint-Paul, projet de réserve naturelle, texte d'accompagnement du projet de décret. 36 p.

DIREN, DEAL, de 1987 à 2014. Fiches ZNIEFF, 7 fiches. 7 fiches.

DUBSET C., CDL, Univ. Réunion, 2010. Contribution à la réalisation des plans de gestion des sites naturels de la Grande Ravine et de l'Etang du Gol. 146 p.

ECO-MED Océan Indien, 2014. Réalisation d'un inventaire ornithologique et évaluation des populations de Héron strié et de Poule d'eau sur la RNN ESP. 38 p.

Guide pour la mise à jour de l'état des lieux, août 2017. 218 p.

Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) dans le cadre de la DCE, février 2018. 275 p.

Guide technique relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales (cours d'eau, canaux, plans d'eau), Mars 2016. 106 p.

HELIXEO, 2013. Prise en compte des attentes sociales des acteurs du territoire. Proposition d'un projet de valorisation du site de l'étang du Gol. 35 p.

HELIXEO, 2013. Rapport d'intervention d' HELIXEO pour le conservatoire du littoral – délégation Outre-Mer. 139 p.

HOARAU C, PHILIPPE J.S., 2013. Inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique (ZNIEFF). 16 p.

HYTEC, 2007. Rapport sur l'invasion par Eichhornia du Gol. 56 p.

INCOM environnement pour l'ARDA, 2005. Centre des eaux douces – dossier d'étude d'impact. 132 p.

Insectarium, 2001. ESP : Etudes entomologiques des zones incendiées. 40 p.

KERJOUAN R., 2006. Note relative à l'étang du Gol. 2 p.

LACOSTE M, DELBOSC P, PICOT F, 2011. Cahiers d'Habitats de la Réunion, Zones Humides (notamment p 32 à 34 pour Saint-Paul, p35 à 39 pour le Gol et 41 et 42 pour le Grand-Étang). 290 p.

LDEHM, 2012. Rapport d'analyse Grand gravière mer. 3 p.

LDEHM, 2012. Rapport d'analyse Grand gravière montagne. 3p.

LEOVILLE A., OCEA, Université de La Réunion, 2012. Etude des peuplements de macrocrustacés décapodes amphidromes de l'Étang de Saint-Paul – Etat d'expansion de l'écrevisse exotique *Cherax quadricarinatus*. 73 p.

Mairie de Saint-Louis, OCEA, Anthéa, oct. 2016. Suivi des milieux aquatiques continentaux en lien avec l'étang du Gol. 159 p.

MERLIN S., ARDA, Université de Franche Comté, 1996. Étude du peuplement ichthyologique de l'ESP. 90 p.

MICHON L., Université de La Réunion, laboratoire Géosciences, 2017. Fiche sédimentologie étang de la baie de Saint-Paul. 3 p.

MONDESIR L., Université de Perpignan et RNNESP, 2016. Suivi des peuplements de macrocrustacés au sein de la réserve naturelle nationale de l'étang de Saint-Paul (la Réunion). 33 p.

OCEA / Conservatoire du littoral Biotope, 2010. Inventaire et recommandations de gestion pour la présence de l'ichtyofaune de la zone humide de l'étang du Gol. 22 p.

OCEA, 2012. Distribution spatiale et évaluation quantitative des populations de poissons et de macrocrustacés dans la RNN ESP. 57 p.

OCEA, 2012-2013. Suivis OCEA 2012-2013 O2, températures et niveaux. Plusieurs documents.

OCEA, VALEA, 2016. Evaluation qualitative et quantitative du recrutement post-larvaire des espèces de poissons et de macrocrustacés diadromes sur l'étang de Saint-Paul. Rapport final. 54 p.

Office de l'eau Réunion (DURASNEL L., MOULLAMA A., RUFFIE K.), juillet 2017. Evolution de la qualité physico-chimique et chimique des étangs de La Réunion. 56 p.

Office de l'eau Réunion, 1998. Suivi des plans d'eau réunionnais : méthodologie proposée et premiers résultats. 48 p.

Office de l'eau Réunion, 1999. Suivi des plans d'eau réunionnais 1998-1999. 153 p.

Office de l'eau Réunion, 2000. Suivi des plans d'eau réunionnais 2000. 116 p.

Office de l'eau Réunion, 2001. Suivi des plans d'eau réunionnais 2001. 41 p.

Office de l'eau Réunion, 2002. Suivi des plans d'eau réunionnais 2002. 33 p.

Office de l'eau, 2008. Rapport final sur l'exploitation de la ressource en eau souterraine sur le secteur du Gol et des Cocos. 44 p.

PAYET J.M., Université de La Réunion, 1992. L'Étang de Saint-Paul : des aménagements sur un milieu unique à préserver. 47 p.

RADJASSEGARANE S., Université de La Réunion, 2001. Expertise floristique de la zone incendiée de l'ESP. 46 p.

RNNESP, 2012. Plan de gestion 2013-2018. 363 p.

RNNESP, 2015. Synthèse de l'état des lieux de l'agriculture formelle et informelle au sein de la RNN ESP en 2014. 13 p.

RNNESP, Commune de Saint-Paul, 2015. Atlas de plan de gestion de la RNN de l'étang de Saint-Paul 2015-2020. 20 p.

RNNESP, Commune de Saint-Paul, 2015. Plan de gestion de la RNN de l'étang de Saint-Paul 2015-2020. 365 p.

SAFEGE, 2008. Bathymétrie et caractérisation des sédiments – Etude diagnostique de l'Étang du Gol. 48 p.

SAFEGE, 2008. Plans bathymétriques. 1p.

SAFEGE, 2009. Étude préliminaire et mise au point d'un cahier des charges pour la réalisation de travaux de dégagement des canaux de l'ESP. 53 p.

SAFEGE, 2013. État des lieux 2013 du district hydrographique de La Réunion. Chapitre 3. Les masses d'eau douces superficielles « cours d'eau » et « plans d'eau ». 90 p.

SAFER, 2011. Etude foncière sur les zones humides de la Réunion. 38 p.

SALAMOLARD M., GHESTEMME T., SEOR, 2001. Evaluation des enjeux de la faune de l'ESP et suivi de la recolonisation suite à l'incendie d'octobre 2000. 24 p.

SOGREA, 2010. Notice d'incidence de l'ouverture anthropique du cordon dunaire de l'étang du Gol. 211 p.

SOGREAH, 2011. Dossier de déclaration au titre du code de l'environnement – Ouverture anthropique du cordon dunaire de l'ESP. 123 p.

Sous-Préfecture de Saint-Pierre, Département de La Réunion, Commune de Saint-Louis, Commune de l'étang-Salé, l'ONF, le CDL, la FDPPMA, 2011. Convention Cadre relative à la gestion du Gol et de son environnement. 9 p.

STRATAGEME 974, 2007. Prélèvements et analyse de sédiment à l'étang de Saint-Paul en vue des travaux de curage du canal d'en travers. 25 p.

Université de La Réunion, 2010. Typologie Corine des habitats biotopes. 10 p.

Université de La Réunion, Office de l'eau Réunion, 2000-2001. Les macro-invertébrés aquatiques des étangs de La Réunion. 41 p.

VECTRA, Mairie de Saint-Louis, 2010. Etude préalable Etang du Gol – Phase 1 : Analyse foncière et recherche de solutions en 3 scénarios – Etape 2 : propositions d'aménagements. 27 p.

VECTRA, Mairie de Saint-Louis, 2011. Etude préalable Etang du Gol – Phase 2 : Proposition d'aménagement, Cahier de prescription. 58 p.

KIENER A., DUCHOCHOIX P., 1981. Etude des peuplements piscicoles des eaux intérieures de la Réunion. CEMAGREF, Aix-en-Provence, 140p.