

Évolution de la qualité physico-chimique et chimique des étangs de La Réunion



Léonard Durasnel, Alexandre Moullama, Karoline Ruffié, Office de l'eau Réunion

Juillet 2017

Crédits photos : Office de l'eau Réunion. Page de garde (de gauche à droite) : l'Étang du Gol et son kiosque ; le Grand-Étang et une de ses échelle limnimétrique ; l'Étang de Saint-Paul et l'un de ses canaux.

Table des matières

Introduction.....	5
1. L'évaluation de l'état physico-chimique et chimique des étangs de La Réunion	6
1.1. Les singularités des plans d'eau littoraux réunionnais.	6
1.2. L'état physico-chimique	6
1.3. La qualité au regard des contaminants chimiques	7
2. Le Grand-Étang :	9
2.1. Caractéristiques et fonctionnement hydrologique du Grand-Étang	10
2.2. La méthodologie du suivi physico-chimique du Grand-Étang	11
2.1. L'état chimique du Grand-Étang	16
3. L'Étang de Saint-Paul.....	17
3.1. Le fonctionnement hydrologique de l'Étang de Saint-Paul	18
3.2. Le suivi de l'Étang de Saint-Paul.....	19
3.3. La qualité physico-chimique de l'Étang de Saint-Paul	20
3.4. La qualité chimique de l'Étang de Saint-Paul.....	25
4. L'Étang du Gol	35
4.1. Caractéristiques et fonctionnement hydrologique de l'Étang du Gol.....	36
4.2. Le suivi de l'Étang du Gol	37
4.3. La qualité physico-chimique de l'Étang du Gol.....	38
4.4. La qualité chimique de l'Étang du Gol	44
Conclusion.....	55

Table des photos

Photo 1 : Le Grand-Étang	9
Photo 2 : L'Étang de Saint-Paul vue depuis le pont métallique.....	17
Photo 3 : L'Étang du Gol. Au premier plan, point de prélèvement, deux dispositifs pour le suivi des contaminants chimiques par échantillonneurs passifs (programme de recherche et développement mené par l'Office de l'eau en partenariat avec Hydrô Réunion). Au second plan, le kiosque qui accueille la station de mesure in situ de l'Office (paramètres : hauteurs d'eau, température et conductivité).	35
Photo 4 : Tilapias profitant d'un espace non envahi par les laitues d'eau pour respirer en surface du Gol en 2004	40
Photo 5 : Étang du Gol envahi par des plantes aquatiques en 2006.....	43

Table des cartes

Carte 1 : Localisation du Grand-Étang et des stations de suivi.....	9
Carte 2 : Localisation de l'Étang de Saint-Paul et des stations de suivi	17
Carte 3 : Localisation de l'Étang du Gol et des stations de suivi	35

Table des graphiques

Graphique 1 : Exemple de variabilité des niveaux d'eau du Grand-Étang	10
Graphique 2 : Niveaux d'eau et de températures mensuels moyens du Grand-Étang évalués sur les données de 2004 à 2013	11
Graphique 3 : Variations des mesures de conductivité en surface du Grand-Étang de 1997 à 2015	12
Graphique 4 : Comparaison des quantifications de phosphore total entre la ravine et l'étang sur une période où les prélèvements sont effectués à la même fréquence sur les deux sites.....	13
Graphique 5 : Comparaison des taux de saturation en oxygène et des niveaux de pH ...	15
Graphique 6 : Variation de la température de l'eau du Grand-Étang.....	16
Graphique 7 : Variations du phosphore total au Grand-Étang	16
Graphique 8 : variations de la conductivité et des hauteurs de l'Étang de Saint-Paul en 2013.....	18
Graphique 9 : 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.....	19
Graphique 10 : 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.....	19
Graphique 11 : Comparaison des mesures du taux de saturation en oxygène de l'Étang de Saint-Paul	22
Graphique 12 : Moyennes mensuelles des températures de l'Étang de Saint-Paul	23
Graphiques 13 : Moyennes annuelles des températures de l'Étang de Saint-Paul calculées sur la base des moyennes mensuelles à partir des données hautes fréquences. Les données manquantes sont remplacées par les températures moyennes.....	23
Graphique 14 : Comparaison des valeurs de nitrates au fonds et en surface de l'Étang de Saint-Paul.....	24

Graphiques 15: Évolution des quantifications de zinc (15 A) et de cuivre (15 B) dans l'Étang de Saint-Paul.....	27
Graphique 16 : Évolution des qualifications de Di(2-ethylhexyl)phtalate et de Méthyl tert-butyl Ether	28
Graphique 17 : Quantifications de plomb et de nickel dans l'Étang de Saint-Paul	30
Graphique 18 : Évolution des quantifications du glyphosate et de l'AMPA dans l'Étang de Saint-Paul.....	30
Graphique 19 Quantifications de zinc, nickel, cuivre et chrome dans l'eau de l'Étang de Saint-Paul.....	31
Graphique 20 : Quantifications d'arsenic, plomb et sélénium dans l'eau de l'Étang de Saint-Paul.....	31
Graphique 21 : Comparaison de la tendance de concentration de bore en fonction de la conductivité de l'eau de l'Étang de Saint-Paul.....	32
Graphique 22 : Quantification des métaux dits « sensibles » dans le substrat de l'Étang de Saint-Paul de 2013 à 2015	33
Graphique 23 : Variation de la conductivité et des hauteurs d'eau de l'Étang du Gol années 2013 et 2014	36
Graphique 24 : 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.	37
Graphique 25 : 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.....	37
Graphique 26 : Taux de saturation en oxygène de l'Étang du Gol	41
Graphique 27 : Concentration d'orthophosphates et de phosphore total dans l'Étang du Gol	41
Graphique 28 : Comparaison des tendances d'ammonium et de nitrates dans l'Étang du Gol	42
Graphique 29 : Comparaison des quantifications de nitrates en surface/intégré et au fond à l'étang Gol	42
Graphique 30 : Températures mensuelles moyennes de l'Étang du Gol	43
Graphique 31 : Moyennes annuelles des températures de l'Étang du Gol calculées sur la base des moyennes mensuelles à partir des données hautes fréquences. Les données manquantes sont remplacées par les températures moyennes.	44
Graphique 32 : Quantifications de 2,4-D dans l'Étang du Gol	46
Graphique 33 : Quantifications de zinc et de cuivre dans l'Étang du Gol	47
Graphique 34 : Évolution des quantifications de DEHP dans l'Étang du Gol.....	48
Graphique 35 : Quantifications de nickel et de plomb dans l'Étang du Gol.....	49
Graphique 36 : Évolution des quantifications du glyphosate et de l'AMPA dans l'Étang du Gol	50
Graphique 37 : Quantifications de métolachlore dans l'Étang du Gol	50
Graphique 38 : Quantifications de zinc, nickel et chrome dans l'Étang du Gol	51
Graphique 39 : Quantifications d'arsenic, plomb, antimoine et sélénium dans l'eau de l'Étang du Gol	51
Graphique 40 : Comparaison de la tendance de concentration de bore en fonction de la conductivité de l'eau	52
Graphique 41 : Quantification des métaux dits « sensibles » dans le substrat de l'Étang du Gol de 2013 à 2015.....	53

Table des tableaux

Tableau 1 : Seuils des différentes classes d'état pour le Grand-Étang.....	12
Tableau 2 : État physico-chimique du Grand-Étang selon la méthode d'évaluation de l'état des plans d'eau appliquée au titre de la DCE en suivant le principe du paramètre déclassant. ND : non déterminé	12
Tableau 3 : Valeurs annuelles des paramètres généraux du Grand-Étang, évaluées sur la base des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 4).....	14
Tableau 4 : Seuils de classes d'état cours d'eau applicables à La Réunion	15
Tableau 5 : Seuils des différentes classes d'état pour l'Étang de Saint-Paul.....	20
Tableau 6 : État physico-chimique de l'Étang de Saint-Paul selon la méthode d'évaluation de l'état des plans d'eau appliquée au titre de la DCE en suivant le principe du paramètre déclassant	20
Tableau 7 : Valeurs annuelles des paramètres généraux de l'Étang du Gol évaluées sur la base des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 4).....	22
Tableau 8 : Évolution des micropolluants recherchés, des paramètres détectés et quantifiés dans l'eau de l'Étang de Saint-Paul.....	25
Tableau 9 : Les 15 micropolluants les plus quantifiés de 2007 à 2015 dans l'Étang de Saint-Paul.....	26
Tableau 10 : Évolution des micropolluants recherchés, des paramètres détectés et quantifiés dans les sédiments de l'Étang de Saint-Paul	26
Tableau 11 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE (non synthétique) de Saint-Paul aux normes de qualités environnementales moyennes annuelles	27
Tableau 12 : Substances suivies dont la limite de quantification est inférieure à la norme de qualité environnementale moyenne annuelle. Les LD sont données à titre indicatif pour illustrer notre propos.	29
Tableau 13 : Moyennes annuelles de plombs et de nickel comparées aux seuils de qualité environnementale. NQE MA : norme de qualité environnementale moyenne annuelle....	29
Tableau 14 : Concentrations des micropolluants identifiés dans les sédiments de l'Étang de Saint-Paul	34
Tableau 15 : Seuils des différentes classes d'état pour l'Étang du Gol	38
Tableau 16 : État physico-chimique du Gol selon la méthode d'évaluation de l'état des plans d'eau appliquée au titre de la DCE en suivant le principe du paramètre déclassant	38
Tableau 17 : Valeurs annuelles des paramètres généraux de l'Étang du Gol évaluées sur la base des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 4). (lq) : limite de quantification ; ND : non déterminé	39
Tableau 18 : Évolution des micropolluants recherchés, des paramètres détectés et quantifiés dans l'eau de l'Étang du Gol	44
Tableau 19 : Les 15 micropolluants les plus quantifiés de 2006 à 2015 dans l'Étang du Gol	45
Tableau 20 : Évolution des micropolluants recherchés, des paramètres détectés et quantifiés dans les sédiments de l'Étang du Gol.....	45
Tableau 21 : Comparaison des moyennes annuelles des métaux suivi au titre des PSEE dans l'Étang du Gol aux normes de qualités environnementales	46
Tableau 22 : Substances suivies dont la limite de quantification est inférieure à la norme de qualité environnementale moyenne annuelle.	48
Tableau 23 : Moyennes annuelles de plombs et de nickel comparées aux normes de qualité environnementale moyennes annuelles.....	49
Tableau 24 : Concentrations des micropolluants identifiés dans les sédiments de l'Étang du Gol.....	54

Introduction

Au niveau du bassin réunionnais, trois plans d'eau 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 SDAGE 2016-2021 estime le Grand-Étang en bon état en absence de pression significative. L'état écologique de l'Étang du Gol est mauvais, les pressions sont nombreuses et le temps de résilience du milieu est inconnu. Enfin, l'état écologique de l'Étang de Saint-Paul est moyen. La mise en œuvre du plan de gestion de la réserve nationale de l'étang doit apporter des améliorations significatives sur la qualité de la masse d'eau.

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, fondé principalement sur la biologie du milieu et la physico-chimie la soutenant, 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 et dangereuses ayant un impact sur les écosystèmes et les usages de l'eau.

Cette étude dresse le bilan de la qualité des trois étangs majeurs et leur évolution physico-chimique et chimique depuis le début des suivis opérés par l'Office de l'eau. En fonction de la connaissance acquise sur ces milieux, il sera proposé une mise en perspective des résultats par rapports aux caractéristiques et aux contraintes du bassin hydrographique réunionnais.

Le Grand-Étang est en bon état physico-chimique et chimique en 2015. Depuis le début du suivi en 1997, de très faibles perturbations anthropiques corrompent la qualité physico-chimique de la masse d'eau. C'est majoritairement le fonctionnement naturel du bassin versant complété par des phénomènes exceptionnels (sécheresses, cyclones) qui entraîne épisodiquement une dégradation de son état physico-chimique.

En 2015, l'Étang de Saint-Paul est en mauvais état physico-chimique et en bon état chimique. Malgré le plan de gestion engagé sur le périmètre de la Réserve naturelle nationale de l'Étang de Saint-Paul, l'étang souffre des pressions exercées sur son bassin versant. Depuis le début du suivi en 1997, sur la base des critères de l'arrêté d'évaluation¹ 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 permet pas de statuer sur l'état par rapport à ces substances (la méthode d'évaluation fixant les seuils pour la fraction dissoute), mais elle suggère 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, aucun dépassement de seuil de mauvaise qualité n'est observé.

L'Étang du Gol présente un mauvais état physico-chimique et chimique en 2015. Le mauvais état physico-chimique est constaté 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 permet 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, le mauvais état est constaté en 2013 avec le dépassement de la concentration maximale admissible de tributylétain.

¹ 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. L'évaluation de l'état physico-chimique et chimique des étangs de La Réunion

L'évaluation de l'état des étangs de la Réunion au sens de la DCE se base sur 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 et des eaux de transition.

Du fait de la singularité des bassins (milieu tropical, fonctionnement hydrologique, etc.), le cadre national permet des ajustements, l'utilisation d'outils plus adaptés et le recours aux « dire d'expert ».

1.1. Les singularités des plans d'eau littoraux réunionnais.

La nature de l'Étang du Gol et de l'Étang de Saint-Paul est complexe à appréhender. Ces écosystèmes entre étangs et lagunes saumâtres sont spécifiques à La Réunion.

Le fonctionnement des étangs côtiers est soumis à des contraintes telles qu'une alimentation par les eaux de ruissellement et des cours d'eau, des apports d'eau souterraine et des intrusions d'eau marines. Le cordon dunaire et la nature imperméable des formations qui tapissent le fonds des étangs limitent la connexion hydraulique entre les étangs côtiers, l'océan et les nappes. Toutefois des entrées d'eau de mer ont lieu à l'occasion de la rupture du cordon littoral.

1.2. L'état physico-chimique

Le suivi physico-chimique des plans d'eau de La Réunion s'est historiquement basé sur les critères d'évaluation de l'état recommandés par le système d'évaluation de la qualité de l'eau, SEQ-EAU, puis la Directive cadre sur l'eau. Les éléments de qualité ciblés sont :

- Les grandeurs in-situ (pH, conductivité...),
- La minéralisation (ions majeurs),
- Les nutriments (nitrates, phosphates, etc.) présents naturellement dans l'eau et d'origine anthropique,
- La transparence, influencée par plusieurs facteurs tels que les matières en suspensions (organiques et minérales) et de l'activité phytoplanctonique du plan d'eau.

Aujourd'hui, l'état des plans d'eau réunionnais au titre de la DCE est évalué selon 4 paramètres de qualité sur des périodes de 6 années :

- Le phosphore total établi sur les valeurs médianes qui permettent de limiter le poids d'évaluations exceptionnelles, non représentatives de l'état moyen sur la durée du plan de gestion,
- L'ammonium évalué sur la valeur maximale de la chronique de données,
- Les nitrates sur la base de la valeur maximale des suivis sur 6 ans,
- La transparence, à partir des valeurs médianes de la profondeur de disparition du disque de Secchi.

L'état physico-chimique global, lorsque plusieurs paramètres interviennent, est évalué selon le principe du paramètre déclassant. Ainsi, lors de l'agrégation des paramètres, l'état global est évalué sur la base du plus mauvais paramètre. Cette règle n'étant pas imposée par la DCE, son application peut être adaptée dans certains cas.

Au-delà des paramètres préconisés pour l'évaluation des plans d'eau réunionnais au titre de la DCE, d'autres indicateurs complètent la qualité physico-chimique des milieux aquatiques :

- 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 le phytoplancton.

- 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 plans d'eau au regard des paramètres précédents, 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.

1.3. La qualité au regard des contaminants chimiques

La qualité chimique s'apprécie à partir des analyses des micropolluants dans l'eau et les sédiments, au regard de critères fixés par la DCE, comparaison aux normes de qualité, complétés par le dire d'expert (nombre de quantification, niveau de concentration, tendances, etc.).

223 molécules sont suivies sur les étangs 4 fois par an dans la phase aqueuse depuis 2006 et 158 une fois par an dans le sédiment depuis 2013.

Trois types de micropolluants sont suivis : les micropolluants organiques (hydrocarbures aromatiques), les produits phytosanitaires (pesticides et insecticides) et les micropolluants minéraux qui regroupent les métaux.

Au sens de la DCE, on distingue deux catégories : les polluants spécifiques de l'état écologique (PSEE) et les substances de l'état chimique. En ce qui concerne l'évaluation de l'état des eaux, ces paramètres, une soixantaine, sont comparés aux normes de qualité environnementale (NQE) qui sont les concentrations limites à ne pas dépasser et fixées en annexe de l'arrêté ministériel d'évaluation de l'état des masses d'eau².

1.3.1. Les polluants spécifiques de l'état écologique (PSEE)

Les PSEE sont définis comme des substances déversées en quantités significatives dans les bassins hydrographiques.

Pour le bassin Réunion, les 9 polluants spécifiques sont :

- le zinc, l'arsenic, le cuivre et le chrome pour les polluants non synthétiques,
- le chlortoluron, l'oxadiazon, le 2,4D, le 2-4 MCPA et le linuron pour les polluants synthétiques.

Leurs concentrations dans l'eau sont comparées aux normes de qualité pour les moyennes annuelles (NQE-MA).

² Annexes arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, le l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface

1.3.2. Les substances de l'état chimique

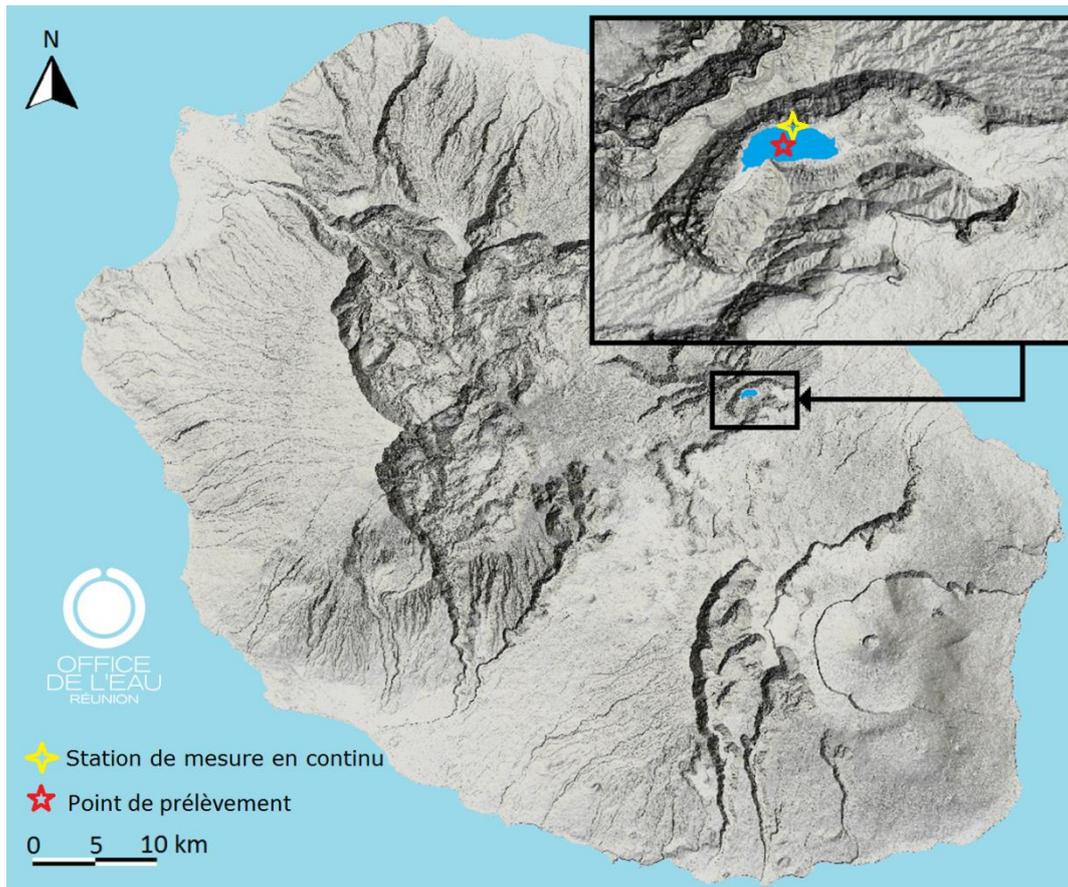
La liste des substances de l'état chimique comporte 45 familles de paramètres, soit 55 molécules. Leurs concentrations dans l'eau sont comparées d'une part aux normes de qualité pour les moyennes annuelles (NQE-MA) et d'autre part à leurs concentrations maximales admissibles (NQE-CMA) lorsqu'elles existent.

Des seuils sont établis spécifiquement pour les eaux douces, les eaux saumâtres et marines. En raison de la variation de la salinité de l'eau des étangs du Gol et de Saint-Paul, nous appliquons la NQE la plus contraignante entre eau douce et eau marine.

1.3.3. Les micropolluants

Une appréciation plus globale de la qualité des étangs peut se faire sur l'ensemble des paramètres suivis. Notamment, les 159 molécules analysées pour lesquelles il n'existe pas de seuils pour qualifier l'état des masses d'eau, leur présence/absence, les tendances et les concentrations sont donc appréciées à dire d'expert.

2. Le Grand-Étang :



Carte 1 : Localisation du Grand-Étang et des stations de suivi



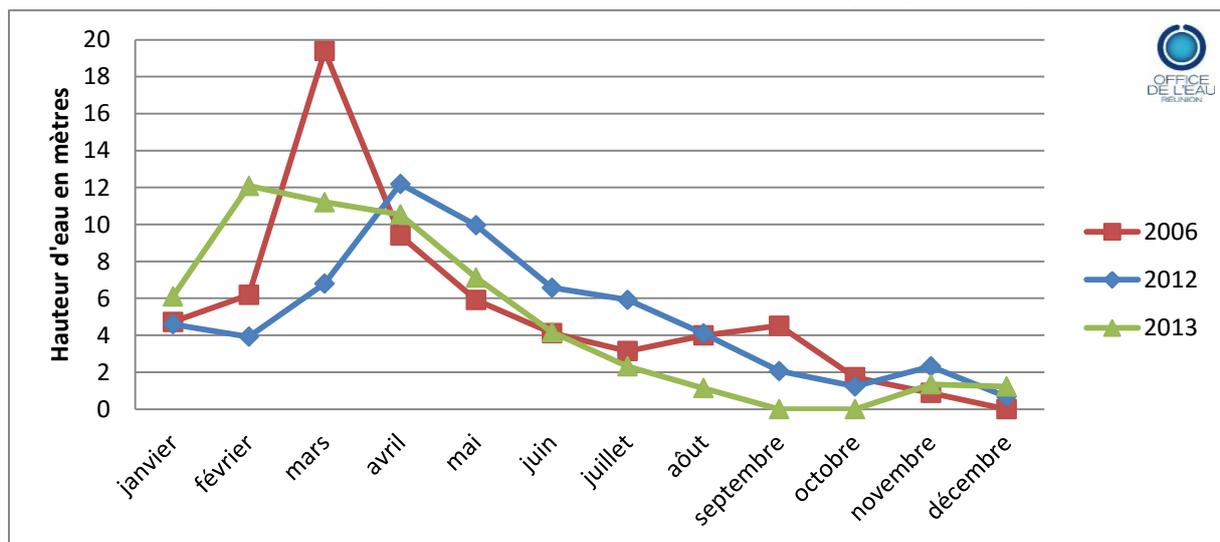
Photo 1 : Le Grand-Étang

2.1. Caractéristiques et fonctionnement hydrologique du Grand-Étang

Le Grand-Étang occupe le fond d'une ancienne vallée. Il collecte les eaux du Bras d'Annette via le Bras de l'Étang et les eaux de ruissellement de son bassin versant.

Il constitue un système lacustre endoréique, c'est-à-dire sans débouché sur l'océan et dont le seul aboutissement pour les eaux du bassin versant est le plan d'eau. Ainsi, l'évacuation des eaux de l'étang se fait par infiltration et par évaporation.

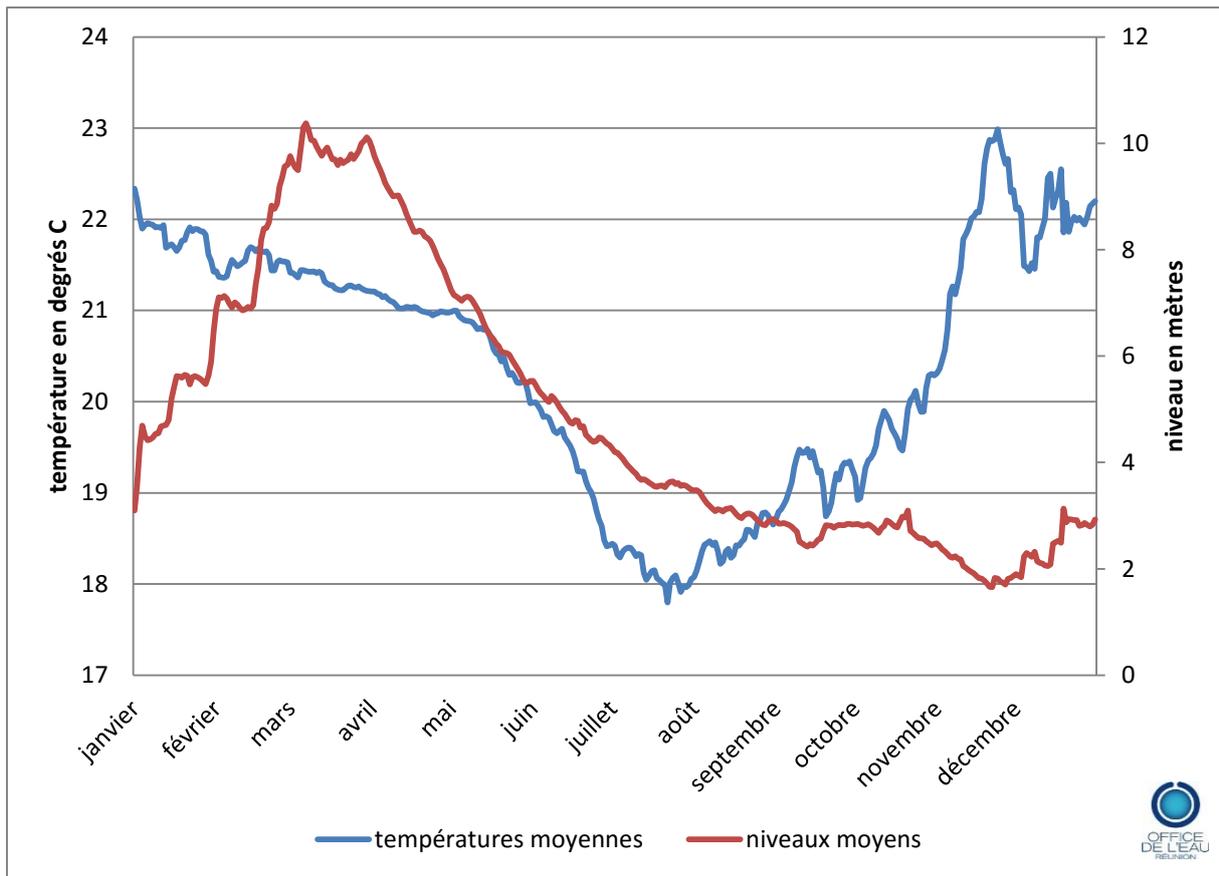
La surface moyenne de l'étang est de 40 hectares ; elle varie en fonction des niveaux d'eau dont la variabilité interannuelle évolue du maximum relevé le 07 mars 2006 à 19,392 mètres à des assèchements comme en 2013 (Graphique 1).



Graphique 1 : Exemple de variabilité des niveaux d'eau du Grand-Étang

En moyenne (Graphique 2), les hautes eaux ont lieu pendant l'été austral, maxima en mars-avril. Les basses eaux interviennent en général en fin de saison sèche entre novembre et décembre.

Les variations de température de l'eau sont liées aux saisons et soumises aux influences du niveau d'eau (différence fond/surface - inertie thermique).



Graphique 2 : Niveaux d'eau et de températures mensuels moyens du Grand-Étang évalués sur les données de 2004 à 2013

2.2. La méthodologie du suivi physico-chimique du Grand-Étang

Situé en zone naturelle, l'étang est peu exposé aux apports de matières et de substances liées aux activités anthropiques. D'un point de vue physico-chimique, l'eau est faiblement minéralisée et de bonne qualité générale.

La physico-chimie de l'étang est observée sur une station de mesure en continu (niveaux et température) et un point de prélèvement (mesures in-situ et prélèvements d'eau) (Carte 1).

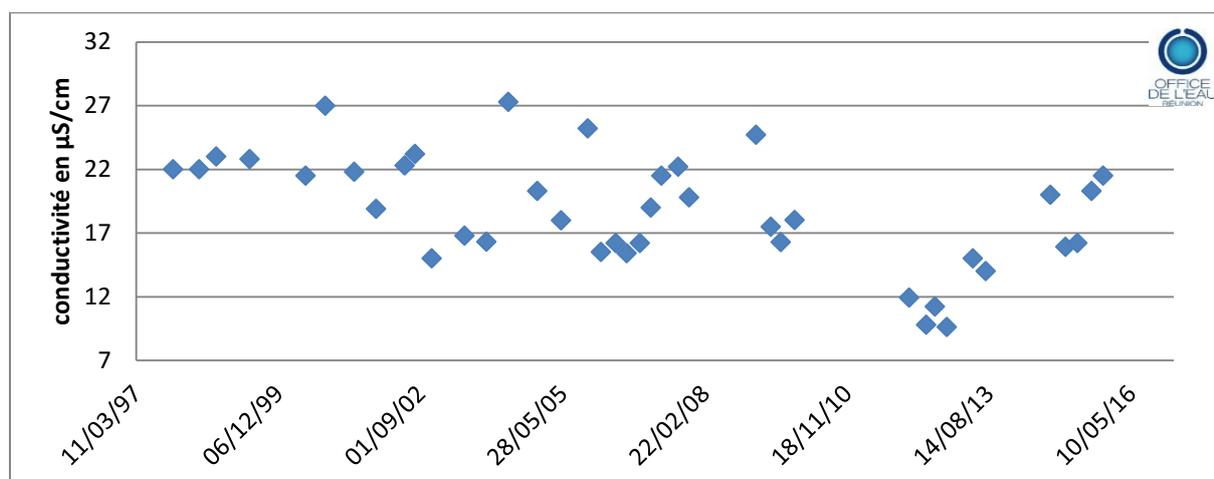
Le suivi physico-chimique est réalisé à partir des prélèvements d'eau en surface et au fond, au centre de l'étang jusqu'en février 2006. Pour des raisons logistiques, les prélèvements sont ensuite opérés au bord jusqu'à la fin de l'année 2015. Depuis 2016, les paramètres physico-chimiques sont à nouveau suivis au centre de l'étang, au fond et de façon intégrée sur la colonne d'eau.

Cette masse d'eau est suivie depuis 1997, 4 fois par an, avec des allègements en 2008, 2010 et 2011, compte tenu de son caractère naturel, de sa très faible exposition aux perturbations et aux changements d'une année à l'autre.

2.2.1. Les caractéristiques générales

La conductivité moyenne est de 21 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (données de 1997 à 2015). La concentration en sels dissous varie très peu annuellement et ne présente pas de phénomènes exceptionnels au cours de la période suivie (Graphique 3). On observe globalement une

diminution de la conductivité à partir de 2006. Elle est probablement liée à la localisation des prélèvements au bord.



Graphique 3 : Variations des mesures de conductivité en surface du Grand-Étang de 1997 à 2015

2.2.2. Évaluation de l'état physico-chimique au regard de la DCE

Les seuils des différentes classes d'état DCE sont définis à partir de la profondeur moyenne de l'étang sur une période de 6 ans (Tableau 1 : Seuils des différentes classes d'état pour le Grand-Étang. Bien que les niveaux de l'étang varient au cours de l'année, la moyenne des niveaux sur une période de 6 ans ne varie quasiment pas. Ainsi les seuils n'ont pas changé depuis le début du suivi en 1998.

A partir de 2004, le paramètre transparence n'est plus évalué en raison d'abord du niveau de l'étang parfois très bas ne permettant pas la mise en œuvre de la méthode de Secchi. En 2006, c'est le prélèvement au bord qui ne permet plus de réaliser des mesures de Secchi.

Seuils de classes d'état du Grand-Étang	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	≤ 0,135	≤ 2,2	≤ 0,027	≥ 1,85
Bon	≤ 0,198	≤ 5,3	≤ 0,038	≥ 1,36
Moyen	≤ 0,259	≤ 12,6	≤ 0,054	≥ 1
Médiocre	≤ 0,339	≤ 30,1	≤ 0,075	≥ 0,74
Mauvais	> 0,339	> 30,1	> 0,075	< 0,74

Tableau 1 : Seuils des différentes classes d'état pour le Grand-Étang

L'évolution de l'état physico-chimique de l'étang est présentée sur 3 périodes de 6 années.

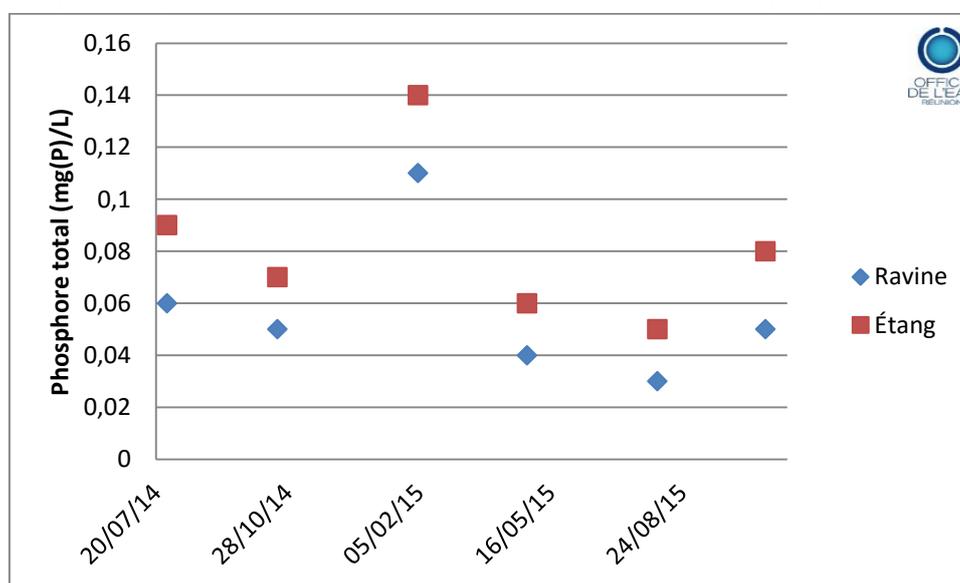
	Valeurs maximum d'ammonium en mg/L	Valeurs maximum de nitrates en mg/L	Valeurs médianes de phosphore total en mg/L	Transparence (profondeur médiane de Secchi en mètres)	Etat physico-chimique
1998-2003	0,1	1	0,04	1,5	Moyen
2004-2009	0,11	0,5	0,06	ND	Médiocre
2010-2015	0,025	0,6	0,04	ND	Moyen

Tableau 2 : État physico-chimique du Grand-Étang selon la méthode d'évaluation de l'état des plans d'eau appliquée au titre de la DCE en suivant le principe du paramètre déclassant. ND : non déterminé

Le phosphore total atteint les seuils de qualité médiocre et moyenne alors que les autres paramètres indiquent un très bon ou un bon état. Ce résultat est à nuancer car la méthode d'évaluation, notamment pour le phosphore, ne semble pas adaptée au fonctionnement de cette masse d'eau.

En effet, le bassin d'alimentation de l'étang est exclusivement naturel. Les principales activités humaines identifiées sont la randonnée pédestre et équestre, très peu impactantes pour le milieu.

La comparaison des taux de phosphore entre l'étang et la ravine qui l'alimente (Graphique 4) montre le même niveau de concentration et les mêmes tendances de variation. Les valeurs de phosphore total légèrement supérieures dans l'étang s'expliquent par l'enrichissement naturel des plans d'eau avec le temps et leur degré d'envasement.



Graphique 4 : Comparaison des quantifications de phosphore total entre la ravine et l'étang sur une période où les prélèvements sont effectués à la même fréquence sur les deux sites.

Les quantifications importantes de phosphore sont souvent observées après de forts épisodes pluvieux. Cela laisse supposer un apport terrigène par ruissellement ou une remobilisation du phosphore stocké dans le sédiment lorsque le niveau est bas.

Cette analyse des pressions sur le bassin versant et du fonctionnement de l'étang permet d'envisager une origine naturelle du phosphore total de l'étang. Ainsi il est possible ici d'adapter le principe du paramètre déclassant et de conclure à une bonne qualité physico-chimique de ces eaux.

2.2.3. Évolution des paramètres généraux

Afin d'affiner l'évaluation de la qualité de l'étang, une analyse annuelle 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. Ce sont les seuls seuils pour les paramètres physico-chimiques généraux pertinents pour le bassin réunionnais. Au-delà de leur applicabilité au contexte réunionnais, ils permettent de suivre finement les changements de la qualité de l'eau au regard de critère écologique.

D'autres seuils ont été testés dans le cadre de cette étude, notamment ceux utilisés pour les masses d'eau de transition de méditerranée (lagunes et étangs côtiers). Aucun n'a été jugé pertinent.

L'analyse de l'évolution annuelle des paramètres généraux permet de confirmer la bonne qualité de l'étang qui présente de très faibles concentrations en nutriment. Ces dernières sont en dessous des teneurs qui caractérisent la présence d'apports anthropiques et l'eutrophisation.

	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
1997	9,00	115,00	ND	ND	24,50	ND	ND	ND	ND	ND	7,50	7,50
1998	8,20	99,50	ND	ND	22,11	<0,15(lq)	0,10	<0,1(lq)	<0,05(lq)	ND	7,57	8,13
1999	6,90	85,00	ND	ND	22,50	<0,15(lq)	<0,01(lq)	<0,1(lq)	<0,05(lq)	ND	7,93	7,93
2000	8,44	96,00	ND	ND	22,28	<0,15(lq)	<0,01(lq)	<0,1(lq)	<0,05(lq)	<1(lq)	7,50	7,69
2001	8,27	99,41	ND	ND	21,67	<0,15(lq)	0,06	<0,1(lq)	<0,05(lq)	<1(lq)	6,68	7,76
2002	8,16	93,22	ND	ND	22,90	<0,15(lq)	0,03	<0,1(lq)	<0,05(lq)	<1(lq)	6,18	6,55
2003	8,22	101,12	ND	ND	23,13	<0,15(lq)	0,05	<0,1(lq)	<0,05(lq)	<1(lq)	7,62	7,97
2004	7,82	92,90	ND	ND	22,78	<0,15(lq)	0,07	<0,1(lq)	<0,05(lq)	<1(lq)	7,54	8,27
2005	9,37	112,09	ND	ND	21,88	<0,15(lq)	0,02	<0,1(lq)	<0,05(lq)	<1(lq)	7,79	7,79
2006	8,81	108,02	<3(lq)	4,06	23,95	<0,15(lq)	0,07	0,11	<0,05(lq)	<1(lq)	6,80	8,72
2007	7,52	89,84	4,00	3,57	26,29	<0,15(lq)	0,08	<0,1(lq)	<0,05(lq)	<1(lq)	7,55	8,69
2008	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2009	8,94	105,41	4,97	5,12	27,13	0,11	0,11	0,07	<0,025(lq)	<1(lq)	8,63	9,17
2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2011	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2012	5,90	67,34	2,30	3,77	25,42	<0,1(lq)	0,02	<0,05(lq)	<0,025(lq)	<1(lq)	6,69	8,44
2013	5,60	69,54	3,40	ND	24,95	<0,02(lq)	0,03	0,02	<0,01(lq)	<0,5(lq)	6,91	8,24
2014	5,55	69,20	2,24	ND	26,30	<0,02(lq)	0,09	0,02	<0,01(lq)	0,60	6,96	7,88
2015	6,91	85,13	3,62	ND	23,94	0,03	0,12	0,01	<0,01(lq)	<0,5(lq)	6,80	7,25

Tableau 3³ : Valeurs annuelles des paramètres généraux du Grand-Étang, évaluées sur la base des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 4). (lq) : limite de quantification ; ND : non déterminé.

³ Avant les années 2000 les notions de limite de quantification n'étaient pas développées. Elles n'étaient donc pas calculées par les laboratoires. Pendant cette période, les faibles concentrations sont donc entachées de grande incertitude et ont été remplacées par la limite de quantification supérieure dès lors quelle ont été définies

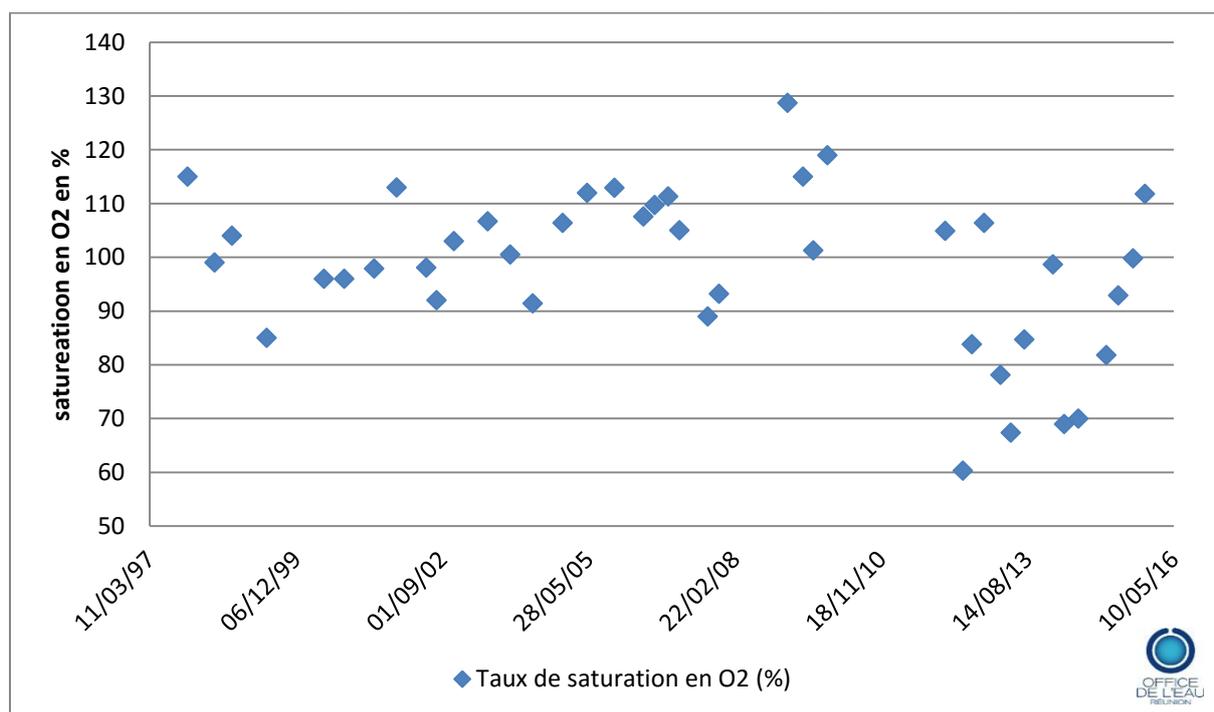
Paramètres par élément de qualité	Limites des classes d'état				
	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Bilan de l'oxygène					
Oxygène dissous (mg/L)	≥8	≥6	≥4	≥3	<3
Taux de saturation en O ₂ dissous (%)	≥90	≥70	≥50	≥30	<30
DBO ₅ (mg/L)	≤3	≤6	≤10	≤25	>25
Carbone organique dissous (mg/L)	≤5	≤7	≤10	≤15	>15
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

Tableau 4 : Seuils de classes d'état cours d'eau applicables à La Réunion

* : pas de valeurs établies à ce stade de connaissance

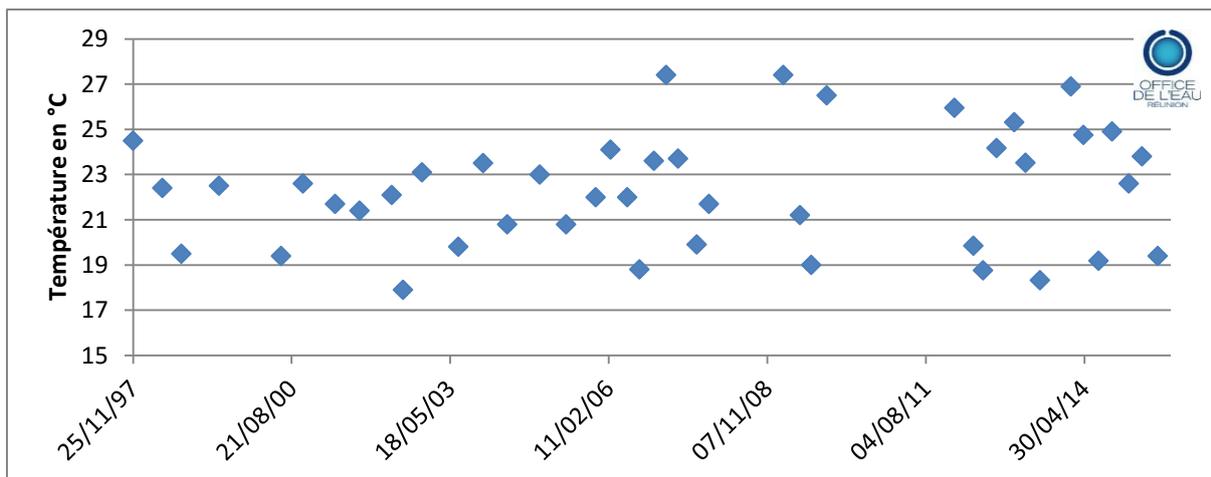
Les paramètres liés à l'oxygène présentent occasionnellement des variations plus marquées (Graphique 5 : Comparaison des taux de saturation en oxygène et des niveaux de pH

). Le taux de saturation en oxygène atteint des minima le 30 mai 2012 (temps pluvieux), le 23 avril 2013, le 23 avril et le 28 juillet 2014. Ces valeurs basses ne peuvent pas directement être reliées au fonctionnement de l'étang ou à des conditions écologiques particulières liées au déplacement du point de suivi ou à la météorologie.



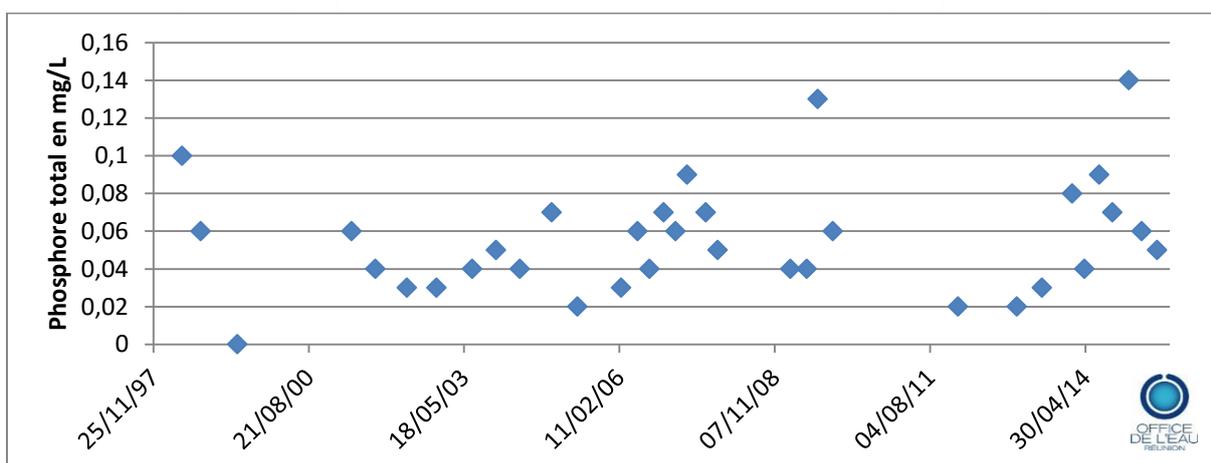
Graphique 5 : Comparaison des taux de saturation en oxygène et des niveaux de pH

Le changement de station de suivi de l'étang (depuis le bord à partir de 2006) est visible sur le paramètre température (Graphique 6) par un écart plus important sur les valeurs limites à partir de 2006.



Graphique 6 : Variation de la température de l'eau du Grand-Étang

Les concentrations en nutriments sont en dessous des teneurs qui caractérisent la présence d'apports anthropiques, voire en dessous des seuils de quantification et de détection des laboratoires. Seul le phosphore total peut avoir des valeurs singulières avec une origine probablement naturelle.



Graphique 7 : Variations du phosphore total au Grand-Étang

2.1. L'état chimique du Grand-Étang

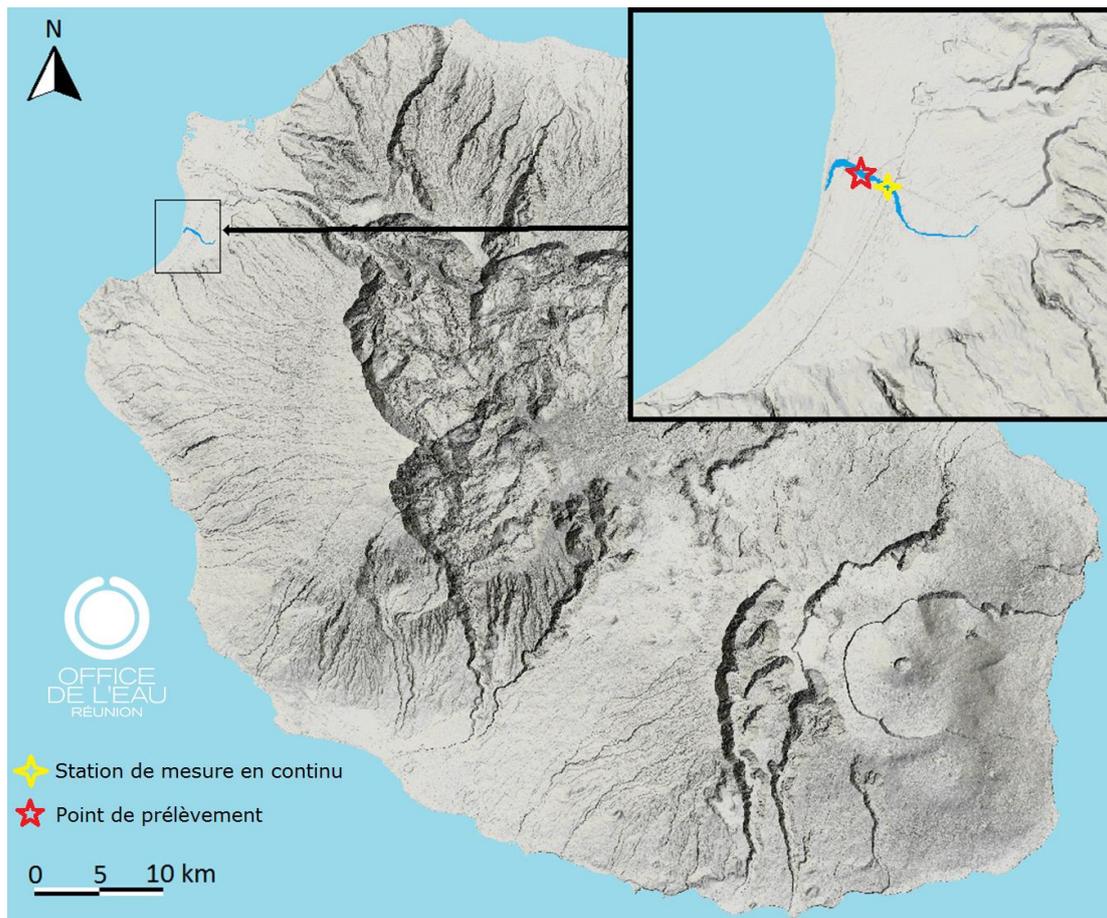
Le bassin versant du Grand-Étang est très peu anthropisé. C'est pour cette raison que l'Office de l'eau a choisi de ne pas suivre les micropolluants sur ce site jusqu'à la fin de l'année 2015.

Deux premières analyses de micropolluants réalisées en 2016 ne révèlent pas de contamination particulière.

En ce qui concerne les métaux, leurs suivis en 2016 pourraient servir à la caractérisation de leur présence naturelle ; les données pourraient contribuer à la meilleure connaissance du bruit de fond géochimique et permettre d'évaluer dans les milieux dégradés la présence de métaux liés aux activités humaines.

Globalement, la qualité chimique du Grand-Étang est très bonne.

3. L'Étang de Saint-Paul



Carte 2 : Localisation de l'Étang de Saint-Paul et des stations de suivi



Photo 2 : L'Étang de Saint-Paul vue depuis le pont métallique

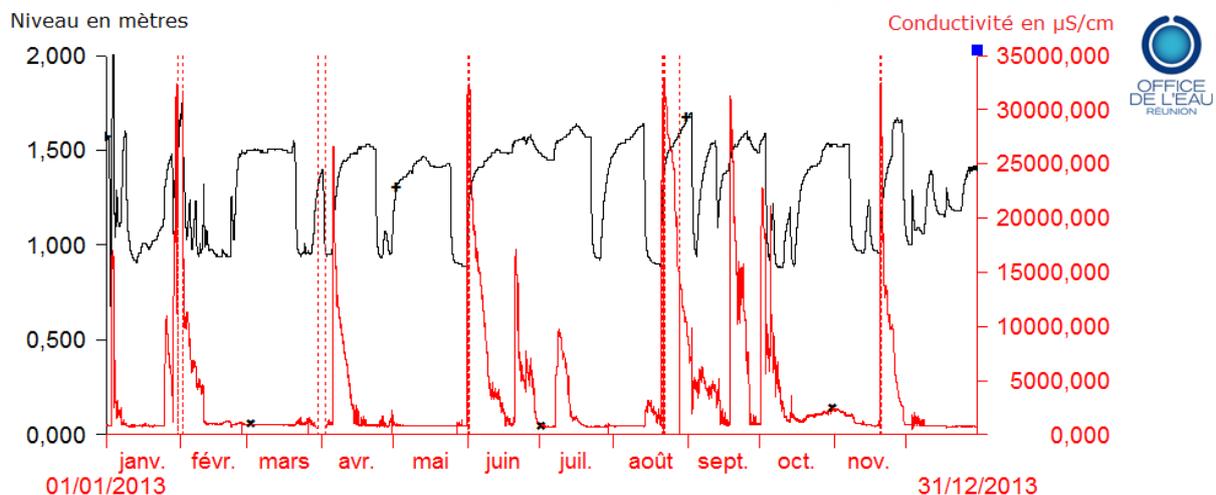
3.1. Le fonctionnement hydrologique de l'Étang de Saint-Paul

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 humide⁴. 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 variabilité⁵. 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

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 8).

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.



Graphique 8 : variations de la conductivité et des hauteurs de l'Étang de Saint-Paul en 2013

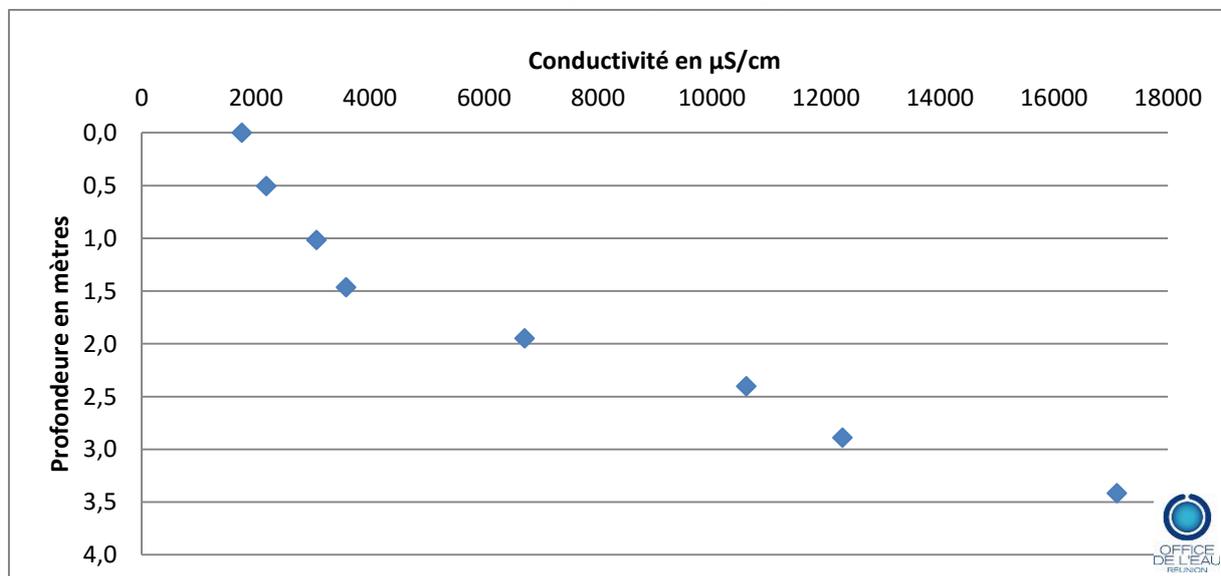
Les ouvertures du cordon littoral sont pour partie maîtrisées par le gestionnaire de la réserve naturelle nationale de l'Étang de Saint-Paul. Dans une moindre mesure, les ouvertures sont consécutives à des actes de braconnage, d'assèchement de parcelle, ou plus occasionnellement, à des épisodes de fortes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

⁴ 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.

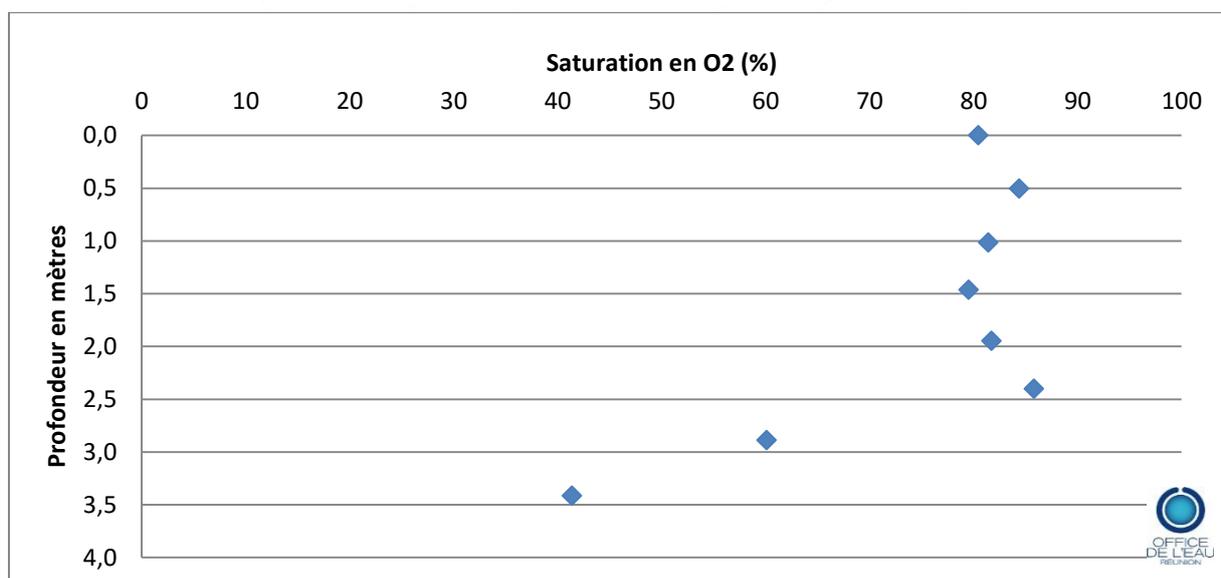
⁵ Bilan hydrométriques de l'Office de l'eau Réunion de 1998 à 2000.

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 9 et 10) notamment pour la conductivité et l'oxygène.



Graphique 9 : 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.



Graphique 10 : 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.

3.2. 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 (Carte 2).

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 écologique ou chimique localisées.

Les prélèvements d'échantillons d'eau sont effectués au fond et en surface depuis 1997. Selon les préconisations d'Aquaref⁶, celui en surface est remplacé par un prélèvement intégré le long de la colonne d'eau à partir de la fin 2012.

3.3. La qualité physico-chimique de l'Étang de Saint-Paul

3.3.1. Évaluation de l'état physico-chimique au regard de la DCE.

La qualité physico-chimique des plans d'eau s'évalue sur la base des valeurs maximum d'ammonium et de nitrate et des valeurs médianes de phosphore total et de transparence sur des périodes de 6 ans.

En l'absence de seuils spécifiques locaux, les classes d'état sont définies à partir de valeurs cibles nationales et calculées selon la profondeur moyenne de l'étang au cours de la période concernée (Tableau 1 : Seuils des différentes classes d'état pour le Grand-Étang).

Les niveaux moyens de l'Étang de Saint-Paul sont homogènes sur la période de suivi et ne génèrent pas de modification des seuils d'une période à l'autre.

Seuils de classes d'état de l'Étang de Saint-Paul	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	≤ 0,172	≤ 2,2	≤ 0,045	≥ 1,21
Bon	≤ 0,251	≤ 5,3	≤ 0,063	≥ 0,87
Moyen	≤ 0,367	≤ 12,6	≤ 0,087	≥ 0,65
Médiocre	≤ 0,497	≤ 30,1	≤ 0,122	≥ 0,48
Mauvais	> 0,497	> 30,1	> 0,122	< 0,48

Tableau 5 : Seuils des différentes classes d'état pour l'Étang de Saint-Paul

	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)	État physico-chimique
1998-2003	0,17	3,84	0,085	1,4	Moyen
2004-2009	3	3,55	0,1	1,2	Mauvais
2010-2015	1,9	38,2	0,085	1,2	Mauvais

Tableau 6 : État physico-chimique de l'Étang de Saint-Paul selon la méthode d'évaluation de l'état des plans d'eau appliquée au titre de la DCE en suivant le principe du paramètre déclassant

Au regard de cette méthode d'évaluation, la qualité de l'Étang de Saint-Paul est globalement altérée. Cet état découle de l'enrichissement en nutriments et du déséquilibre écologique observés sur la masse d'eau.

⁶ 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.

En parallèle, l'évolution de ces paramètres sur un pas de temps plus réduit, complété par des mesures d'autres nutriments, précise la qualité de la masse d'eau. En effet, le fonctionnement de l'Étang de Saint-Paul diffère des caractéristiques des plans d'eau classiques et se rapproche plus d'un fonctionnement de type lagune littorale.

3.3.2. Analyse et évolution des paramètres physico-chimiques généraux

L'analyse annuelle s'effectue en fonction des paramètres sur la base des centiles 90 ou 10 comparés aux seuils d'état utilisés pour les cours d'eau à La Réunion. Cette analyse permet de suivre plus finement les changements de la qualité de l'eau au regard de critères écologiques.

Le suivi intègre les échantillons d'eau prélevés en surface jusqu'en 2012 et ceux intégrés sur la colonne d'eau par la suite. Les données acquises par le biais de ces deux méthodes sont considérées indifféremment et permettent d'observer des évolutions.

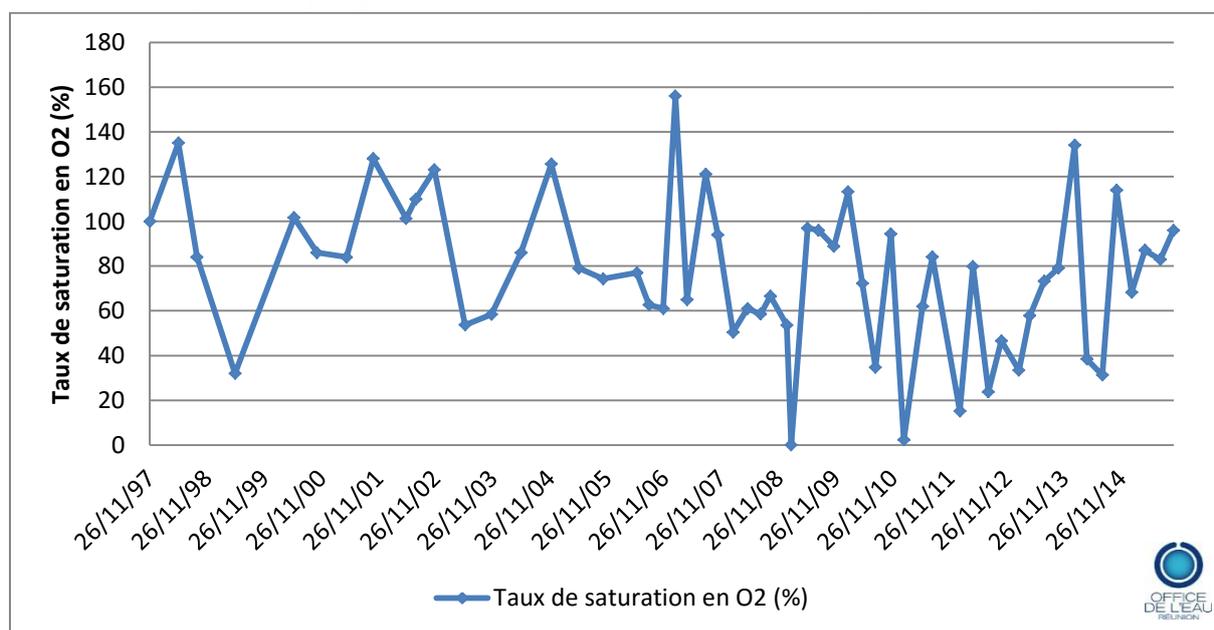
	O2 dissous (mg/L) centile 10	taux de saturation (%) centile 10	DBO5 (mg/L) centile 90	Carbone organique dissous (mg/L) centile 90	Température (°C) centile 90	Orthophosphates (mg/L) centile 90	Phosphore total (mg/L) centile 90	Ammonium (mg/L) centile 90	Nitrites (mg/L) centile 90	Nitrates (mg/L) centile 90	pH min centile 10	pH max centile 90
1997	8,25	100,00	ND	ND	26,80	<0,15(lq)	0,10	<0,1(lq)	<0,05(lq)	0,55	8,20	8,20
1998	7,63	89,10	ND	ND	24,26	<0,15(lq)	0,13	0,16	0,08	3,18	7,76	8,24
1999	3,00	32,00	ND	ND	21,50	<0,15(lq)	0,20	<0,1(lq)	<0,05(lq)	ND	7,03	7,03
2000	7,36	87,56	ND	ND	24,96	<0,15(lq)	0,05	<0,1(lq)	0,06	0,89	7,57	7,96
2001	7,21	88,40	ND	ND	25,74	<0,15(lq)	0,06	<0,1(lq)	<0,05(lq)	0,57	6,93	7,49
2002	8,79	103,04	ND	ND	25,52	<0,15(lq)	0,14	<0,1(lq)	<0,05(lq)	3,33	7,23	7,34
2003	4,69	54,17	ND	ND	24,04	<0,15(lq)	0,14	<0,1(lq)	<0,05(lq)	2,39	7,11	7,17
2004	7,74	89,96	ND	ND	25,60	<0,15(lq)	0,37	<0,1(lq)	<0,05(lq)	1,11	7,48	7,60
2005	6,27	74,77	ND	ND	25,10	<0,15(lq)	0,09	<0,1(lq)	<0,05(lq)	3,03	7,25	7,25
2006	5,07	61,34	3,00	6,21	25,07	<0,15(lq)	0,13	<0,1(lq)	<0,05(lq)	3,50	6,98	7,20
2007	5,98	73,70	5,90	2,87	29,37	<0,15(lq)	0,41	1,10	<0,05(lq)	3,28	7,29	7,92
2008	4,31	52,90	3,90	4,37	26,36	0,20	0,28	<0,05(lq)	0,07	3,34	7,04	7,38
2009	1,74	21,44	3,00	5,20	27,70	0,57	0,21	2,85	<0,025(lq)	3,38	6,95	7,34
2010	4,09	45,93	5,00	3,21	28,82	<0,1(lq)	0,14	1,05	<0,025(lq)	2,34	6,98	7,33
2011	1,22	14,22	1,53	5,43	26,76	0,20	0,11	0,67	0,16	3,17	6,92	7,11
2012	1,48	17,78	4,10	4,78	26,04	<0,1(lq)	0,17	<0,05(lq)	0,20	1,95	6,90	7,30
2013	3,21	40,72	6,53	3,48	27,92	<0,02(lq)	0,10	1,66	0,05	5,36	7,18	7,51
2014	2,83	33,43	3,28	3,50	28,21	<0,02(lq)	0,09	1,22	<0,01(lq)	35,70	6,79	7,70
2015	6,19	72,65	3,26	8,54	25,42	0,18	0,24	0,54	0,95	8,68	7,10	7,49

Tableau 7⁷ : Valeurs annuelles des paramètres généraux de l'Étang du Gol évaluées sur la base des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 4). (Iq) : limite de quantification ; ND : non déterminé

Cette analyse montre une tendance à la détérioration des paramètres oxygène et d'une partie des nutriments à partir de 2007.

Les paramètres liés à l'oxygène présentent à plusieurs reprises des valeurs très faibles : à plusieurs reprises, le taux de saturation en oxygène est quasiment nul (Graphique 11), indicateur de conditions anoxiques liées à des épisodes d'eutrophisation. Les teneurs en oxygène diminuent jusqu'en 2011, les teneurs les plus basses sont observées en période chaude durant laquelle la prolifération des laitues d'eau (*Pistia stratiotes*) et des jacinthes (*Eichhornia crassipes*) est fréquente.

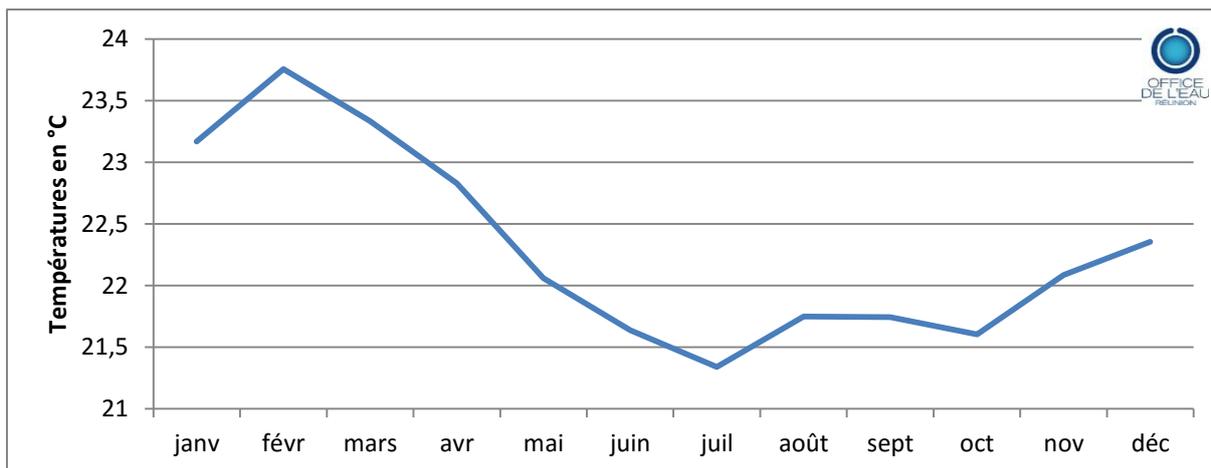
La tendance semble s'inverser à partir de 2012. Cette amélioration pourrait être liée aux actions de réhabilitation et de curage des canaux, entreprises par le gestionnaire de la réserve, permettant une meilleure circulation de l'eau.



Graphique 11 : Comparaison des mesures du taux de saturation en oxygène de l'Étang de Saint-Paul

Les températures mensuelles moyennes sont comparables entre l'hiver et l'été austral, les écarts n'excédant pas 2,5°C entre les deux saisons.

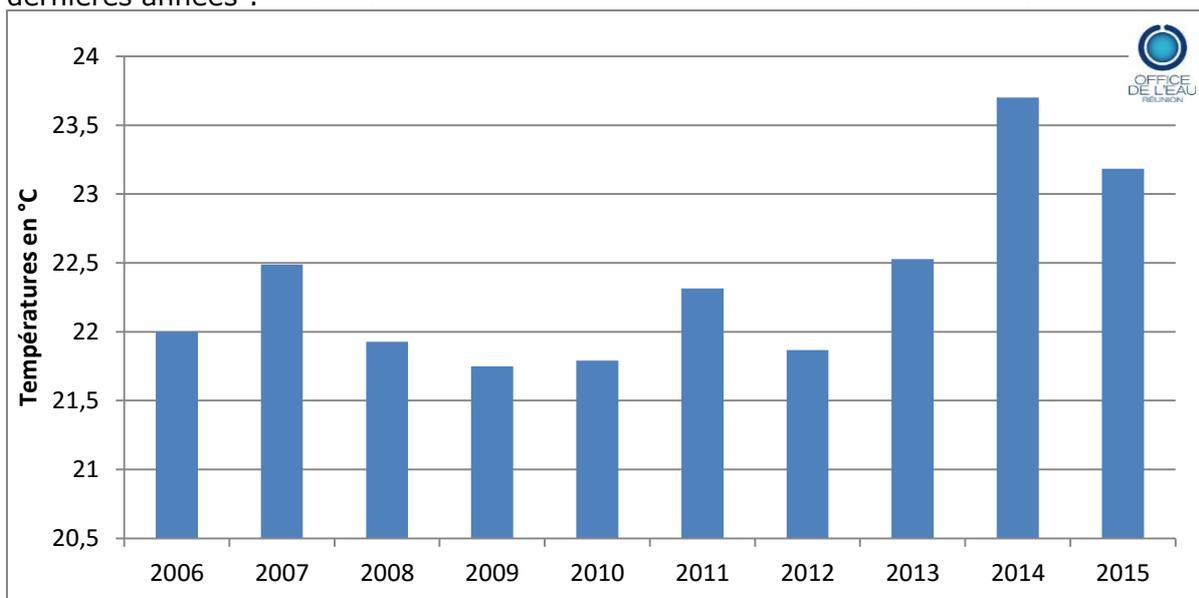
⁷ Avant les années 2000 les notions de limite de quantification n'étaient pas développées. Elles n'étaient donc pas calculées par les laboratoires. Pendant cette période, les faibles concentrations sont donc entachées de grande incertitude et ont été remplacées par la limite de quantification supérieure dès lors qu'elle ont été définies



Graphique 12 : Moyennes mensuelles des températures de l'Étang de Saint-Paul

Les moyennes annuelles sont relativement constantes entre 2006 et 2013 et présentent des valeurs plus importantes en 2014 et 2015 (graphiques 13).

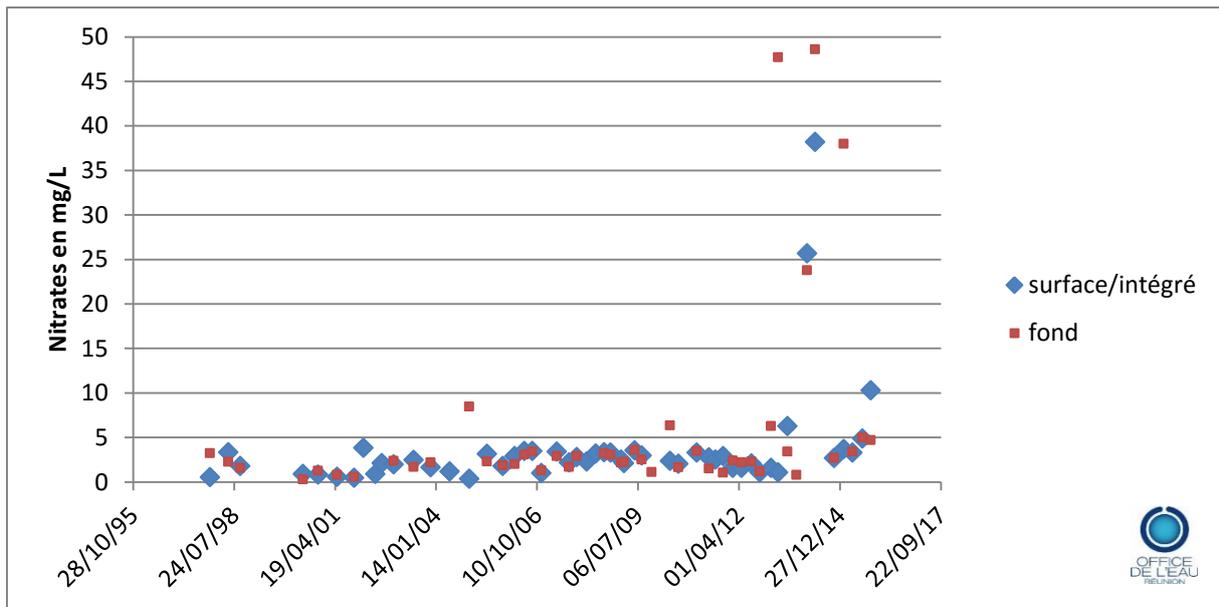
Une tendance à l'augmentation des températures pourrait être liée au phénomène de réchauffement climatique et notamment à l'augmentation des occurrences d'épisodes d'années chaudes. Les années 2014 et 2015 étant classées par Météo-France respectivement deuxième et troisième années les plus chaudes à La Réunion ces 50 dernières années⁸.



Graphiques 13 : Moyennes annuelles des températures de l'Étang de Saint-Paul calculées sur la base des moyennes mensuelles à partir des données hautes fréquences. Les données manquantes sont remplacées par les températures moyennes.

La concentration en nitrate est globalement faible sur l'étang. Des valeurs conséquentes sont observées en 2013 et 2014 (graphique 14) sans que leurs origines puissent être précisées.

⁸ Bulletin Climatologiques Annuel 2014 et 2015 de Météo-France



Graphique 14 : Comparaison des valeurs de nitrates au fonds et en surface de l'Étang de Saint-Paul

3.4. La qualité chimique de l'Étang de Saint-Paul

3.4.1. Le suivi des micropolluants

L'état des milieux aquatiques réunionnais se fonde sur le suivi de 213 molécules 4 fois par an dans la matrice eau. Des seuils de qualité environnementale existent pour les micropolluants au titre de l'état chimique et des polluants spécifiques de l'état écologique de la DCE ; cependant, ils n'existent pas pour toutes les molécules ni pour la recherche dans les sédiments. La présence/absence et le niveau de concentration des micropolluants sont donc appréciés à dire d'expert.

Le tableau 8 résume la fréquence et l'effort annuel des suivis réalisés sur l'Étang de Saint-Paul.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de campagnes annuelles	4	4	5	4	4	4	4	4	4
Nombre de paramètres suivis	121	194	196	202	203	203	223	223	223
Nombre d'analyses	484	776	980	808	812	812	892	892	892
Nombre de détections à l'état de traces							1	1	4
Nombres de paramètres quantifiés	2	7	9	9	5	4	13	14	10
Nombre de quantifications totales	4	11	22	11	5	4	27	36	31

Tableau 8 : Évolution des micropolluants recherchés, des paramètres détectés et quantifiés dans l'eau de l'Étang de Saint-Paul

Entre 2007 à 2015, 23 paramètres différents sont identifiés : 13 micropolluants organiques (pesticides et hydrocarbures) et 10 métaux (dont le cadmium identifié une seule fois en 2015 sous forme de trace).

Avant 2013 les bassins étaient libres de suivre ou non les métaux dans les plans d'eau. La fréquence des suivis avant cette date relève donc de choix stratégiques internes à l'Office de l'eau (raisons économiques, manque de données sur le bruit de fonds géochimique, etc.). Ainsi, les métaux sont suivis dans l'Étang de Saint-Paul à partir de 2008 au rythme de deux fois par an, 4 fois en 2009, une seule fois en 2010, plus du tout en 2011 et 2012 avant de reprendre un rythme de 4 fois par an à partir de 2013.

Paramètres	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Nombre total de quantifications
Bore		3	5	1	ND	ND	4	4	4	21
Zinc		3	4	1	ND	ND	4	4	4	20
Cuivre		1	3	1	ND	ND	4	4	4	17
Arsenic			2	1	ND	ND	3	4	3	13
Nickel				1	ND	ND	3	4	4	12
Chrome				1	ND	ND	2	4	4	11
AMPA			2	2		1	1	1	1	8
Plomb				1	ND	ND	2	2	3	8
Di(2-ethylhexyl)phtalate			1		2	1		1	2	7
Méthyl tert-butyl Ether	3	1	1					1		6
Naphtalène	1	1	3			1				6
Glyphosate			1	2			1			4
Antimoine								2	1	3
Sélénium					ND	ND	1	2		3
Indice hydrocarbure					1		1	1		3

Tableau 9 : Les 15 micropolluants les plus quantifiés de 2007 à 2015 dans l'Étang de Saint-Paul

En ce qui concerne la contamination chimique des sédiments, suivis une fois par an depuis 2013, jusqu'à 25 paramètres sont quantifiés en 2013 dont 5 micropolluants organiques et 20 micropolluants minéraux.

	2013	2014	2015
Nombre de campagnes annuelles	1	1	1
Nombre de paramètres suivis	159	159	159
Nombre d'analyses	159	159	159
Nombre de détections à l'état de traces	0	2	1
Nombres de micropolluants organiques quantifiés	5	0	0
Nombres de micropolluants minéraux quantifiés	20	21	18
Nombre de quantifications totales	25	21	18

Tableau 10 : Évolution des micropolluants recherchés, des paramètres détectés et quantifiés dans les sédiments de l'Étang de Saint-Paul

La qualité de l'Étang de Saint-Paul est bonne au regard des substances suivies pour l'état chimique. Cependant, le niveau de concentration de certains polluants et leurs caractères ubiquistes laissent penser que les seuils de qualité pourraient être dépassés dans les années à venir.

3.4.2. Les polluants spécifiques de l'état écologique (PSEE)

3.4.2.1. Les métaux

Le suivi est réalisé de 2008 à 2015, à l'exception des années 2011 et 2012, sur la fraction totale des métaux (forme dissoute et particulaire) puis à partir de 2016 uniquement sur la phase dissoute.

Les quatre polluants minéraux (arsenic, zinc, chrome et cuivre) sont détectés et quantifiés dans l'eau de l'étang.

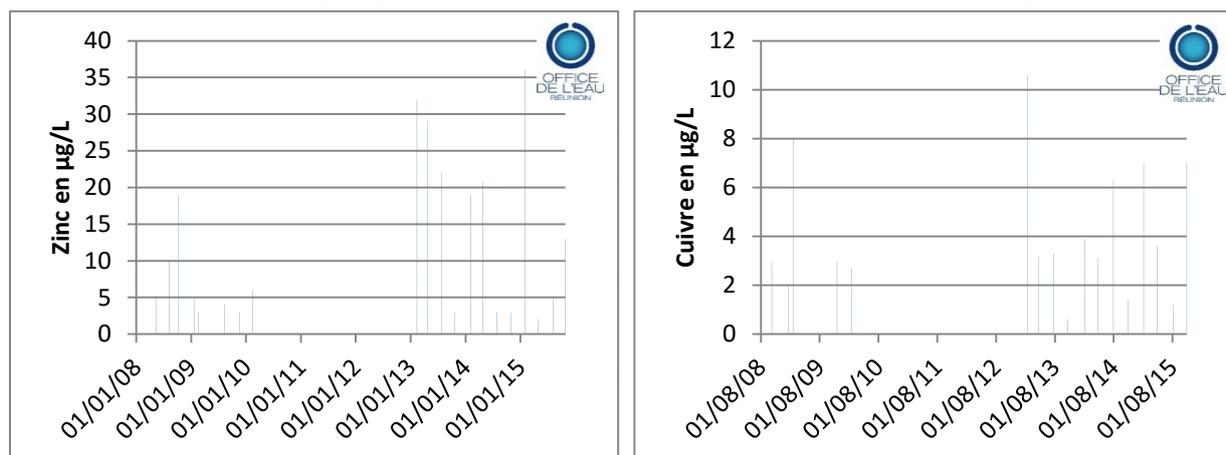
Les concentrations moyennes annuelles en arsenic et chrome ne dépassent pas les seuils de qualité. Celles du zinc et du cuivre sont beaucoup plus importantes (tableau 11).

Cependant, ces teneurs étant quantifiées sur la fraction totale, elles ne peuvent pas directement être comparées aux NQE fixées pour les métaux dissous et être prises en compte dans l'évaluation de l'état pour cette masse d'eau.

	Arsenic (µg/L)	Zinc (µg/L)	Chrome (µg/L)	Cuivre (µg/L)
2008	ND	11,33	ND	3
2009	0,25	3,75	ND	4,33
2010	0,4	6	1,1	2,7
2013	0,53	21,5	0,45	4,425
2014	0,5	11,425	0,475	3,675
2015	0,27	14	1,325	4,7
NQE MA	0,83	7,8	3,4	1

Tableau 11 : Comparaison des moyennes annuelles des PSEE (non synthétique) de Saint-Paul aux normes de qualités environnementales moyennes annuelles

Sur la période du suivi, les quantifications sont plus fréquentes, notamment pour le cuivre (graphique 15 B).



Graphiques 15: Évolution des quantifications de zinc (15 A) et de cuivre (15 B) dans l'Étang de Saint-Paul

En novembre 2015, l'analyse des métaux est réalisée sur des échantillons d'eaux filtrés et non filtrés : les teneurs en cuivre et en zinc sont inférieures pour les échantillons filtrés respectivement de 64 % et 40 %. Malgré la filtration, la concentration en cuivre dissous reste supérieure au seuil de qualité environnementale.

Les premiers résultats d'analyses sur la fraction dissoute en 2016 sont plus faibles que les données précédemment acquises mais restent supérieurs aux NQE pour le cuivre et en sont proches pour le zinc.

Ces présences pourraient être en partie associées au fond géochimique⁹. Toutefois, les variations importantes et les concentrations régulièrement mesurées confirment l'origine anthropique de ces substances.

⁹ 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.

Le classement en mauvais état écologique au titre de la directive cadre sur l'eau est à considérer pour les années à venir.

3.4.2.2. Les polluants synthétiques

En ce qui concerne les polluants synthétiques, le 2,4-D, herbicide agricole autorisé dans les jardins, est le seul polluant synthétique appartenant aux PSEE quantifié sur l'ensemble des années de suivi. Une teneur de 0,03 µg/L est quantifiée en 2011 et 0,06 µg/L en 2015. Les concentrations moyennes annuelles restent nettement inférieures à la NQE-MA fixée à 2,2 µg/L.

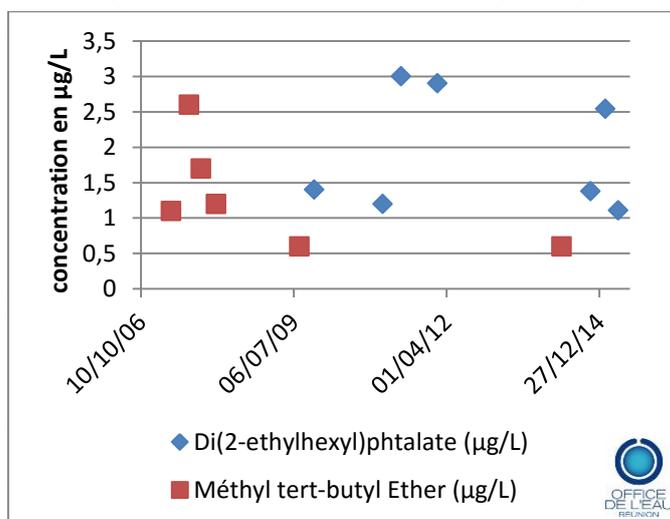
3.4.3. Les substances de l'état chimique

Sur les 55 molécules de l'état chimique, 7 sont détectés dans l'Étang de Saint-Paul. Il s'agit du diuron, du naphthalène, du para-tert-octylphénol, du cadmium, du plomb, du nickel et du di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP). Aucun d'entre eux ne dépasse les normes de qualité.

3.4.3.1. Les polluants synthétiques

Des quantifications importantes de DEHP, famille des plastifiants, sont constatées en 2011, 2012 et 2015. Les concentrations moyennes annuelles en 2011 (1,125µg/L) et 2015 (1,1625µg/L) sont notables mais ne dépassent pas la NQE-MA (1,3µg/L). Il n'existe pas de NQE CMA pour cette molécule.

On note également la quantification de méthyl tert-butyl éther, majoritairement utilisé comme additif de l'essence.



Graphique 16 : Évolution des qualifications de Di(2-ethylhexyl)phthalate et de Méthyl tert-butyl Ether

L'état des eaux ne peut pas être évalué pour certains paramètres, en raison des performances analytiques insuffisantes des laboratoires.

C'est le cas du para-tert-octylphénol qui est quantifié une seule fois en 2012 à 0,08 µg/L. La limite de quantification (LQ) est de 0,04 µg/L pour cette molécule, alors que la NQE MA est fixé à 0,01 µg/L. Ainsi, dans ce cas l'évaluation est incertaine. Pour mémoire, la LD correspond au tiers de la LQ, soit dans ce cas 0,0133 µg/L. L'évaluation est incertaine quand la LQ est supérieure à la NQE. En raison de leur grande incertitude, on ne se base pas sur les LQ pour évaluer l'état, elles ne sont d'ailleurs plus communiquées par les laboratoires depuis 2012.

C'est également le cas pour les polluants suivants :

Substance	LQ	LD	NQE MA
para-tert-octylphénol	0,04µg/L	0,0133µg/L	0,01µg/L
C10-13-chloroalcanes	10µg/L	3,33µg/L	0,4µg/L
aldrine	0,02µg/L	0,0066µg/L	0,01µg/L
dieldrine	0,02µg/L	0,0066µg/L	0,01µg/L
endosulfan	0,02µg/L	0,0066µg/L	0,005µg/L
fluoranthène	0,01µg/L	0,0033µg/L	0,0063µg/L
nonylphénols	0,04µg/L	0,0133µg/L	0,03µg/L
benzo(a)pyrène	0,001µg/L	0,00033µg/L	0,00017µg/L
bifénox	0,02µg/L	0,0066µg/L	0,012µg/L
cyperméthrine	0,02µg/L	0,0066µg/L	0,00008µg/L
dichlorvos	0,02µg/L	0,0066µg/L	0,0006µg/L
heptachlore	0,02µg/L	0,0066µg/L	0,0000002µg/L
époxy d'heptachlore	0,02µg/L	0,0066µg/L	0,0000002µg/L

Tableau 12 : Substances suivies dont la limite de quantification est inférieure à la norme de qualité environnementale moyenne annuelle. Les LD sont données à titre indicatif pour illustrer notre propos.

3.4.3.2. Les métaux

Pour les métaux appartenant aux substances de l'état chimique, le cadmium est détecté sous forme de traces en 2015.

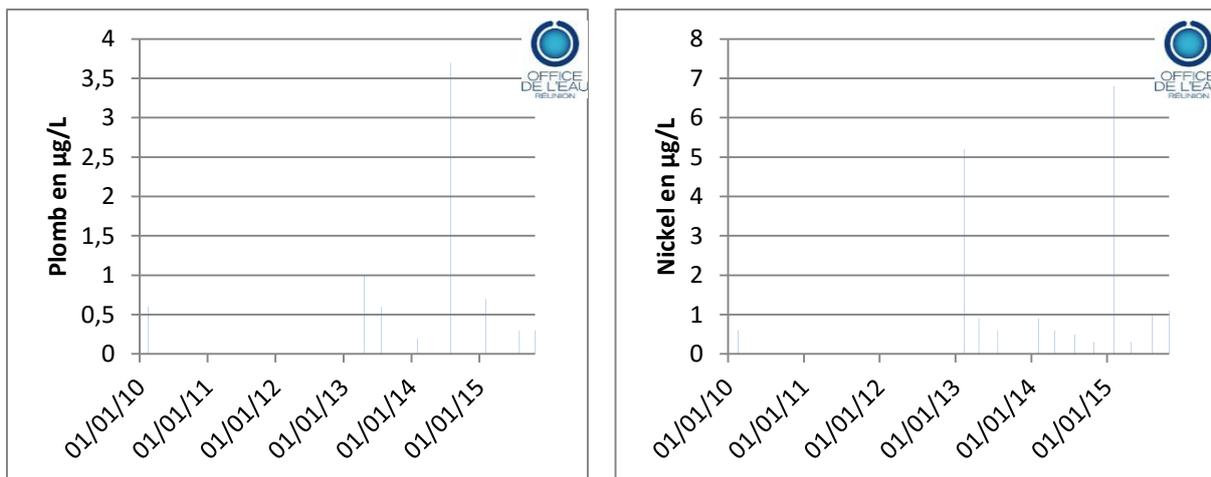
Le plomb et le nickel (fraction totale) sont quantifiés en 2010, 2013, 2014 et 2015. Les concentrations moyennes annuelles et les concentrations maximales admissibles ne dépassent jamais les normes de qualité environnementales établies pour ces paramètres (Tableau 12).

	Plomb (µg(Pb)/L)	Nickel (µg(Ni)/L)
2010	0,6	0,6
2013	0,45	1,7
2014	1,025	0,575
2015	0,35	2,3
NQE MA	1,2	4

Tableau 13 : Moyennes annuelles de plombs et de nickel comparées aux seuils de qualité environnementale. NQE MA : norme de qualité environnementale moyenne annuelle

Les teneurs en plomb et en nickel ne semblent pas présenter de tendance à la hausse en dehors de pics exceptionnels. Selon l'étude du BRGM sur le bruit de fond géochimique de La Réunion¹⁰, le nickel est d'origine naturelle, la présence du plomb est, quant à elle, principalement rattachée aux activités humaines polluantes.

¹⁰ Lions et al. BRGM, 2008



Graphique 17 : Quantifications de plomb et de nickel dans l'Étang de Saint-Paul

Les inter-comparaisons de 2015 mettent en évidence des teneurs inférieures en moyenne à 75 % pour le plomb et 50 % pour le nickel pour les échantillons filtrés par rapport aux non filtrés.

Les premiers résultats acquis en 2016 sur la fraction dissoute ne dépassent pas les NQE. Ils présentent tout de même des quantifications remarquables comme le nickel quantifié à de 8,9 µg/L le 25 janvier 2016.

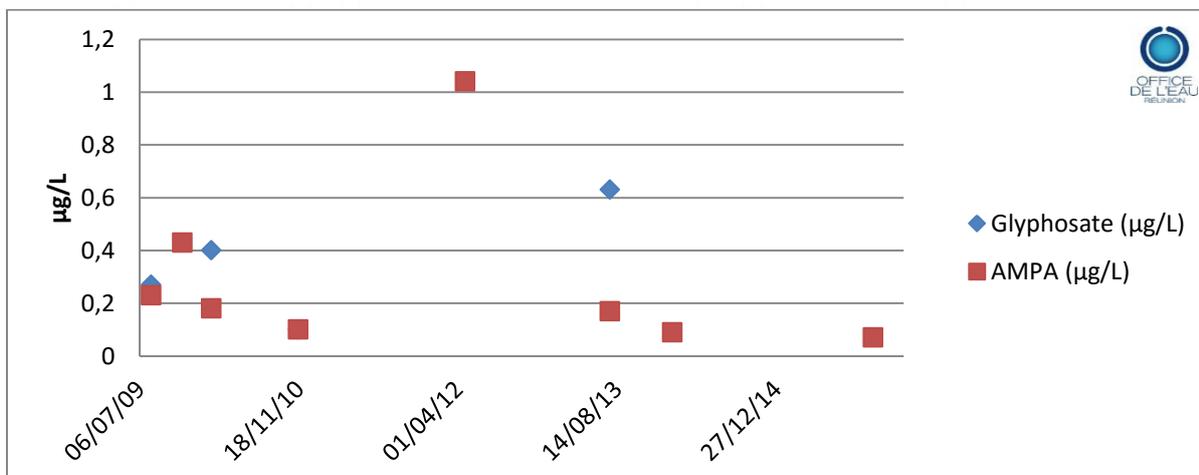
3.4.4. Autres micropolluants et évaluation générale

3.4.4.1. Matrice eau

3.4.4.1.1. *Les polluants synthétiques*

Contrairement aux métaux qui sont systématiquement quantifiés, les polluants organiques et les pesticides sont dénombrés plus rarement. Certains polluants ne sont quantifiés qu'une seule fois tel que le diuron et le 2,4-D.

Cependant, le glyphosate, un herbicide, et l'AMPA (acide aminométhylphosphonique), son métabolite, sont régulièrement retrouvés dans l'eau.



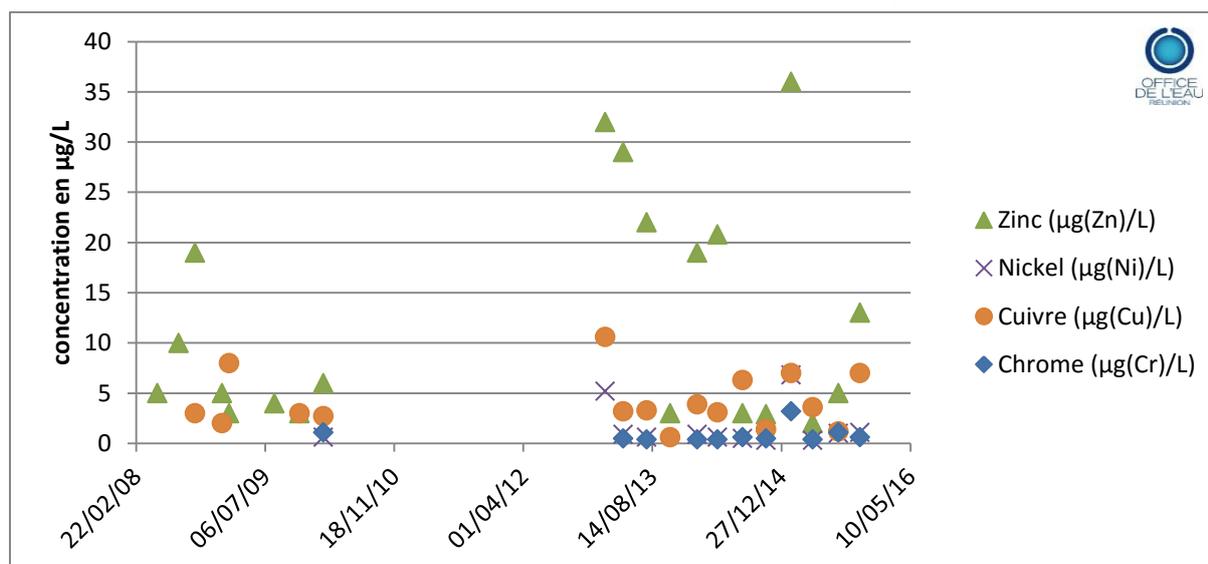
Graphique 18 : Évolution des quantifications du glyphosate et de l'AMPA dans l'Étang de Saint-Paul

3.4.4.1.2. Les polluants minéraux

9 métaux sont également régulièrement quantifiés à l'exception du mercure et du cyanure pour lesquels les résultats d'analyses sont systématiquement en dessous des limites de détection ou de quantifications.

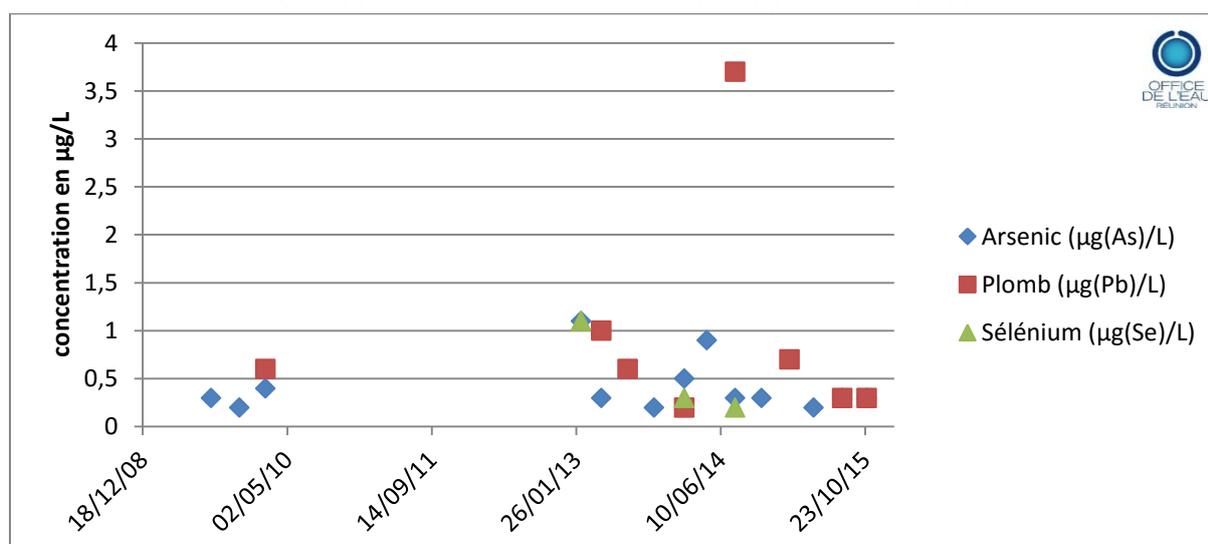
Jusqu'à la fin de l'année 2015, les métaux étaient suivis sur les échantillons bruts intégrant la fraction dissoute et particulaire. Cela peut expliquer les teneurs mesurées pour certains métaux.

Au-delà d'une origine anthropique, leur présence naturelle est liée à la nature volcanique de l'île. C'est le cas du chrome, du nickel, du cuivre et du zinc qui sont issus en grande partie de l'altération des roches mères.



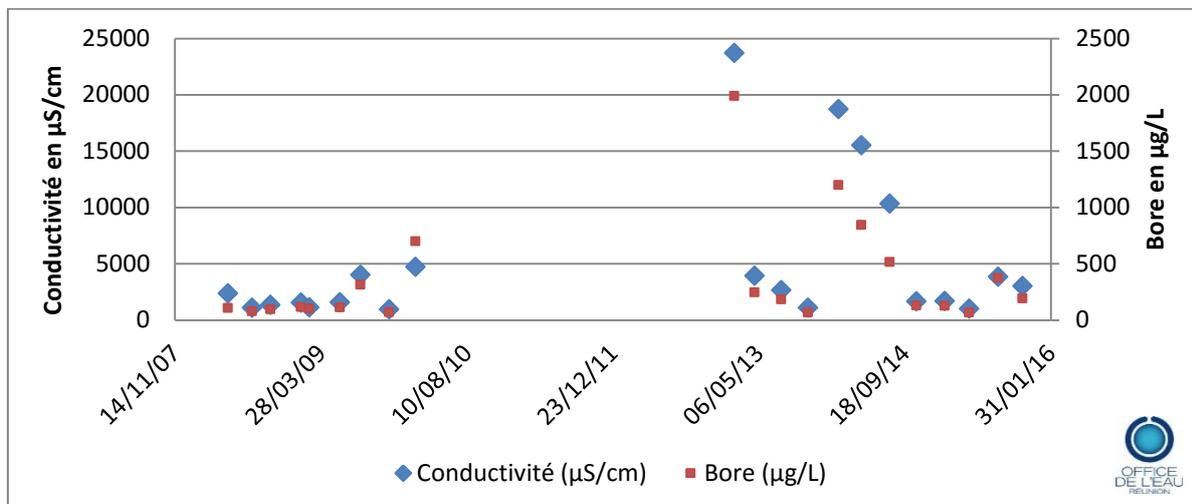
Graphique 19 Quantifications de zinc, nickel, cuivre et chrome dans l'eau de l'Étang de Saint-Paul

Parmi les métaux suivis, on recense la présence régulière d'arsenic et de plomb. Depuis octobre 2014, le sélénium n'est plus repéré qu'à l'état de traces, à trois reprises.



Graphique 20 : Quantifications d'arsenic, plomb et sélénium dans l'eau de l'Étang de Saint-Paul

Le bore présente les quantifications les plus importantes ; il est principalement d'origine marine car les concentrations sont mises en évidence lors des intrusions d'eaux marines repérables aux variations de conductivité de l'Étang de Saint-Paul (Graphique 21).



Graphique 21 : Comparaison de la tendance de concentration de bore en fonction de la conductivité de l'eau de l'Étang de Saint-Paul

3.4.4.2. Matrice sédimentaire

La fraction sédimentaire de l'Étang de Saint-Paul présente des teneurs en particules fines supérieures à 70 %. Ces teneurs sont élevées et stables d'une année sur l'autre.

Le sédiment est essentiellement minéral ; les teneurs en matières organiques, de l'ordre de 15%, sont stables et ne montrent pas d'enrichissement du milieu d'une année sur l'autre.

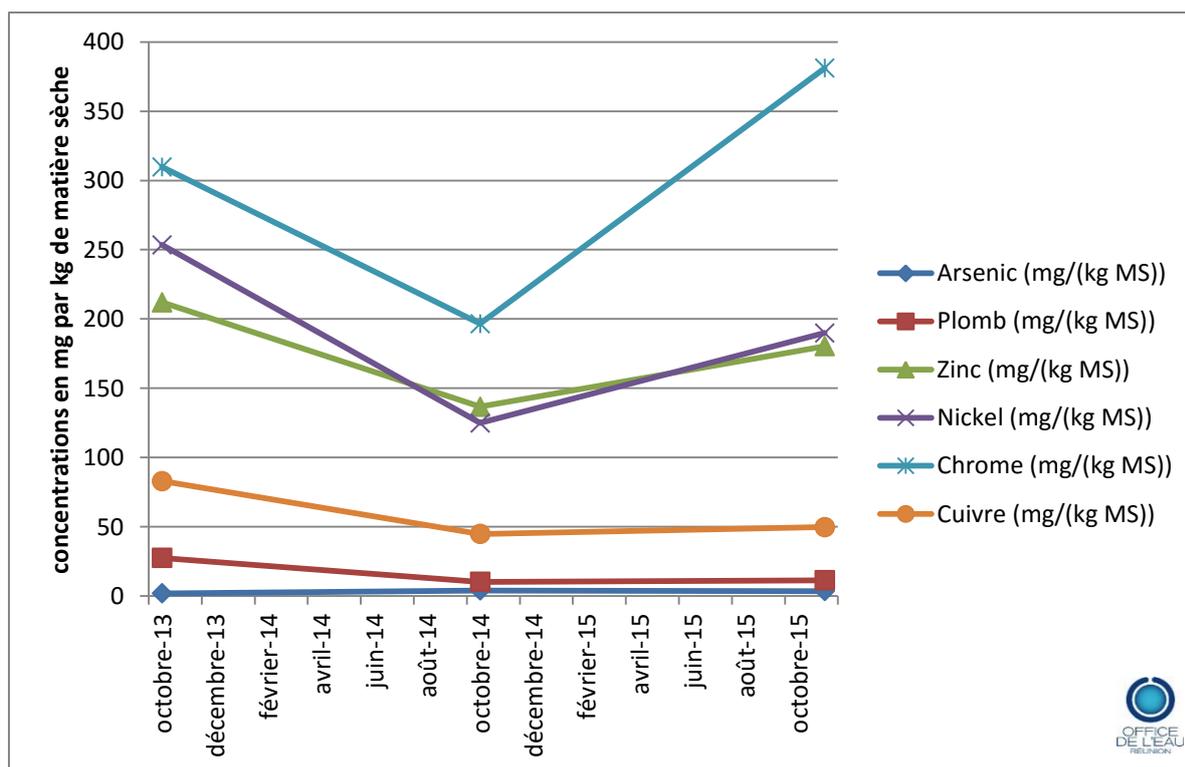
3.4.4.2.1. Les polluants minéraux

Les métaux sensibles tels que l'arsenic, le plomb, le zinc, le nickel, le chrome et le cuivre sont systématiquement détectés dans la matrice sédimentaire.

Le mercure et le cadmium ne sont pas recherchés car il n'existe pas de NQE spécifique pour cette matrice.

Les concentrations en métaux dans les sédiments peuvent atteindre des valeurs importantes, exprimées en milligrammes par kilogramme de matière sèche (mg/kg MS).

C'est le cas pour le chrome avec 381,1 mg/kg MS en 2015, le nickel avec 253,5 mg/kg MS en 2013 et le zinc avec 212 mg/kg MS en 2013. Les concentrations semblent stables mais peuvent connaître des variations interannuelles du fait de la remobilisation des sédiments d'une année sur l'autre en fonction de l'hydrodynamisme du plan d'eau.



Graphique 22 : Quantification des métaux dits « sensibles » dans le substrat de l'Étang de Saint-Paul de 2013 à 2015

Les métaux sont quantifiés chaque année dans des proportions variant de 1 000 à 100 000 fois supérieures aux teneurs mesurées dans l'eau.

Ces proportions sont tout à fait normales et correspondent aux ratios généralement constatés entre la matrice eau et la matrice sédimentaire. Il est à noter que les quantifications de certains métaux sont issues des particularités géologiques de l'île de La Réunion et des milieux suivis.

L'origine du bore est liée essentiellement aux intrusions d'eau de mer dans l'Étang de Saint-Paul.

Pour ce qui est de l'arsenic, une mobilisation particulière des minéraux auxquels il est généralement associé les éléments fer, manganèse, magnétite et ilménite présents dans les basaltes pourrait expliquer les teneurs remarquables dans le sédiment. Cette présence pourrait aussi être associée aux apports agricoles en engrais¹¹.

La présence de zinc et de cuivre peut en grande partie être liée au fond géochimique de La Réunion. Elle pourrait également être associée aux pratiques agricoles comme l'épandage du lisier de porc¹².

3.4.4.2.2. Les polluants synthétiques

Des composés organiques sont détectés et quantifiés dans le sédiment en 2013 :

- le di(2-ethylhexyl)phthalate à 147 µg/kg MS. Cette molécule a par ailleurs également été quantifiée dans l'eau en 2009 (1,4 µg/L), en 2011 (1,2 et 3 µg/L), en 2012 (2,9 µg/L), en 2014 (1,38 µg/L) et en 2015 (2,54 et 1,11 µg/L),

¹¹ Lions et al. BRGM, 2008

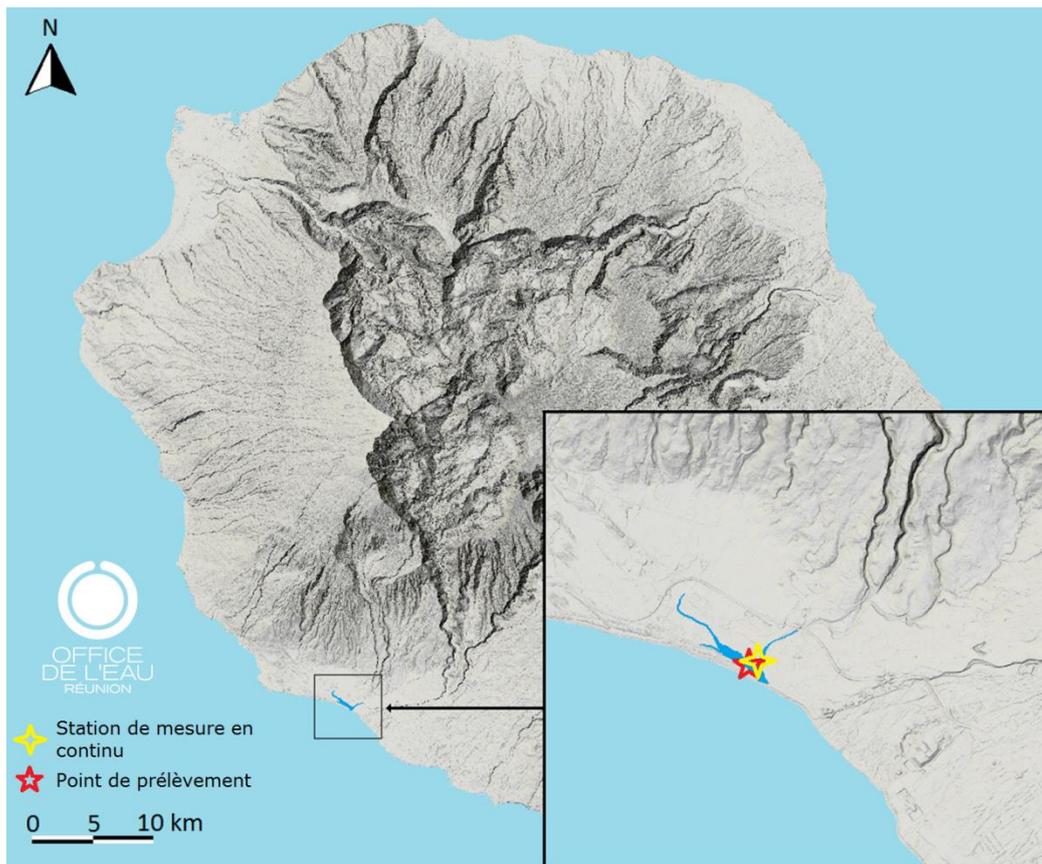
¹² Laperche et al., 2008 – Cartographie des teneurs des Eléments Traces Métalliques (ETM) sur l'ensemble des sols de l'île de La Réunion. Rapport final ; Doelsh, 2004 – Eléments traces métalliques – Inventaire pour l'île de La Réunion. Etude CIRAD

- des hydrocarbures aromatiques polycycliques tels que le benzo[a]anthracène (13 µg/kg MS), le benzo[a]pyrène (29 µg/kg MS), le benzo[b]fluoranthène (36 µg/kg MS), le benzo[k]fluoranthène (12 µg/kg MS) et le benzo[g,h,i]pérylène (47,2 µg/kg MS). Ces molécules proviennent essentiellement des combustibles fossiles. Elles ne sont quantifiées qu'en 2013 dans des valeurs proches des seuils de quantifications. Ces molécules sont surveillées pour leur toxicité avérée selon l'OMS (organisation mondiale de la santé),
- le DDE 44, métabolite du DDT, est repéré sous forme de traces en 2015.

Micropolluant	Paramètre	21/10/2013	21/10/2014	16/11/2015
Phytosanitaire	DDE 44' (µg/(kg MS))	<5(lq)	<5(lq)	Traces
Organique	Benzo(a)anthracène (µg/(kg MS))	13	<10(lq)	<10(lq)
Organique	Benzo(a)pyrène (µg/(kg MS))	29	<10(lq)	<10(lq)
Organique	Benzo(b)fluoranthène (µg/(kg MS))	36	<10(lq)	<10(lq)
Organique	Benzo(k)fluoranthène (µg/(kg MS))	12	<10(lq)	<10(lq)
Organique	Benzo(g,h,i)pérylène (µg/(kg MS))	47,2	<10(lq)	<10(lq)
Organique	Fluoranthène (µg/(kg MS))	57	<20(lq)	<20(lq)
Organique	Indéno (123cd) pyrène (µg/(kg MS))	40	<10(lq)	<10(lq)
Organique	Naphtalène (µg/(kg MS))	11	<10(lq)	<10(lq)
Organique	Pyrène (µg/(kg MS))	51	<30(lq)	<30(lq)
Phtalate	Di(2-ethylhexyl)phtalate (µg/(kg MS))	147	Traces	<100(lq)

Tableau 14 : Concentrations des micropolluants identifiés dans les sédiments de l'Étang de Saint-Paul

4. L'Étang du Gol



Carte 3 : Localisation de l'Étang du Gol et des stations de suivi



Photo 3 : L'Étang du Gol. Au premier plan, point de prélèvement, deux dispositifs pour le suivi des contaminants chimiques par échantillonneurs passifs (programme de recherche et développement mené par l'Office de l'eau en partenariat avec Hydrô Réunion). Au second plan, le kiosque qui accueille la station de mesure in situ de l'Office (paramètres : hauteurs d'eau, température et conductivité).

4.1. Caractéristiques et fonctionnement hydrologique de l'Étang du Gol

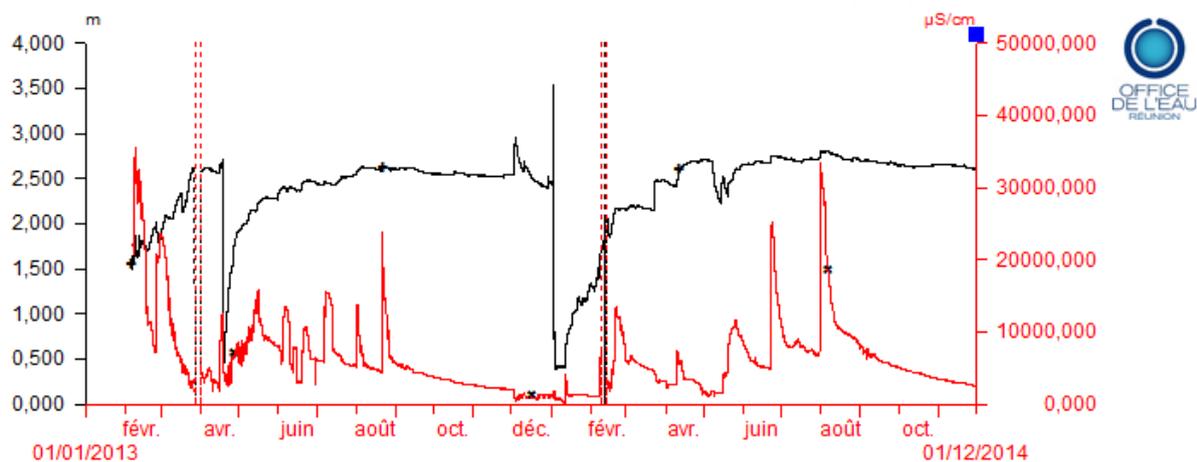
La planèze de l'Étang du Gol s'est constituée à partir des apports détritiques et alluvionnaires issus des cendres et de l'altération du bassin versant, charriés en grande partie par la Rivière Saint-Étienne. Un cordon dunaire de sable et de roche issus de l'érosion du bassin versant et du littoral et 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 Gol¹³.

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.

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



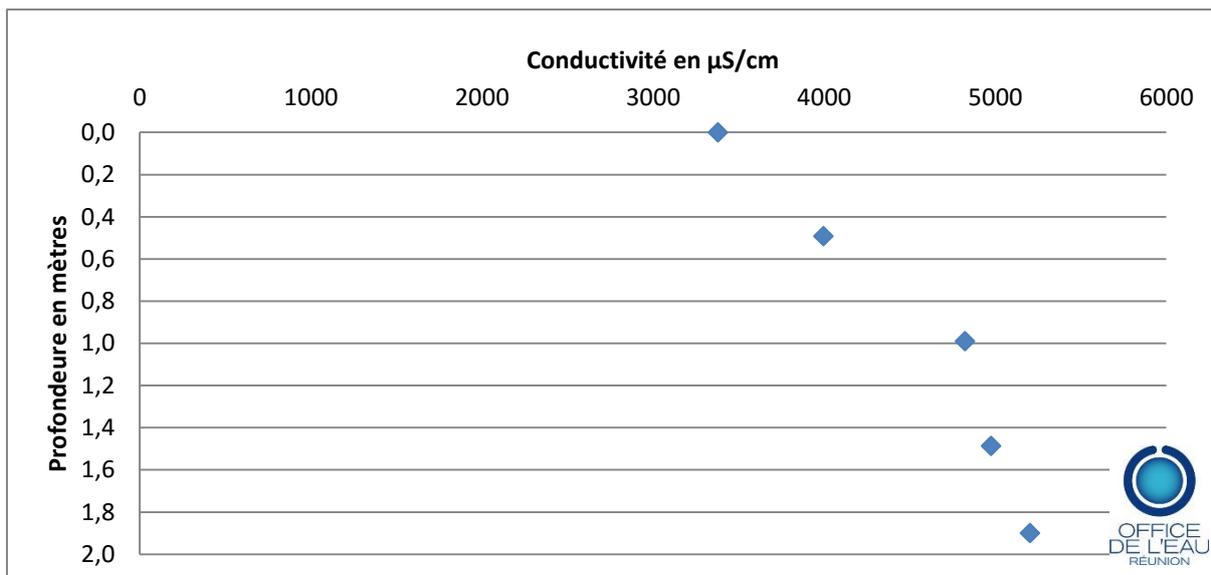
Graphique 23 : Variation de la conductivité et des hauteurs d'eau de l'Étang du Gol années 2013 et 2014

Les variations du niveau de l'étang sont liées à l'ouverture naturelle ou provoquée du cordon littoral (graphique 24). 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.

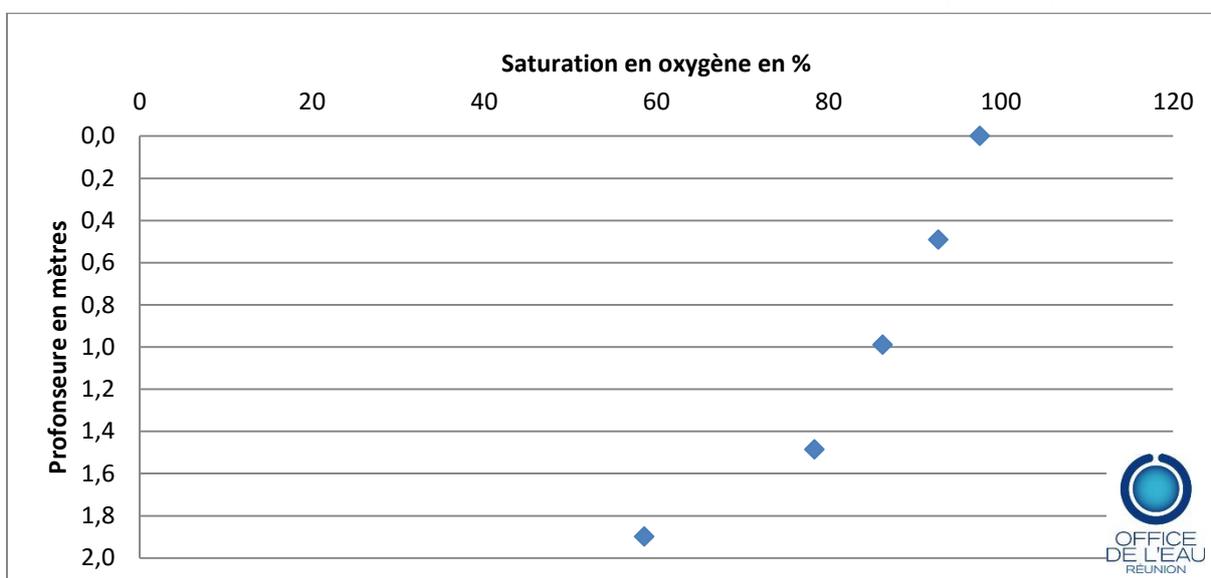
Le niveau d'eau moyen est de 1,78 mètre, moyenne calculée sur la période de 1996 à 2015 à l'échelle de la station de l'Office de l'eau. En dehors de la rupture du cordon dunaire, le niveau de l'étang est relativement stable.

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

¹³ Raunet M., 1991



Graphique 24 : 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.



Graphique 25 : 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 µS/cm à la station de l'Office de l'eau, évaluée sur la période de 1998 à 2016.

4.2. 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 (Carte 2).

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 Aquaref¹⁴, celui en surface est remplacé par un prélèvement intégré sur la colonne d'eau depuis la fin de l'année 2012.

4.3. La qualité physico-chimique de l'Étang du Gol

4.3.1. Évaluation de l'état physico-chimique au regard de la DCE

Le suivi qualitatif de l'Étang du Gol débute en 1998. L'évaluation de la qualité des eaux au titre de la DCE intègre un état physico-chimique établi selon 4 paramètres : ammonium, nitrate, phosphore total et la transparence de l'eau mesurée avec un disque de Secchi.

En l'absence de seuils spécifiques locaux, les classes d'état sont définies à partir de valeurs cibles nationales et calculées à partir de la profondeur moyenne de l'étang au cours de la période concernée (Tableau 1 : Seuils des différentes classes d'état pour le Grand-Étang.

Les niveaux moyens de l'étang sont homogènes sur la période de suivi et ne génèrent pas de modification des seuils d'une période à l'autre.

Seuils de classes d'état de l'Étang du Gol	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	≤ 0,159	≤ 2,2	≤ 0,037	≥ 1,4
Bon	≤ 0,235	≤ 5,3	≤ 0,052	≥ 1,03
Moyen	≤ 0,328	≤ 12,6	≤ 0,072	≥ 0,77
Médiocre	≤ 0,429	≤ 30,1	≤ 0,101	≥ 0,57
Mauvais	> 0,429	> 30,1	> 0,101	< 0,57

Tableau 15 : Seuils des différentes classes d'état pour l'Étang du Gol

L'état physico-chimique de l'étang est défini pour des périodes de 6 années.

	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)	État physico-chimique
1998-2003	1,79	25,38	2,275	0,275	Mauvais
2004-2009	5	4	0,69	0,65	Mauvais
2010-2015	9,5	57,9	0,905	0,4	Mauvais

Tableau 16 : État physico-chimique du Gol selon la méthode d'évaluation de l'état des plans d'eau appliquée au titre de la DCE en suivant le principe du paramètre déclassant

Sur les périodes de 1998 à 2015, l'état physico-chimique est mauvais et reflète bien l'enrichissement nutritif du milieu par une forte concentration des différentes formes du phosphore et de l'azote, ainsi que des phénomènes d'eutrophisation.

4.3.2. Analyse et évolution des paramètres physico-chimiques généraux

L'évaluation de la qualité de l'étang est affinée par une analyse annuelle en fonction des paramètres des centiles 90 ou 10, comparés aux seuils d'état généralement utilisés pour les cours d'eau. Cette méthode permet de suivre plus finement les changements de la qualité de l'eau au regard de critères écologiques.

¹⁴ Guide Aquaref échantillonnage en plan d'eau. Version 2011.

Le suivi est réalisé en surface jusqu'en 2012, puis de manière intégrée le long de la colonne d'eau ; l'analyse regroupe les deux types de données qui sont considérés indifféremment.

	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
1998	12,9	168,3	ND	ND	25,9	1,37	2,7	0,97	<0,05(lq)	23,79	8,8	9
1999	14,10	188,00	ND	ND	25,30	1,79	2,71	1,11	<0,05(lq)	ND	8,82	8,82
2000	14,35	160,63	ND	ND	26,85	2,16	2,56	0,11	<0,05(lq)	<1(lq)	9,38	9,65
2001	13,17	158,10	ND	ND	28,33	1,68	2,15	<0,1(lq)	<0,05(lq)	<1(lq)	9,25	9,30
2002	10,46	132,40	ND	ND	28,58	0,56	1,38	1,74	0,35	<1(lq)	8,59	8,65
2003	16,73	199,68	ND	ND	29,76	2,02	2,48	<0,1(lq)	<0,05(lq)	1,00	9,19	9,26
2004	1,04	13,11	ND	ND	25,34	10,90	4,85	0,77	0,34	<1(lq)	6,96	7,83
2005	1,54	13,68	ND	ND	26,06	2,00	0,87	<0,1(lq)	0,77	3,28	6,88	8,11
2006	3,95	47,68	8,00	6,07	26,04	2,71	1,92	1,30	0,22	<1(lq)	7,01	7,98
2007	3,39	46,60	7,00	8,98	28,11	1,30	0,97	4,53	0,36	<1(lq)	6,94	9,18
2008	3,54	43,82	9,80	8,08	27,67	1,03	0,78	0,54	1,43	1,84	7,45	8,47
2009	2,32	28,40	8,69	8,29	29,36	2,25	0,88	1,99	0,11	1,30	6,95	8,92
2010	6,94	83,28	9,40	9,34	28,62	1,38	0,77	1,02	<0,025(lq)	<1(lq)	7,64	8,57
2011	3,54	44,51	14,82	13,43	28,45	2,67	1,17	2,02	0,87	5,99	7,35	7,64
2012	1,94	22,73	4,66	7,91	29,21	3,14	1,46	2,05	0,99	3,99	7,15	7,58
2013	6,15	78,53	14,60	10,07	31,68	2,29	1,26	7,34	14,12	6,89	7,78	8,81
2014	7,06	90,60	23,50	10,76	32,17	3,94	1,06	3,48	1,07	46,96	7,92	9,52
2015	6,81	78,34	16,50	10,78	28,60	0,55	0,94	1,30	1,28	3,88	8,31	9,12

Tableau 17¹⁵ : Valeurs annuelles des paramètres généraux de l'Étang du Gol évaluées sur la base des seuils retenus pour les cours d'eau (Tableau 4). (lq) : limite de quantification ; ND : non déterminé

L'état des eaux est dégradé du fait du fort enrichissement de l'étang en nutriments qui entraînent des envahissements par les plantes aquatiques et des phénomènes d'anoxie et de mortalité piscicole.

¹⁵ Avant les années 2000 les notions de limite de quantification n'étaient pas développées. Elles n'étaient donc pas calculées par les laboratoires. Pendant cette période, les faibles concentrations sont donc entachées de grande incertitude et ont été remplacées par la limite de quantification supérieure dès lors qu'elle ont été définies.



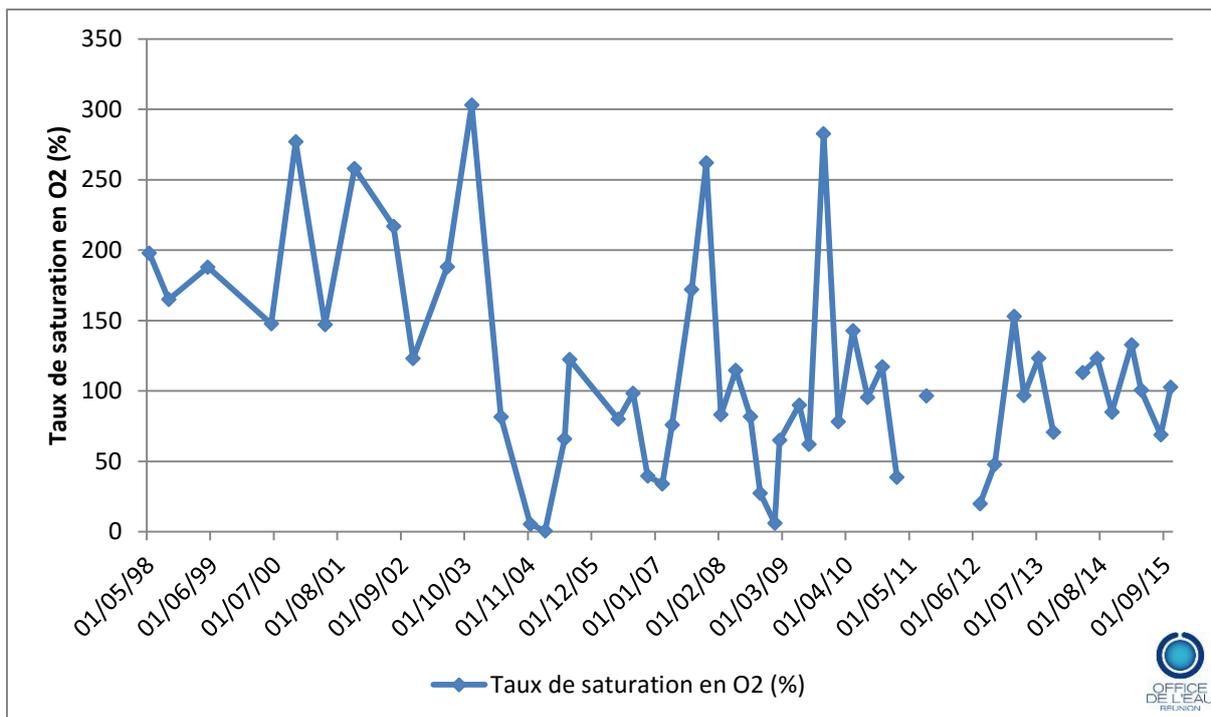
Photo 4 : Tilapias profitant d'un espace non envahi par les laitues d'eau pour respirer en surface du Gol en 2004

Des tendances sont mises en évidence mais les variations ne peuvent pas être précisées du fait du fonctionnement complexe de cet écosystème (rejet de STEP variable notamment en fonction de la campagne sucrière, évolution des activités sur la zone, phénomènes naturelles, etc.).

Une bonne oxygénation du milieu est observée jusqu'en 2004, puis une baisse des teneurs en oxygène est constatée à plusieurs reprises avec des taux de saturation quasiment nuls (graphique 27). Ces valeurs témoignent d'évènements anoxiques notamment en journée liés au recouvrement régulier (partiel ou total) de l'étang par des laitues d'eau (*Pistia stratiotes*) et jacinthes (*Eichornia crassipes*) et à l'activité phytoplanctonique.

Malgré des teneurs parfois acceptables le jour, la variation quotidienne du taux d'oxygène peut être importante avec des phénomènes anoxiques la nuit¹⁶.

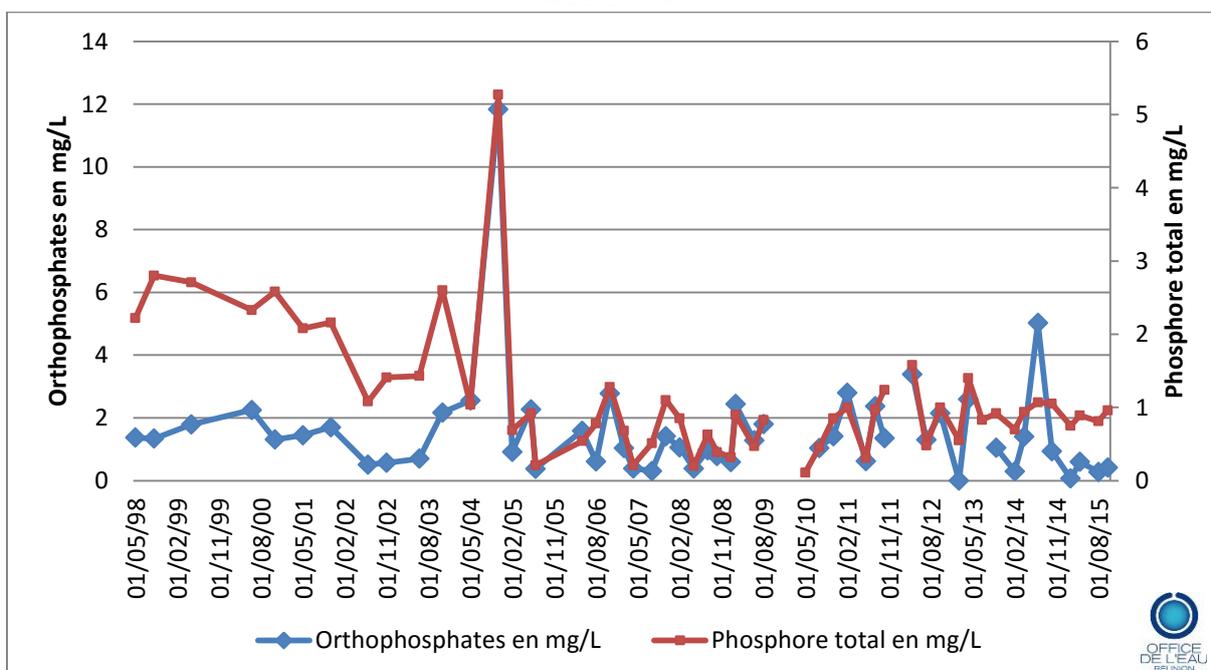
¹⁶ OCEA Consult' 2013 – Suivi des paramètres Oxygène-Dissous et Température de l'eau sur l'étang du Gol (La Réunion) de novembre 2012 à février 2013. Rapport final



Graphique 26 : Taux de saturation en oxygène de l'Étang du Gol

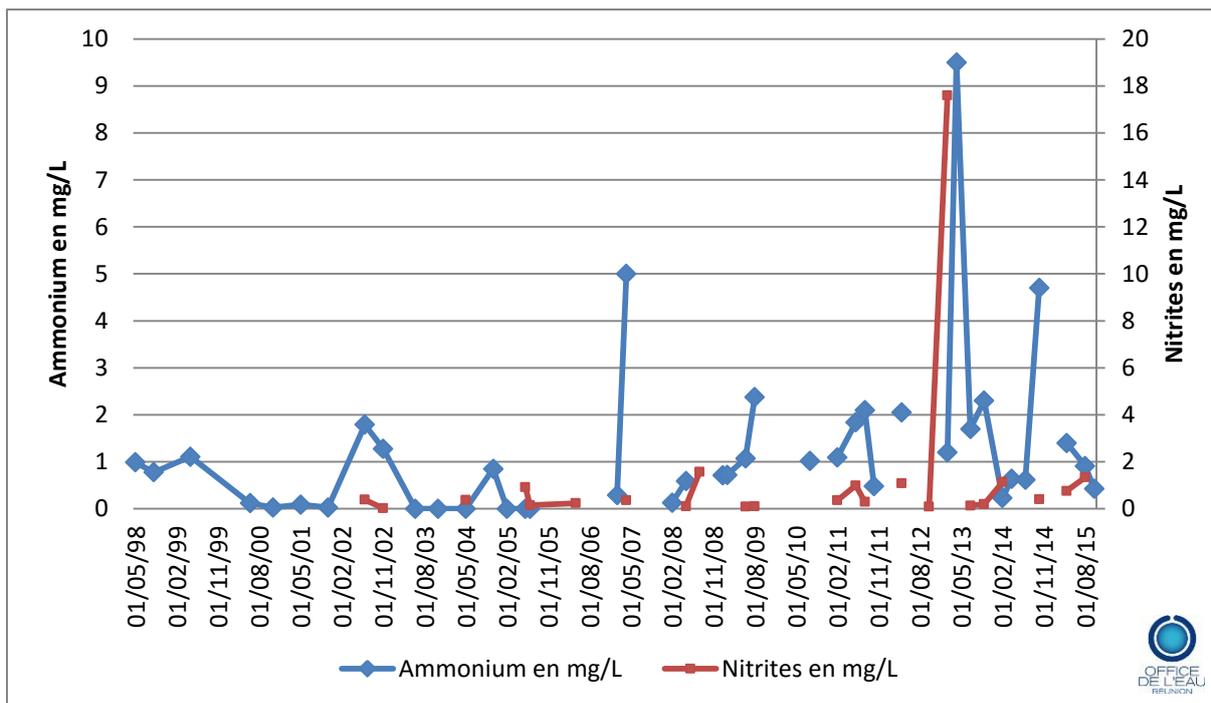
Une augmentation des nutriments est observée avec des tendances particulières pour le phosphore : une diminution notable du phosphore total est notée jusqu'en 2007, puis la tendance s'inverse légèrement.

Le niveau de concentration des orthophosphates est sensiblement le même sur la période de suivi, même si une légère diminution est observée en 2015. Ce phénomène pourrait notamment être dû à l'amélioration de la qualité des eaux usées traitées de la station d'épuration de Saint-Louis en 2015 ; ce résultat reste à confirmer.



Graphique 27 : Concentration d'orthophosphates et de phosphore total dans l'Étang du Gol

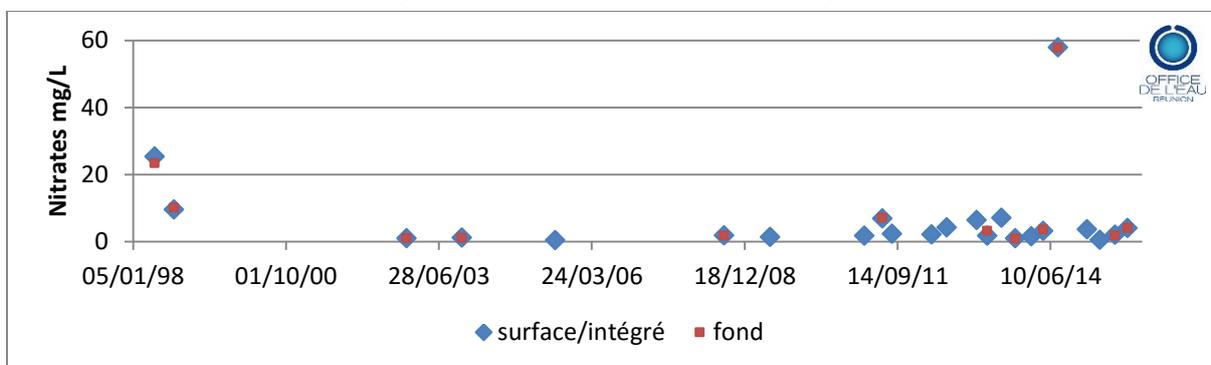
En ce qui concerne l'ammonium et les nitrites, l'augmentation est légère sur la période.



Graphique 28 : Comparaison des tendances d'ammonium et de nitrates dans l'Étang du Gol

La présence des deux formes de l'azote en concentration importante traduit bien l'apport de nutriments via des effluents d'origine anthropique.

Les nitrates restent globalement stables. Leurs concentrations sont plutôt faibles et ils sont parfois non quantifiés. Il peut y avoir ponctuellement des pics de concentration importants probablement liés à des pollutions (dysfonctionnement de la STEU, rejets etc.).



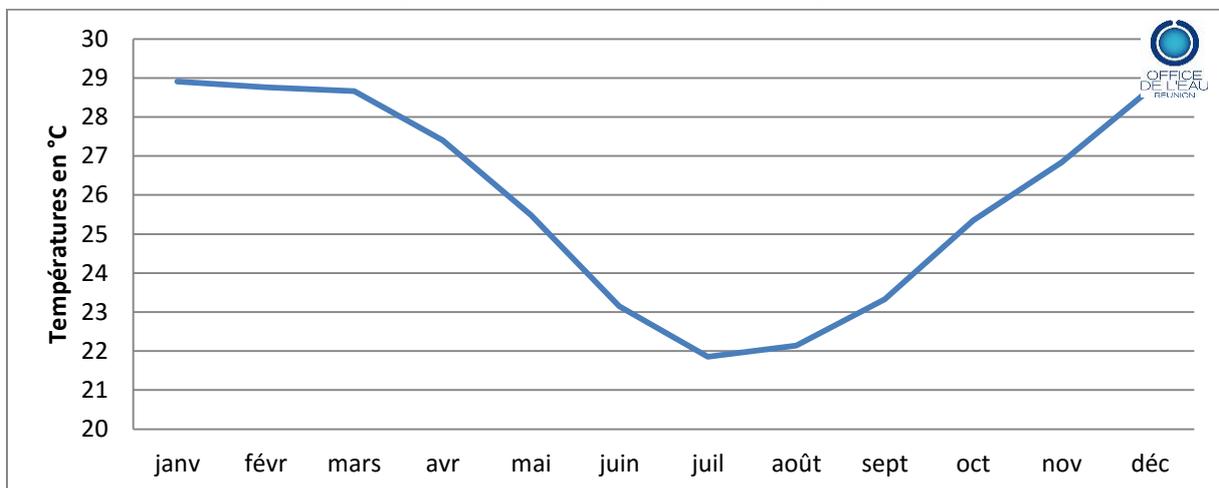
Graphique 29 : Comparaison des quantifications de nitrates en surface/intégré et au fond à l'étang Gol

Cette concentration plutôt faible s'explique notamment par l'activité importante et donc la consommation du nitrate par le phytoplancton et les plantes aquatiques.



Photo 5 : Étang du Gol envahi par des plantes aquatiques en 2006

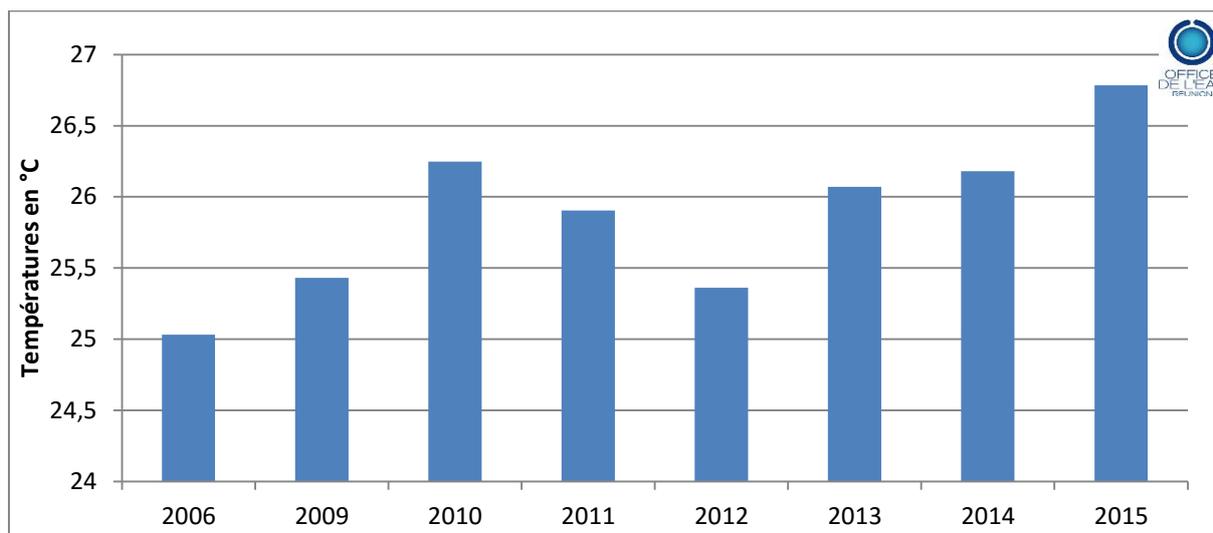
Les effets de l'eutrophisation sont accentués par les températures élevées fréquemment constatées à l'Étang du Gol. Ces dernières présentent également une variabilité importante entre l'été et l'hiver austral, environ 7 degrés.



Graphique 30 : Températures mensuelles moyennes de l'Étang du Gol

Les températures moyennes annuelles varient peu entre 25 °C, valeurs moyennes les plus basses en 2006, et 26,8 °C, valeurs les plus élevées en 2015 (graphique 32). Une tendance à l'augmentation des températures se dégage. Elle pourrait être liée au phénomène de réchauffement climatique et notamment à l'augmentation des occurrences d'épisodes d'années chaudes. Selon Météo-France¹⁷, depuis 50 ans les années les plus chaudes sont dans l'ordre décroissant 2011, 2014, 2015, 2010, 2009 et 2013.

¹⁷ Bulletin Climatologique Annuel 2010, 2011, 2013, 2014 et 2015 de Météo-France



Graphique 31 : Moyennes annuelles des températures de l'Étang du Gol calculées sur la base des moyennes mensuelles à partir des données hautes fréquences. Les données manquantes sont remplacées par les températures moyennes.

Comparativement aux autres masses d'eau étudiées, l'Étang du Gol présente les températures les plus élevées. Il est également la masse d'eau la plus fortement dégradée.

4.4. La qualité chimique de l'Étang du Gol

4.4.1. Les micropolluants

Une appréciation de l'état du milieu aquatique se fonde sur 213 molécules analysées 4 fois par an dans la matrice eau. Des seuils de qualité environnementale existent pour les micropolluants suivis au titre de l'état chimique et des polluants spécifiques de l'état écologique de la DCE ; ils n'existent pas pour toutes les molécules ni pour la matrice sédiment. La présence/absence et le niveau de concentration des micropolluants sont donc appréciés à dire d'expert.

Le tableau 17 résume la fréquence et l'effort annuel des suivis réalisés dans l'eau de l'Étang du Gol.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de campagnes annuelles	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nombre de paramètres suivis	125	125	188	192	196	204	204	223	223	223
Nombre d'analyses	125	500	752	768	784	816	816	892	892	892
Nombre de détections à l'état de traces	0	1	3	4	3	6	0	0	4	2
Nombres de paramètres quantifiés	5	10	11	12	14	11	6	13	17	14
Nombre de quantifications totales	5	13	15	22	19	19	15	38	43	47

Tableau 18 : Évolution des micropolluants recherchés, des paramètres détectés et quantifiés dans l'eau de l'Étang du Gol

33 paramètres sont identifiés de 2006 à 2015 dont 24 micropolluants organiques (pesticides et hydrocarbures) et 9 métaux.

Avant 2013, les bassins étaient libres de suivre ou non les métaux dans les plans d'eau. La fréquence des suivis avant cette date relève donc de choix stratégiques internes à l'Office de l'eau (raisons économiques, manque de données sur le bruit de fonds

géochimique, etc.). Ainsi, les métaux ont été suivis dans les étangs à partir de 2008 au rythme de deux fois par an, puis 4 fois en 2009, une seule fois en 2010, plus du tout en 2011 et 2012 avant de reprendre un rythme de 4 fois par an à partir de 2013.

Paramètres	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Nombre de quantifications
AMPA	1	3	1	1	3	4	4	4	3	4	28
Glyphosate	1	1	1		2	2	4	3	3	4	21
Bore			3	4	1			4	4	4	20
2,4-D		1	2	2	2	3	2	2	1	3	18
Zinc			2	3	1			4	4	4	18
Cuivre				2	1			4	4	4	15
Arsenic				2	1			4	4	3	14
Nickel					1			4	4	4	13
Chrome					1			3	4	4	12
Plomb					1			3	3	4	11
Di(2-ethylhexyl)phtalate	1		1	2	1	2	1		1	1	10
Antimoine								1	2	4	7
Sélénium								1	2	3	6
Méthyl tert-butyl Ether		2		1			1				4
Métolachlore					1	1			1	1	4

Tableau 19 : Les 15 micropolluants les plus quantifiés de 2006 à 2015 dans l'Étang du Gol

Le suivi des contaminants chimiques dans les sédiments est en place depuis 2013, une fois par an. 35 paramètres sont quantifiés en 2014 dont 14 micropolluants organiques et 21 micropolluants minéraux.

	2013	2014	2015
Nombre de campagnes annuelles	1	1	1
Nombre de paramètres suivis	158	158	158
Nombre d'analyses	158	158	158
Nombre de détections à l'état de traces	0	1	0
Nombres de micropolluants organiques quantifiés	5	14	14
Nombres de micropolluants minéraux quantifiés	21	21	18
Nombre de quantifications totales	26	35	32

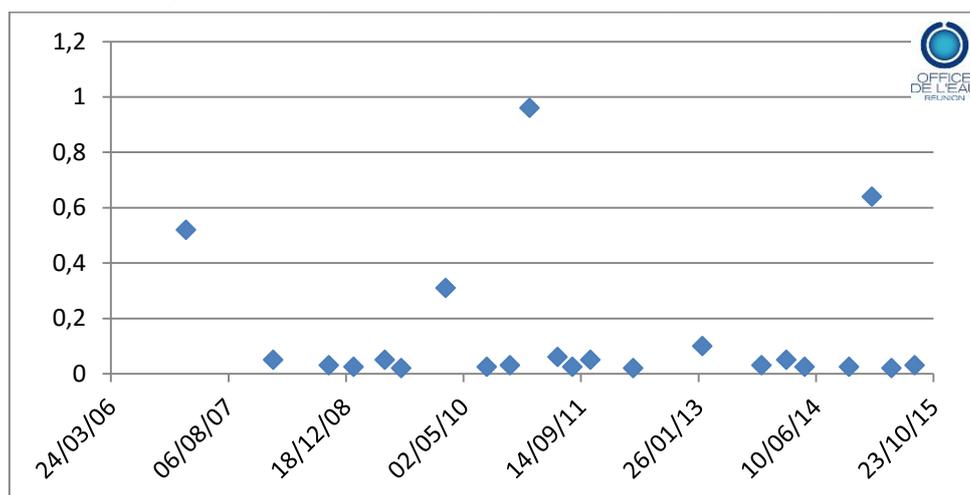
Tableau 20 : Évolution des micropolluants recherchés, des paramètres détectés et quantifiés dans les sédiments de l'Étang du Gol

A l'exception de l'année 2013, la qualité de l'Étang du Gol est bonne au regard des substances suivies pour l'état chimique. Cependant, l'évolution des limites analytiques, le niveau de concentration de certains polluants et leurs caractères ubiquistes laissent penser que les seuils de qualités pourraient être plus fréquemment dépassés dans les années à venir.

4.4.2. Les polluants spécifiques de l'état écologique

4.4.2.1. Les polluants synthétiques

Dans la matrice eau, le 2,4-D, herbicide agricole et autorisé dans les jardins, est le seul polluant synthétique appartenant aux PSEE quantifié sur l'ensemble des années de suivi (sauf en 2006 où il n'y a eu qu'une campagne). Les concentrations mesurées ne dépassent pas la norme de qualité environnementale fixée à 2,2 µg/L et ne présentent pas de tendance à l'évolution en dehors de certains pics ponctuels.



Graphique 32 : Quantifications de 2,4-D dans l'Étang du Gol

4.4.2.2. Les métaux

Le suivi est effectué jusqu'en 2015 sur la fraction totale des métaux (forme dissoute et particulaire) puis à partir de 2016 sur la phase dissoute.

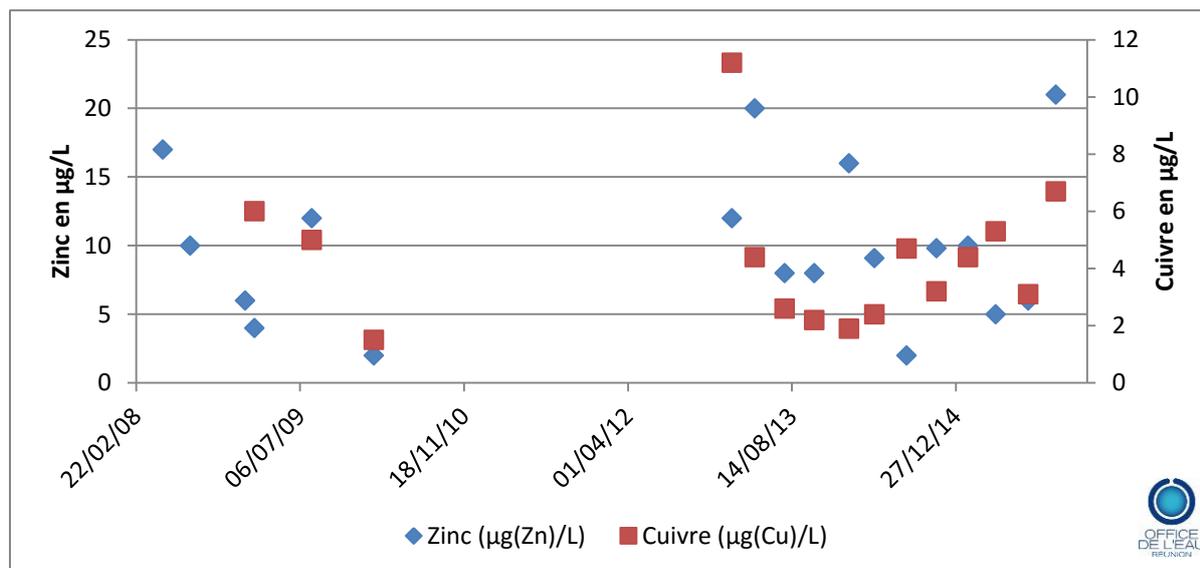
Les quatre polluants minéraux recherchés au titre des PSEE (arsenic, zinc, chrome et cuivre) sont détectés et quantifiés dans l'eau de l'étang.

Les concentrations moyennes annuelles d'arsenic et de chrome ne dépassent pas les seuils de qualité. Celles de zinc et de cuivre sont beaucoup plus importantes. Ces concentrations en métaux totaux dépassent la plupart du temps les NQE définis pour la phase dissoute (fixées à 7,8 µg/L pour le zinc et 1 µg/L pour le cuivre) mais ne peuvent pas directement y être comparées.

	Arsenic (µg(As)/L)	Zinc (µg(Zn)/L)	Chrome (µg(Cr)/L)	Cuivre (µg(Cu)/L)
2008	ND	9,11	ND	ND
2009	0,56	5,58	0,33	2,92
2010	0,4	2	0,7	1,5
2013	0,7	12	0,45	5,1
2014	0,48	9,22	0,52	3,05
2015	0,48	10,5	1,5	4,88
NQE MA	0,83	7,8	3,4	1

Tableau 21 : Comparaison des moyennes annuelles des métaux suivi au titre des PSEE dans l'Étang du Gol aux normes de qualités environnementales

Sur la période de suivi, une légère tendance à l'augmentation des quantifications de cuivre et de zinc est observée (graphique 34).



Graphique 33 : Quantifications de zinc et de cuivre dans l'Étang du Gol

En novembre 2015, des comparaisons des concentrations en métaux sont réalisées sur des échantillons d'eau filtrés et non filtrés. Les échantillons filtrés présentent des teneurs inférieures à ceux non filtrés de 64 % pour le cuivre et 40 % pour le zinc. Malgré cela, la concentration en cuivre dissous reste supérieure au seuil de qualité environnementale.

Les premiers résultats d'analyses obtenus en 2016 sur la fraction dissoute restent supérieurs aux NQE pour le cuivre et très proches pour le zinc.

La présence de zinc et de cuivre pourrait être en partie associée au fond géochimique. Le niveau de concentration confirme les apports d'origine anthropique de ces substances. Le risque de classement en mauvais état écologique au titre de la directive cadre est important pour les années à venir.

4.4.3. Les substances de l'état chimique

Sur les 55 polluants de l'état chimique, 7 sont quantifiés dans l'Étang du Gol : diuron, anthracène, para-tert-Octylphénol, tributylétain, plomb, nickel et di(2-ethylhexyl)phtalate. Le cadmium et l'alachlore sont détectés sous la forme de trace.

4.4.3.1. Les polluants synthétiques

En 2013, le tributylétain est quantifié à 0,012 µg/L et dépasse la NQE CMA (0,0015µg/L). Bien que détectée une seule fois, cette proportion est suffisante pour classer la masse d'eau en mauvais état chimique en 2013.

La quantification de cette molécule et les performances analytiques avec une limite de quantification (LQ) de 0,005 µg/L, laissent suggérer une présence potentielle du tributylétain à des concentrations supérieures aux normes de qualité sans pouvoir être détecté.

En effet, les normes de qualité pour l'environnement et la santé ciblent des concentrations de plus en plus faibles du fait d'une meilleure connaissance de l'impact des polluants sur les organismes vivants.

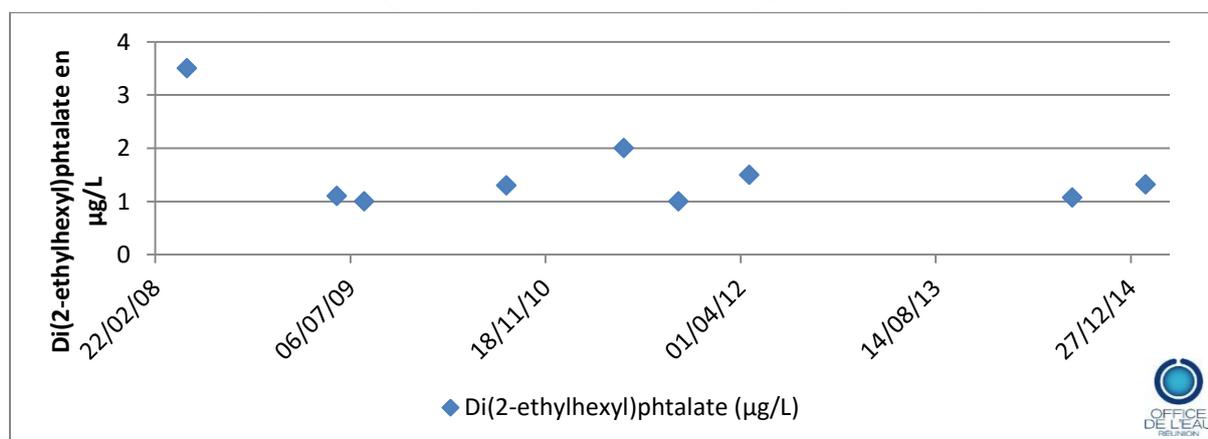
Les laboratoires adaptent progressivement les méthodes analytiques pour pouvoir les détecter. L'amélioration des performances pourrait conduire à détecter progressivement ces molécules à des concentrations supérieures aux normes de qualité.

Cet écart entre les performances analytique des laboratoires et les normes de qualité concernent également d'autres polluants :

Substance	LQ	NQE MA
tributylétain	0,005µg/L	0,0002µg/L
C10-13-chloroalcanes	10µg/L	0,4µg/L
aldrine	0,02µg/L	0,01µg/L
dieldrine	0,02µg/L	0,01µg/L
endosulfan	0,02µg/L	0,005µg/L
fluoranthène	0,01µg/L	0,0063µg/L
nonylphénols	0,04µg/L	0,03µg/L
benzo(a)pyrène	0,001µg/L	0,00017µg/L
bifénox	0,02µg/L	0,012µg/L
cyperméthrine	0,02µg/L	0,00008µg/L
dichlorvos	0,02µg/L	0,0006µg/L
heptachlore	0,02µg/L	0,0000002µg/L
époxy d'heptachlore	0,02µg/L	0,0000002µg/L

Tableau 22 : Substances suivies dont la limite de quantification est inférieure à la norme de qualité environnementale moyenne annuelle.

Par ailleurs, des valeurs moyennes annuelles conséquentes sont mesurées pour le di(2-ethylhexyl)phtalate en 2008 et en 2010 mais sans dépasser la NQE. Il n'existe pas de NQE CMA pour cette molécule.



Graphique 34 : Évolution des quantifications de DEHP dans l'Étang du Gol

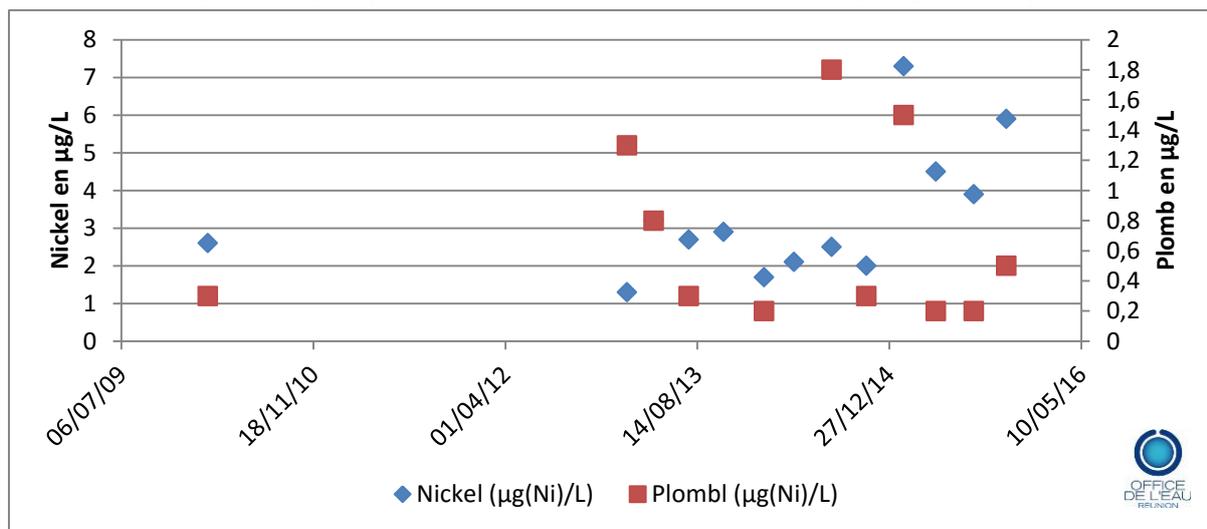
4.4.3.2. Les polluants minéraux

Pour les métaux non filtrés, seuls le plomb et le nickel sont détectés. Le nickel affiche une concentration moyenne annuelle de 5,4 µg/L en 2015. Cette concentration moyenne annuelle dépasse la NQE MA fixée à 4 µg/L. Le plomb affiche une moyenne de 2,5 µg/L en 2013 et de 2,4 µg/L en 2014 pour une NQE MA fixée à 1,2 µg/L.

	Plomb ($\mu\text{g(Pb)/L}$)	Nickel ($\mu\text{g(Ni)/L}$)
2010	0,3	2,6
2013	2,5	2,525
2014	2,4	2,075
2015	0,6	5,4
NQE MA	1,2	4

Tableau 23 : Moyennes annuelles de plombs et de nickel comparées aux normes de qualité environnementale moyennes annuelles

Seules les teneurs en nickel semblent présenter de tendances à la hausse en dehors de pics exceptionnels pour le plomb. Selon le BRGM, le nickel est d'origine naturelle, la présence du plomb est, quant à elle, principalement rattachée aux activités humaines polluantes.



Graphique 35 : Quantifications de nickel et de plomb dans l'Étang du Gol

Les inter-comparaisons de 2015 ont mis en évidence des teneurs inférieures en moyenne à 75 % pour le plomb et 50 % pour le nickel entre les échantillons filtrés et ceux non filtrés.

Les analyses faites en 2016 sur des échantillons d'eau filtrée indiquent des teneurs en dessous du seuil de qualité environnementale. Les fortes concentrations pour le nickel en 2015 et pour le plomb en 2013 et 2014 sont dues à leurs formes particulières.

4.4.4. Autres micropolluants et évaluation générale

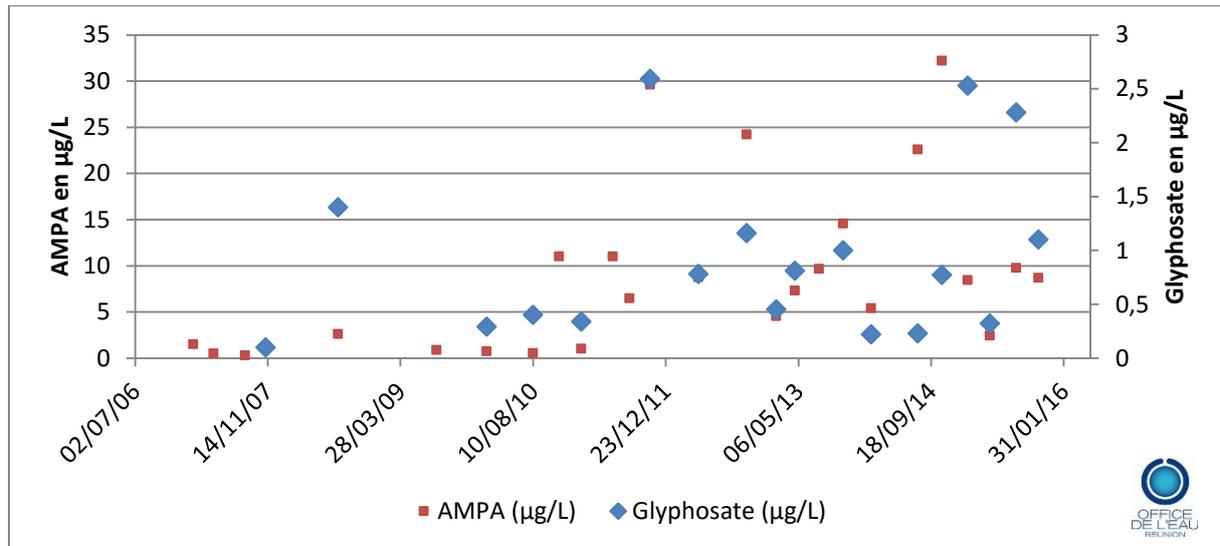
4.4.4.1. Matrice eau

4.4.4.1.1. *Les polluants synthétiques*

Ces micropolluants ne disposent pas de normes de qualité environnementales, notamment pour le Bassin Réunion. Certains sont quantifiés quasiment chaque année à plusieurs reprises et présentent une tendance à l'augmentation. C'est le cas du glyphosate, et de son métabolite l'AMPA, qui est un désherbant couramment utilisé en agriculture et par les jardiniers amateurs.

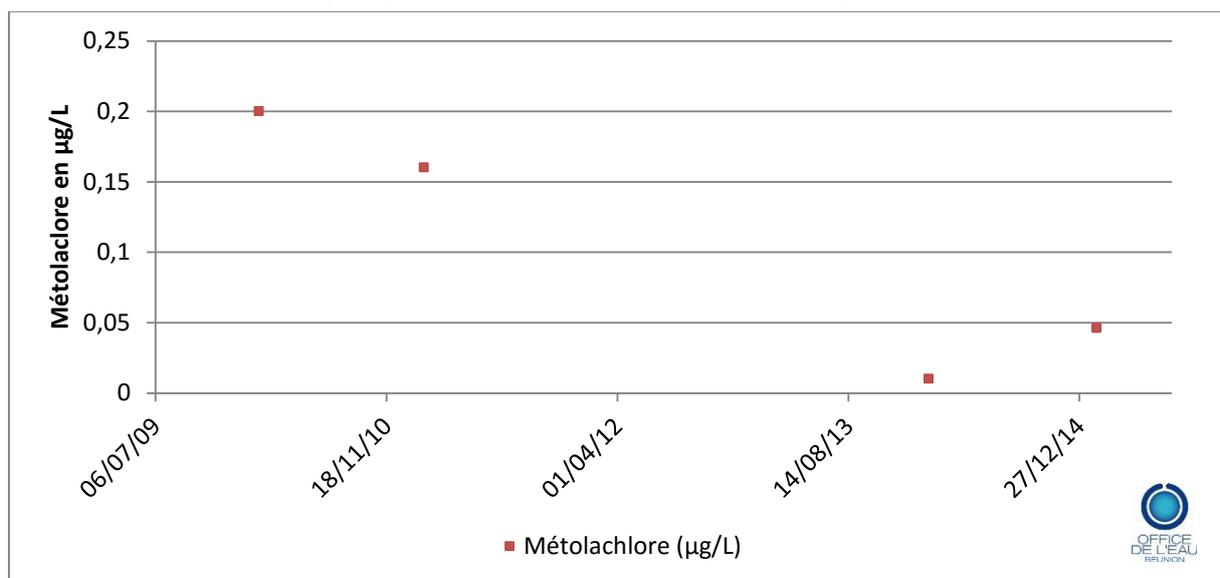
Une nette augmentation des quantifications de ces deux molécules est observée dans l'eau de l'étang (graphique 37). Malgré les concentrations atteintes, les seuils de

mauvaise qualité ne sont pas atteints selon les NQE existantes pour ces molécules sur les bassins de métropole.



Graphique 36 : Évolution des quantifications du glyphosate et de l'AMPA dans l'Étang du Gol

On note également la présence de l'herbicide métolachlore (toute forme de la molécule confondue R-Métolachlore interdit et s-Métolachlore autorisé).



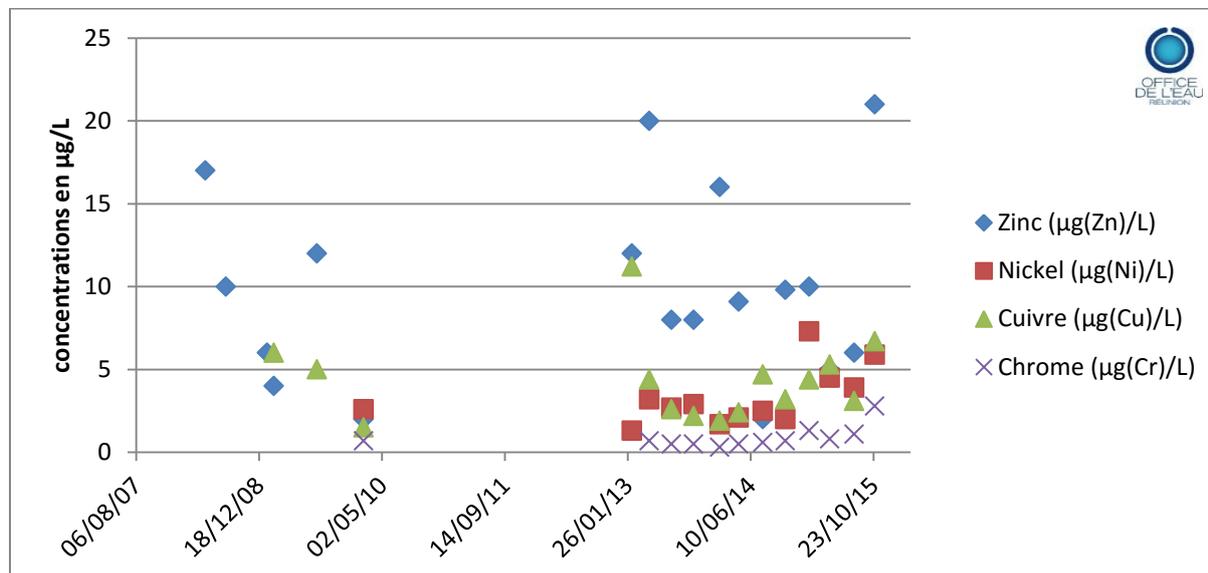
Graphique 37 : Quantifications de métolachlore dans l'Étang du Gol

4.4.4.1.2. Les polluants minéraux

Les métaux sont quantifiés régulièrement à l'exception du mercure, du cadmium et du cyanure pour lesquels les résultats d'analyse sont systématiquement inférieurs aux limites de détection et de quantification.

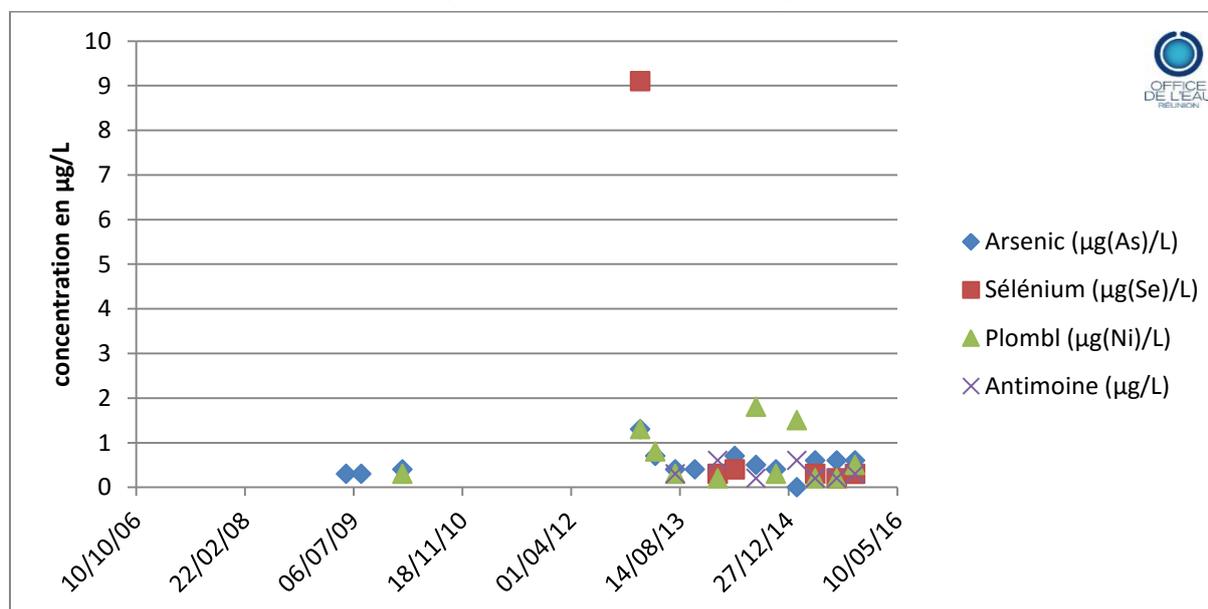
Il est également important de rappeler que les métaux étaient suivis jusqu'à la fin de l'année 2015 sur leur fraction dissoute et particulaire. Cela peut expliquer dans certains cas, le nombre de quantifications de métaux et les concentrations atteintes.

La présence de certains métaux est en partie d'origine naturelle. C'est le cas du chrome, du nickel, du cuivre et du zinc qui sont issus en grande partie de l'altération des roches mères volcaniques. Cependant cette origine naturelle est à apprécier au regard des pressions qui s'exercent sur le milieu. On constate en effet une tendance globale à l'augmentation de ces 4 substances de 2013 à 2015 (graphique 39).



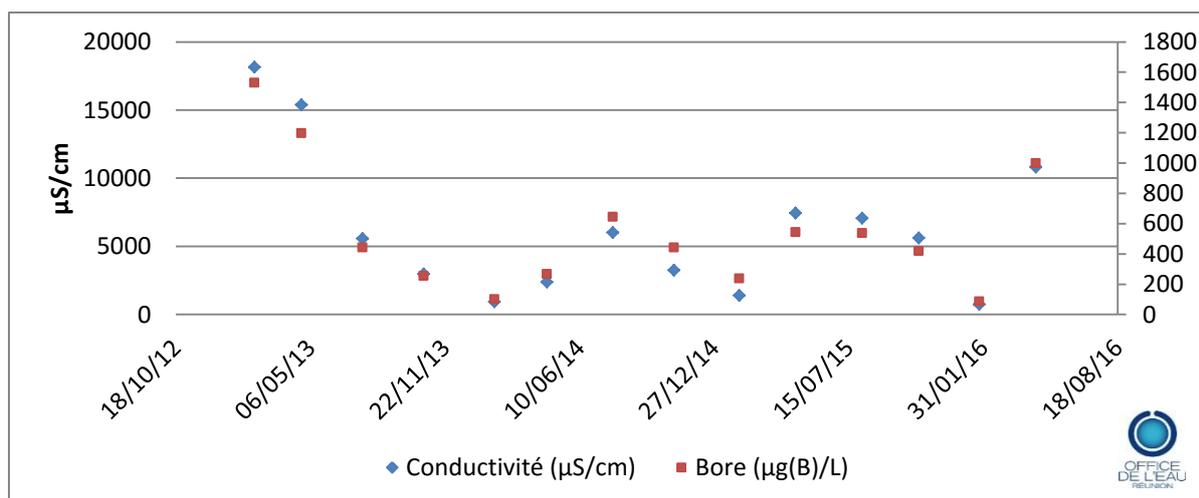
Graphique 38 : Quantifications de zinc, nickel et chrome dans l'Étang du Gol

On recense également la présence régulière d'arsenic et de plomb. Des quantifications de sélénium et d'antimoine apparaissent à partir de 2013.



Graphique 39 : Quantifications d'arsenic, plomb, antimoine et sélénium dans l'eau de l'Étang du Gol

Comme pour l'Étang de Saint-Paul, on constate la même relation entre les quantifications de bore et la conductivité. Cela indique l'origine marine de cet élément en lien avec les intrusions d'eaux salines (Graphique 40).



Graphique 40 : Comparaison de la tendance de concentration de bore en fonction de la conductivité de l'eau

4.4.4.2. Matrice sédimentaire

Les sédiments présentent des teneurs en particules fines qui augmentent de 71% en 2013, 88% en 2014 et 99 % en 2015.

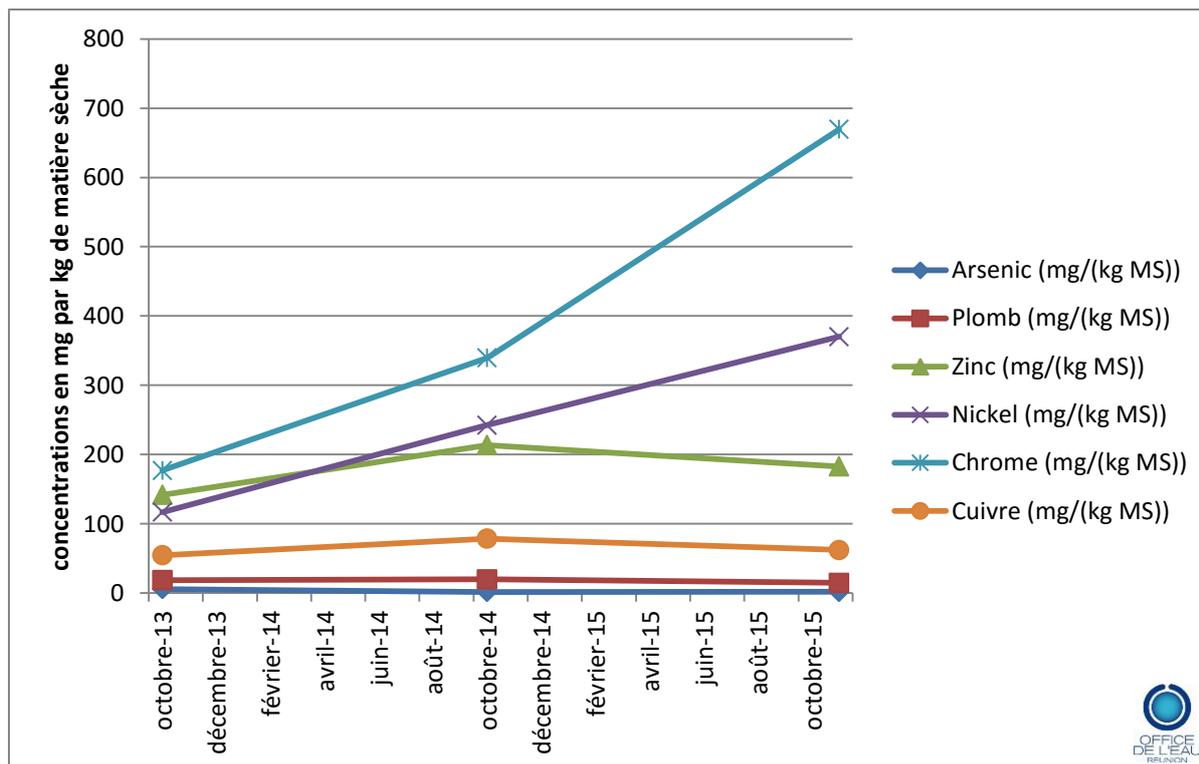
Le sédiment est essentiellement minéral, les teneurs en matières organiques sont relativement stables : 20 % en 2013, 13 % en 2014 et 16% en 2015.

L'augmentation des particules fines peut s'expliquer par le régime hydrologique déficitaire en 2014 et 2015. Les faibles débits des ravines qui alimentent le Gol ont charrié peu de particules grossières. La stagnation des eaux a pu avoir tendance à augmenter la sédimentation des matières en suspension.

4.4.4.2.1. Les polluants minéraux :

Les métaux sensibles tels que l'arsenic, le plomb, le zinc, le nickel, le chrome et le cuivre sont systématiquement détectés dans la matrice sédimentaire. Le mercure et le cadmium ne sont pas recherchés. En l'absence de NQE pour cette matrice, nous ne pouvons pas définir l'état de l'étang au regard de ces paramètres.

Les concentrations de métaux dans les sédiments peuvent atteindre des quantités importantes. C'est le cas pour le chrome et le nickel en 2015. Comme dans l'eau, l'origine de ces métaux peut être naturelle. Toutefois les fortes croissances de chrome et de nickel dans l'eau et les sédiments fin 2015, laisse présumer un enrichissement d'origine anthropique.



Graphique 41 : Quantification des métaux dits « sensibles » dans le substrat de l'Étang du Gol de 2013 à 2015

- Les polluants synthétiques :

Plusieurs composés organiques sont détectés et quantifiés dans les sédiments. Leurs présences dans les dépôts au fond du Gol le sont dans des proportions beaucoup plus importantes et croissantes que celles de l'Étang de Saint-Paul.

Il s'agit principalement d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, issus de la combustion notamment d'énergies fossiles (essence, charbon), ou de l'utilisation de produit du pétrole tels les huiles ou bitumes. Ces substances plutôt hydrophobes s'agglomèrent aux matières en suspension et aux sédiments. Deux PCB sont également quantifiés en 2014.

Le di(2-ethylhexyl)phtalate est le seul micropolluant non métal trouvé régulièrement dans l'eau et également dans le sédiment.

Micropolluant	Paramètre	21/10/13	21/10/14	16/11/15
Organique	Benzo(a)anthracène (µg/(kg MS))	<10(lq)	78	98
Organique	Benzo(a)pyrène (µg/(kg MS))	16	94	120
Organique	Benzo(b)fluoranthène (µg/(kg MS))	26	133	137
Organique	Benzo(k)fluoranthène (µg/(kg MS))	<10(lq)	59	60
Organique	Benzo(g,h,i)pérylène (µg/(kg MS))	19	144	<10(lq)
Organique	Fluoranthène (µg/(kg MS))	<20(lq)	498	499
Organique	Indéno (123cd) pyrène (µg/(kg MS))	15	57	<10(lq)
Organique	PCB 138 (µg/(kg MS))	<5(lq)	9	<5(lq)
Organique	PCB 180 (µg/(kg MS))	<5(lq)	11	<5(lq)
Organique	Acénaphène (µg/(kg MS))	<20(lq)	<20(lq)	28
Organique	Anthracène (µg/(kg MS))	<10(lq)	95	79
Organique	Chrysène (µg/(kg MS))	<20(lq)	81	98
Organique	Naphtalène (µg/(kg MS))	17	187	274
Organique	Phénanthrène (µg/(kg MS))	<50(lq)	428	445
Organique	Pyrène (µg/(kg MS))	<30(lq)	427	541
Organique	Biphényle (µg/(kg MS))	<50(lq)	Traces	63
Organique	Acénaphtylène (µg/(kg MS))	<20(lq)	21	57
Organique	Fluorène (µg/(kg MS))	<20(lq)	22	43
Organique	Décabromodiphényl éther (µg/(kg MS))	<10(lq)	89	<10(lq)
Phtalate	Di(2-ethylhexyl)phtalate (µg/(kg MS))	<100(lq)	210	194

Tableau 24 : Concentrations des micropolluants identifiés dans les sédiments de l'Étang du Gol

Conclusion

Des réflexions sont à mener sur les plans d'eau réunionnais afin de définir des critères d'évaluation de leurs états en rapport avec leurs fonctionnements et leurs spécificités (étangs côtiers, contexte tropical, peuplement ichtyologiques, invertébrés, phytoplancton, etc.). Le degré de précision des outils et seuils existants peut ne pas correspondre aux systèmes tropicaux. En effet, sur la base des critères nationaux ou courants, certains paramètres suggèrent un état dégradé alors que le milieu subit de faibles pressions (phosphore total à Grand-Étang, seuils de températures, etc.).

Seul le Grand-Étang présente un bon état global. Même si l'Étang de Saint-Paul présente moins de perturbations physico-chimiques ou chimiques que l'Étang du Gol, ces deux étangs littoraux sont en mauvais état. Cette situation en partie issue des activités humaines sur les bassins versants n'est pas inéluctable. On constate déjà des effets positifs liés à l'entretien courant de ces milieux, à leur gestion environnementale et à l'amélioration des équipements d'assainissement utilisés en amont. Il convient maintenant de déterminer les causes précises impactant la qualité des eaux des étangs. Une fois identifiées, il faudra sensibiliser les acteurs et mettre en place des opérations de restauration écologique sur les masses d'eau dégradées et sur leurs bassins versants. En attendant il relève de tout un chacun d'adapter ses pratiques et ses usages en lien avec l'eau pour limiter les perturbations qui menacent ces milieux appartenant au paysage et au patrimoine naturel réunionnais.