



**HAL**  
open science

**TransPhyt. Méthode d'évaluation de l'état écologique basée sur le phytoplancton des masses d'eau de transition de La Réunion & Pertinence de l'élément de qualité biologique " diatomées ". Rapport d'étape 6 : rapport final (guide méthodologique, flore phytoplancton, indice de qualité d'eau).**

Gilles Gassiole, Véronique Rouquet, Guillaume Borie, Chloé Yven, Emilie Métro, Axelle Euphrasie, Pierre Valade, Florence Pérès

► **To cite this version:**

Gilles Gassiole, Véronique Rouquet, Guillaume Borie, Chloé Yven, Emilie Métro, et al.. TransPhyt. Méthode d'évaluation de l'état écologique basée sur le phytoplancton des masses d'eau de transition de La Réunion & Pertinence de l'élément de qualité biologique " diatomées ". Rapport d'étape 6 : rapport final (guide méthodologique, flore phytoplancton, indice de qualité d'eau).. OFB, Office Français de la Biodiversité; Office de l'eau Réunion. 2023. hal-04371867

**HAL Id: hal-04371867**

**<https://hal.science/hal-04371867v1>**

Submitted on 4 Jan 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**OFB**  
OFFICE FRANÇAIS  
DE LA BIODIVERSITÉ



# TransPhyt

## Méthode d'évaluation de l'état écologique basée sur le phytoplancton des masses d'eau de transition de La Réunion

- Rapport d'étape 6 : rapport final (guide méthodologique, flore phytoplancton, indice de qualité d'eau)



## Liste des personnes impliquées

- MicPhyc : Gilles Gassiole
- OCEA consult' : Guillaume Borie, Axelle Euphrasie, Laëtitia Faivre, Lou Anne Jannel, Emilie Métro, Baptiste Salager, Pierre Valade, Chloé Yven
- Artémis : Véronique Jacquet, Florence Peres
  
- OFB : Olivier Monnier, Eva Thierry
  
- OLE : Léonard Durasnel, Karoline Ruffié, Julien Bonnier
  
- Réserve de l'étang de Saint Paul : Pascal Hoarau, Anouk Piteau, Alexandre Tatel, Anne Laterrière, M. Fontaine
- Mairie de Sainte-Suzanne : Patrick Amourdom Mariaye
- AAPPMA de Saint-André : Ritchy Fontaine, Elodie Gourama
- DEAL: Audrey Bonnefoy, Pascal Talec

## Autorisations

Une autorisation pour les activités scientifiques a été obtenue pour la réserve de Saint Paul ainsi qu'une demande d'AOT (Autorisation Temporaire d'Occupation du domaine public fluvial) pour les différents plans d'eau à la DEAL.

Une autorisation a été acceptée pour la rivière Sainte-Suzanne et le Petit Etang de Saint-André ainsi qu'une mise en relation avec l'Association Agrée Pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques de Saint-André (A.A.P.P.M.A.S.A.).

## Résumé

L'indice phytoplanctonique pour les eaux de transition de La Réunion (IPTR) est un outil de bioindication destiné à l'évaluation de la qualité biologique des eaux de transition de la Réunion à partir du phytoplancton.

Cet outil a été développé conjointement par MicPhyc, OCEA consult' et Artémis, dans le cadre d'un programme de Recherche-Développement initié suite à un appel à manifestation d'intérêt publié par l'OFB. Ce programme a été financé par l'Office Français de la Biodiversité (OFB) sous forme de contrat de recherche, par l'Office de l'Eau de La Réunion (OLE) par une convention de Recherche ainsi qu'une part d'autofinancement de MicPhyc, OCEA consult' et Artémis.

Le présent guide a pour but de cadrer la mise en œuvre opérationnelle de l'IPTR afin d'obtenir les résultats les plus fiables possibles. Il décrit l'ensemble des procédures de prélèvements, d'analyse au laboratoire, de calcul de l'indice. Il lui est associé des planches iconographiques permettant la détermination du phytoplancton rencontré.

## Mots clés

Bioindication — Eaux de transition — Phytoplancton — Directive cadre sur l'eau (DCE) — Etat écologique — La Réunion — Réseau de contrôle et surveillance (RCS)

## Sigles et abréviations

AOT : Autorisation Temporaire d'Occupation du domaine public fluvial

BE : bon état

DCE : directive cadre sur l'eau

DEAL : direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement

DROM : départements et régions d'outre-mer

EQR : ecological quality ratio

GEMAPI : gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations

IDR : indice diatomique Réunion

IPTR : indice phytoplancton des eaux de transition de La Réunion

IRM : indice Réunion macroinvertébrés

IRP : indice Réunion poissons

RCS : réseau de contrôle et surveillance

SDAGE : schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

TBE : très bon état



## Sommaire

Résumé.....	3
Mots clés.....	3
Sigles et abréviations .....	3
<b><i>I. Introduction .....</i></b>	<b>6</b>
<b><i>II. Contexte et objectif du guide.....</i></b>	<b>7</b>
A. La directive cadre sur l'eau.....	7
B. Le contexte réunionnais.....	7
C. L'indice phytoplancton pour les eaux de transition de La Réunion (IPTR) .....	7
D. Le périmètre de mise en œuvre .....	8
E. Restrictions d'application de la méthode et réserves sur la fiabilité des résultats .....	8
<b><i>III. L'acquisition des données.....</i></b>	<b>9</b>
A. Sites d'études .....	9
B. ....	10
C. Période d'échantillonnage .....	11
D. Conditions de prélèvement.....	11
E. Méthode de prélèvements .....	12
F. Traitements et Analyse des échantillons des échantillons .....	15
<b><i>IV. L'IPTR .....</i></b>	<b>17</b>
A. La création de l'IPTR .....	17
B. Constitution de l'IPTR.....	18
C. Résultats de l'IPTR pendant la durée de TransPhyt.....	24
<b><i>V. Niveau de confiance et incertitudes .....</i></b>	<b>28</b>
A. Les incertitudes liées à l'utilisation de l'élément de qualité « phytoplancton ».....	28
B. Les incertitudes liées à la conception de l'outil .....	28
C. Les incertitudes liées à la mise en œuvre de l'outil.....	28
<b><i>VI. Bibliographie.....</i></b>	<b>30</b>
<b><i>VII. Planches iconographiques .....</i></b>	<b>31</b>
A. Bacillariophyta.....	31
B. Charophyta.....	31
C. Chlorophyta.....	32
D. Cryptophyta .....	33
E. Cyanobacteria.....	34
F. Euglenozoa .....	35
G. Mioza.....	35

H. Ochrophyta.....	36
<b>VIII. Annexes .....</b>	<b>37</b>
A. Annexe 1 : Sites prélevés et dates de prélèvement .....	37
B. Annexe 2 : Matrice abiotique.....	37
C. Annexe 3 : Matrice biotique.....	37
D. Annexe 4 : Résultats IPTR et de ses composantes .....	37
E. Annexe 5 : Etudes référencées sur les plans d'eau prélevés.....	37
F. Annexe 6 : Quelques ouvrages de référence pour la détermination du phytoplancton.....	37

## Table des figures

Figure 1 : Localisation générale des plans d'eau suivis. Etang de Saint Paul (stations PA, PB, PC), Etang du Gol (stations GA, GB, GC), Petit Etang de Saint-André (station A), Bocage de la Rivière Sainte-Suzanne (station S) .....	9
Figure 2 : localisations des stations PA, PB et PC sur l'Etang de Saint Paul .....	10
Figure 3 : localisations des stations GA, GB et GC sur l'Etang du Gol .....	10
Figure 4 : localisation de la station A sur le Petit Etang de Saint-André.....	10
Figure 5 : localisation de la station S sur le Bocage de la Rivière Sainte-Suzanne .....	11
Figure 6 : Matériel de prélèvement .....	13
Figure 7 : Exemple de fiche de prélèvement.....	14
Figure 8 : microscope inversé et kit Utermöhl avec lame support et différentes colonnes de sédimentation .....	16
Figure 9 : Arbre de régression multivariées et combinaison des embranchements les plus indicateurs pour chaque groupe .....	18
Figure 10 : A — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR du $\log_{10}$ du nombre de cellules par ml de cyanobactéries. B — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR du $\log_{10}$ du nombre de cellules totales par ml. C — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR des valeurs du rapport profondeur de disparition du disque de secchi et profondeur maximale. D — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR des valeurs de la composante « Tax ». .....	22
Figure 11 : A — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR du $\log_{10}$ de la concentration en azote Kjeldahl. B — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR du $\log_{10}$ de la concentration en azote totale.....	23

## Table des tableaux

Tableau 1 : Résultats des corrélations de Spearman sur la matrice d'apprentissage.....	20
Tableau 2 : Résultats des corrélations de Spearman sur la matrice test.....	20
Tableau 3 : IPTR des 3 stations de l'Etang de Saint Paul .....	24
Tableau 4 : IPTR des 3 stations de l'Etang du Gol.....	25
Tableau 5 : IPTR de la station du Petit Etang de Saint-André.....	27
Tableau 6 : IPTR de la station Bocage Rivière Sainte-Suzanne.....	27
Tableau 7 : incertitudes liées à la mise en œuvre de l'IPTR.....	29

## I. Introduction

Ce programme de recherche et développement répond aux besoins de disposer de méthodes d'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau de transition à La Réunion.

Cette étude comporte deux principaux volets :

- la caractérisation du compartiment « phytoplancton » pour le développement d'un outil indiciel à fin d'évaluation de la qualité biologique des masses d'eau de transition, couplant approches biologiques et descripteurs de la qualité physico-chimique ;
- la faisabilité de l'utilisation des populations de « diatomées » pour le développement d'un outil indiciel (rapport d'étape n° 4 et poster ADLAF 2023 (Gassiole et al. 2023)).

Le présent rapport regroupe, quant à lui, l'ensemble des données nécessaires à l'application de l'indice de qualité pour les eaux de transition de La Réunion basé sur le compartiment phytoplancton ainsi que les différentes étapes de son élaboration.

Cette étude a permis de suivre l'état écologique de ces milieux d'un point de vue biologique pour compléter l'évaluation réalisée à partir de descripteurs de la qualité physico-chimique.

Les bénéficiaires de cette action sont les gestionnaires des milieux aquatiques (Réserve Naturelle de l'Etang de Saint Paul, Communautés de communes en charge de la GEMAPI), ainsi que les organismes en charge du suivi de la qualité de l'eau et des milieux et de la mise en application du SDAGE (Office de l'Eau, DEAL...). Les utilisateurs sont en général les hydrobiologistes (Bureau d'études) pour disposer d'outils de référence pour la caractérisation et de suivi de l'état des masses d'eau de transition.

Le principe du projet repose sur la réalisation conjointe d'inventaires biologiques et de mesures de la qualité physico-chimique, sur plusieurs stations de quatre plans d'eau de La Réunion. L'analyse croisée des paramètres permettant, in fine, de déterminer des compositions de flore en lien avec la qualité physico-chimique de l'eau. Les investigations ont été menées sur des stations subissant différents niveaux de pression, au sein d'une même masse d'eau ou au sein de différentes masses d'eau.

Un contrat de recherche a été signé entre MicPhyc, OCEA consult', Artémis et l'Office Français de la Biodiversité le 29 décembre 2020. Une convention de recherche a aussi été signée entre les intervenants et l'Office de L'Eau de La Réunion le 1<sup>er</sup> juin 2021.

## II. Contexte et objectif du guide

### A. La directive cadre sur l'eau

La directive cadre sur l'eau (European commission 2000), adoptée le 23 octobre 2000 et transcrite en droit français par la loi n° 2004-338 du 21 avril 2004, établit le cadre de la politique communautaire dans le domaine de l'eau et définit les objectifs environnementaux à atteindre pour l'ensemble des eaux, avec obligation de résultat. Les principaux objectifs sont la réduction ou la suppression des rejets de substances chimiques prioritaires, la non-détérioration de la qualité des eaux, et dans bien des cas la reconquête du bon état des eaux et des milieux aquatiques. Pour l'établissement de l'état des masses d'eau, La DCE prend en compte de l'état écologique et l'état chimique. L'état écologique est l'appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Le phytoplancton est l'un des compartiments clés pouvant être pris en compte pour son évaluation. L'état écologique est mesuré par rapport à des conditions de référence.

### B. Le contexte réunionnais

L'application de la DCE dans les départements et régions d'outre-mer (DROM) nécessite, au même titre que la France métropolitaine, la réalisation régulière d'opérations de surveillance de la qualité des eaux, ainsi que la mise en application d'indices biologiques permettant d'évaluer l'état écologique des milieux aquatiques. Ces opérations soumises à rapportage vers l'Union européenne sont réalisées dans le cadre des réseaux institutionnels de surveillance, et notamment du réseau de contrôle et de surveillance (RCS).

Cependant, le caractère tropical de La Réunion, fait que les compartiments biologiques clés présents sont très différents de ceux de la métropole, tant dans leur composition spécifique que dans leur fonctionnement. Cela a conduit à développer des indices biologiques spécifiques.

### C. L'indice phytoplancton pour les eaux de transition de La Réunion (IPTR)

L'IPTR a été créé dans le cadre d'un programme de recherche et développement, TransPhyt, mené de 2020 à 2023 par MicPhyc, OCEA consult' et Artémis, soutenu financièrement par l'OFB et l'Office de l'eau Réunion et incluant également une part d'autofinancement des trois maîtres d'œuvre impliqués.

L'IPTR est un indice basé sur la structure du peuplement phytoplanctonique de la station considérée appartenant aux eaux de transition de La Réunion.

#### D. Le périmètre de mise en œuvre

L'IPTR a été conçu à partir d'un jeu de données issues d'échantillons prélevés sur quatre plans d'eau répondant à la définition d'eau de transition. Le territoire d'application est donc l'île de La Réunion.

#### E. Restrictions d'application de la méthode et réserves sur la fiabilité des résultats

Les cas de restrictions de la méthode peuvent être liés à une non-appartenance au domaine des eaux de transition.

Les résultats seront aussi moins fiables dans le cas où les conditions de prélèvement sont perturbées par la houle, le vent, l'ouverture du cordon littoral ou encore le recouvrement par des plantes immergées.

### III. L'acquisition des données

#### A. Sites d'études

Quatre plans d'eau côtiers ou assimilés ont été retenus pour répondre à la définition des eaux de transition : l'**Étang de Saint Paul (3 stations)**, l'**Étang du Gol (3 stations)**, le **Petit étang de Saint-André (1 station)** et le **Bocage de la rivière Sainte-Suzanne (1 station)**. Les trois premiers sites sont des étangs côtiers d'origine sédimentaire. Le gradient de salinité y est souvent marqué et variable selon les saisons, l'hydrologie et les conditions de houle sur le littoral. À ce titre, le cours aval de la rivière Sainte-Suzanne (zone du bocage) présente des caractéristiques morphologiques proches des étangs côtiers et ne peut être inventorié par les méthodologies mises en place sur les cours d'eau de La Réunion (IRM, IRP, IDR). Enfin, ces quatre sites supportent différents niveaux de pression issus des activités humaines. Plusieurs études ont déjà été menées sur ces plans d'eau, elles sont référencées en annexe. Il est aussi à noter que l'Étang de Saint Paul et l'Étang du Gol sont suivis dans le cadre du RCS au niveau de la qualité physico-chimique de l'eau.

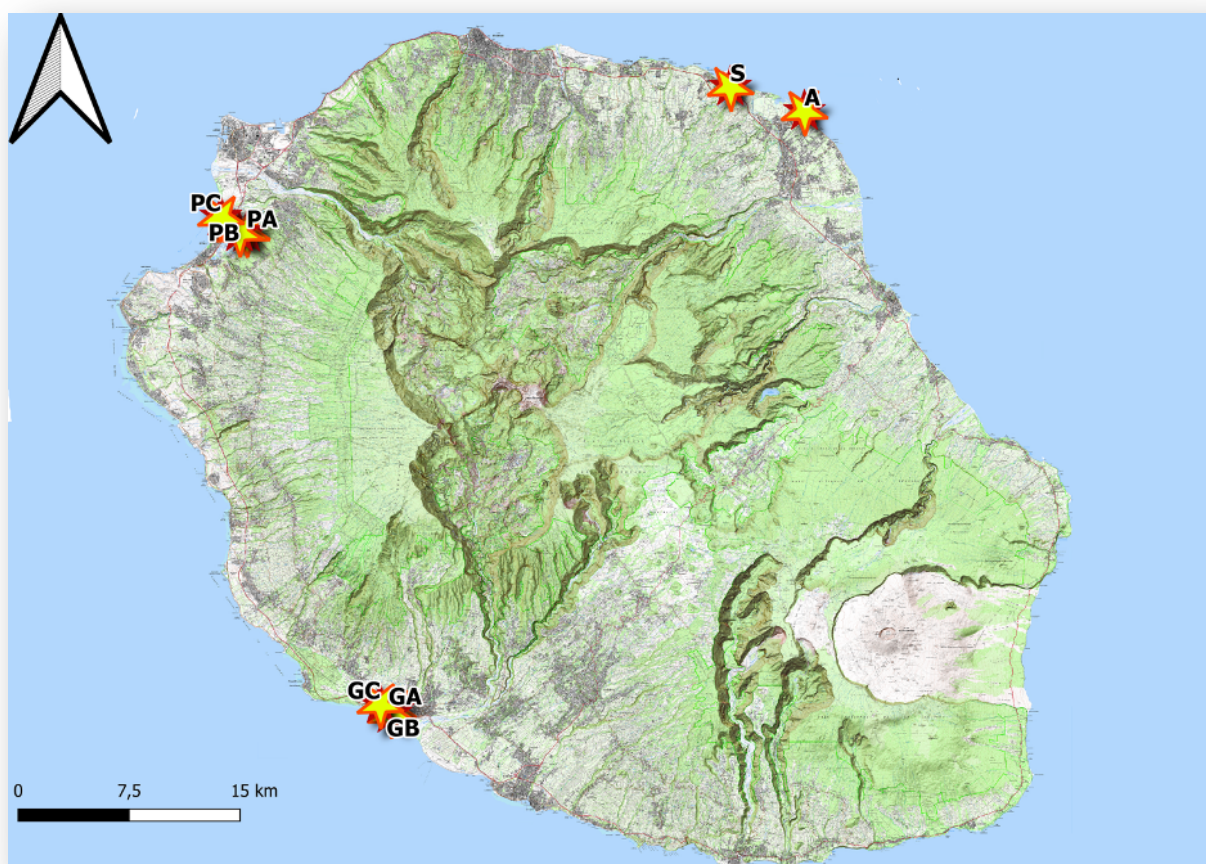


Figure 1 : Localisation générale des plans d'eau suivis. Etang de Saint Paul (stations PA, PB, PC), Etang du Gol (stations GA, GB, GC), Petit Etang de Saint-André (station A), Bocage de la Rivière Sainte-Suzanne (station S)



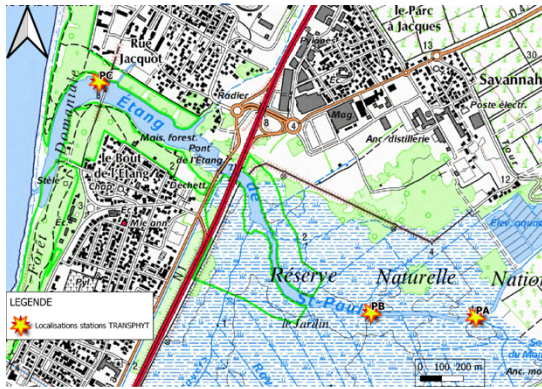


Figure 2 : localisations des stations PA, PB et PC sur l'Etang de Saint Paul



Figure 3 : localisations des stations GA, GB et GC sur l'Etang du Gol



Figure 4 : localisation de la station A sur le Petit Etang de Saint-André



Figure 5 : localisation de la station S sur le Bocage de la Rivière Sainte-Suzanne

Les méthodes d'acquisition des données biologiques font appel à des procédures déjà existantes dont les documents de référence sont différentes normes ou protocoles standardisés :

- Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en œuvre de la DCE (Laplace-Treyture et al. 2009),
- Concernant la mesure de la transparence de l'eau, la norme EN ISO 7027-2 (AFNOR, 2019),
- La norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl) NF EN 15 204 (AFNOR, 2006).

### C. Période d'échantillonnage

Les milieux d'eau de transition sont très changeants. Les différents apports d'eau continentale ou marine provoquent de grosses variations notamment au niveau de la composition phytoplanctonique. Le suivi effectué malgré un pas de temps resserré de trois semaines a montré encore de grosses variations au niveau des inventaires taxinomiques et des relevés physico-chimiques. Le suivi en routine en physico-chimie étant réparti en quatre fois dans l'année à La Réunion, le suivi phytoplanctonique pourrait se calquer sur ce calendrier pour donner une image de la qualité écologique des eaux de transition par le phytoplancton.

### D. Conditions de prélèvement

La masse d'eau suivie doit appartenir aux eaux de transition. Le SANDRE définit une masse d'eau de transition comme « une partie distincte et significative des eaux de surface située à proximité des embouchures de rivières ou de fleuves, qui sont partiellement salines en raison de leur proximité des eaux côtières, mais qui restent fondamentalement influencées par des courants d'eau douce, constituant le découpage élémentaire des milieux aquatiques destiné à être l'unité d'évaluation de la DCE. ».



Le prélèvement doit s'effectuer dans de bonnes conditions climatiques pour permettre une perturbation la plus limitée possible de la colonne d'eau où s'effectue le prélèvement. Ainsi les périodes de vent soutenu, de pluie trop abondante ou encore de « houle » seront évitées.

#### E. Méthode de prélèvements

Le prélèvement consiste à constituer un échantillon intégré de la zone euphotique de la colonne d'eau.

Les étapes de la constitution d'un échantillon intégré sont les suivantes :

- Mesure de la profondeur maximale au point de prélèvement,
- Mesure de transparence à l'aide d'un disque de Secchi. Cette mesure est primordiale, car elle détermine la zone euphotique sur laquelle le prélèvement intégré est réalisé,
- la profondeur de disparition du disque de Secchi est multipliée par 2,5 pour connaître la zone euphotique,
- un échantillon est prélevé à l'aide d'une bouteille à prélèvement de type Van Dorn tous les 50 cm dans cette zone euphotique à l'exception des 50 cm proches du fond,
- l'ensemble des prélèvements effectués dans la zone euphotique sont mélangés dans un récipient pour constituer l'échantillon intégré.

Les différentes étapes permettant la mesure de la transparence avec le disque de Secchi sont les suivantes :

- descendre lentement dans l'eau le disque de Secchi jusqu'au point de disparition,
- faire remonter le disque de Secchi jusqu'à apparition, puis le descendre à nouveau afin de trouver le point exact où il disparaît,
- noter la valeur,
- répéter l'opération au moins 3 fois,
- consigner la moyenne des mesures.

Les plans d'eau échantillonnés pouvant faire moins de 50 cm de profondeur maximale alors plusieurs prélèvements de l'eau en surface sont alors effectués et mélangés dans un récipient pour constituer l'échantillon intégré.

Après homogénéisation de l'échantillon intégré, une aliquote de 500 ml est conservée pour l'analyse du phytoplancton. Cette aliquote est fixée au lugol (2,5 ml pour un flacon de 500 ml) lors de sa constitution pour arrêter tout développement du phytoplancton.

Dans le cadre du calcul de l'IPTR seule la constitution d'un échantillon intégré est nécessaire.

La liste du matériel nécessaire pour la constitution de l'échantillon intégré dans le cadre de l'IPTR est :

- une embarcation pour atteindre les points de prélèvements,
- un disque de Secchi,
- une bouteille Van Dorn,
- un seau pour recueillir l'ensemble des prélèvements constituant l'échantillon intégré,
- flaconnage de 500 ml,
- Lugol et pipette.

Des données complémentaires pour l'analyse ultérieure des résultats et leurs interprétations peuvent être effectuées :

- mesures in situ de la température, pH, conductivité, pourcentage d'oxygène, concentration d'oxygène de l'échantillon intégré
- profil vertical de la colonne d'eau avec les mesures in situ de la température, pH, conductivité, pourcentage d'oxygène, concentration d'oxygène,
- mesures de la chlorophylle a (en laboratoire ou in situ à l'aide d'une sonde) de l'échantillon intégré et du profil vertical de la colonne d'eau
- prélèvements au filet (vide de maille de 30  $\mu\text{m}$ ), pour concentrer le phytoplancton pour une analyse complémentaire qualitative de sa composition.

La liste du matériel nécessaire pour les données complémentaires est :

- sonde de mesure in situ température, pH, conductivité, pourcentage d'oxygène, concentration d'oxygène
- sonde de mesure in situ chlorophylle a
- flaconnage adapté pour mesure de la chlorophylle a au laboratoire
- filet à phytoplancton (vide de maille de 30  $\mu\text{m}$ ).



Figure 6 : Matériel de prélèvement

Une fiche consignait les différentes mesures effectuées sur le terrain est remplie. Les éléments obligatoires sont :

- nom de la station de prélèvement
- date et heure de prélèvement
- nom du ou des préleveurs
- conditions climatiques (vent, pluie, houle)
- couleur de l'eau
- présence ou absence d'efflorescence
- profondeur maximale
- profondeur de disparition du disque de secchi
- profondeur de la zone euphotique

Pourront être ajoutés les éléments permettant une interprétation ultérieure comme :

- les mesures physico-chimiques in situ de l'échantillon intégré et du profil de la colonne d'eau
- la mesure de la chlorophylle a (échantillon intégré et profil de la colonne d'eau)
- la constitution d'un échantillon concentré de phytoplancton
- la constitution d'un échantillon pour la mesure de la chlorophylle a au laboratoire.

**TransPhyt**

Station

**Plan d'eau :**                      **Station :**                      **Date :**

**Préleveurs :**

**Météo**    Sec ensoleillé    faiblement nuageux    fortement nuageux  
                  temps humide    Pluie fine                    orageux

**Vent**       nul    faible    moyen    fort

**Surface de l'eau**    lisse    faiblement agitée    agitée    fortement agitée

**Bloom**    oui    non

**Remarques :**

Prélèvement

**Heure début :**                      **Heure fin :**

**Bloom**    oui    non

**Prélèvements réalisés**    Eau phy-chim (2X500ml)    PC I    PC II  
    Chlorophylle (1X250ml)    P  
    Phytoplancton (1X500ml- 1X250ml [LUGOL] - 150ml)

Relevé sonde 24/24                      Suppl [150 ml]                      ADNe

**Couleur eau**

**Remarques :**  
zooplancton

**TransPhyt**

Secchi :                      Prof. Max :                      Zone euphotique (X2.5) :

Sondes utilisées :

Intégré

Temp.	pH	ORP	Cond. Spec.	O2 dissous	Tx sat.	Chloroph.	FDOM

Profil

	Temp.	pH	ORP	Cond. Spec.	O2 dissous	Tx sat.	Chloroph.	FDOM
0								
0,5								
1								
1,5								
2								
2,5								
3								
3,5								
4								

Diatomètres - Cordes

	A	B	C	D	E	F
Poser						
Récupérer						

Figure 7 : Exemple de fiche de prélèvement

## F. Traitements et Analyse des échantillons des échantillons

Le traitement et l'analyse des échantillons suivent la méthode Utermöhl (Norme NF EN 15 204).

Cette méthode nécessite obligatoirement :

- un microscope inversé équipé d'oculaire à minima de X10 et d'objectifs avec des distances de travail importantes, de différents grossissements dont le X40 ou X63 pour l'identification,
- des chambres de sédimentation de 10 à 50 ml de capacité,
- des pipettes et éprouvettes graduées pour effectuer des concentrations ou dilutions si nécessaires.

Le matériel de microscopie peut être complété par des systèmes de contraste ainsi que de système de prises de vue pour faciliter les identifications.

Le nombre de cellules par millilitre étant un paramètre rentrant en compte dans le calcul de l'IPTR, un soin particulier est apporté aux mesures du diamètre de champ de comptage, de volume des chambres et du diamètre de la chambre de comptage.

### **Confection de l'échantillon d'observation**

L'ensemble des constituants de la chambre de sédimentation, c'est-à-dire la lame support, la lamelle et la colonne doit être propre et sec.

La chambre de sédimentation et l'échantillon doivent être à température ambiante.

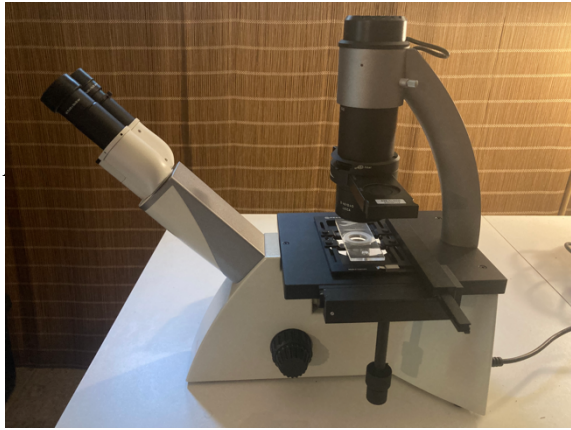
Pour permettre une homogénéisation de l'échantillon de phytoplancton, celui-ci est doucement agité par des mouvements lents (les mouvements ne doivent pas être trop brusques pour ne pas détruire les colonies de cellules) pendant au moins une minute. Puis un sous échantillon est versé dans la chambre de sédimentation. Celle-ci est alors placée à l'obscurité, à température ambiante et en absence de vibration. Compter au minimum 4 heures de sédimentation par cm de hauteur de colonne de sédimentation. Une fois la durée de sédimentation nécessaire dépassée, faire glisser la colonne en s'aidant d'une lame en verre qui va venir fermer la chambre de comptage.

Après avoir placé la lame support sur la platine du microscope, une vérification de l'homogénéité de l'échantillon est effectuée à faible grossissement. Si l'échantillon est homogène, l'identification et le comptage des cellules phytoplanctoniques peuvent commencer. Si l'homogénéité n'est pas assurée alors l'échantillon doit être réparé.

Pour que le comptage soit possible, il faut aussi que les différents individus soient facilement distinguables, ainsi une concentration ou une dilution pourra être effectuée et l'échantillon réparé.

Le comptage s'effectue soit par transects soit sur différents champs choisis aléatoirement au grossissement X400 ou X600. Le comptage s'effectue par cellule. Dans le cas de colonies où le nombre de cellules est trop important, une estimation est donnée. Au moins quarante champs sont comptés.

Les résultats sont donnés en nombres de cellules par millilitre d'échantillon.



*Figure 8 : microscope inversé et kit Utermöhl avec lame support et différentes colonnes de sédimentation*

## IV. L'IPTR

A partir des mesures effectuées durant les deux années de suivi du programme de recherche sur les quatre plans d'eau retenus, une matrice abiotique et une matrice biotique ont été constituées. La matrice abiotique regroupe les données liées aux différents paramètres liés à l'azote, au phosphore ainsi que les données de profondeur de disparition du disque de secchi.

La matrice biotique regroupe quant à elle les inventaires taxinomiques des différents prélèvements.

### A. La création de l'IPTR

Un tirage au sort a été effectué sur l'ensemble des 192 échantillons pour séparer une matrice d'apprentissage (172 échantillons) à partir de laquelle l'IPTR a été constitué et une matrice de test (20 échantillons : environ 10 %).

A partir des matrices brutes constituées, plusieurs essais à partir d'arbre de régression multivariées (De'ath, G., 2002) et de recherche d'indicateurs (De Cáceres, M. & Legendre, P., 2009 ; Dufrêne, M. & Legendre, P., 1997) ont été menés pour comprendre la structure des peuplements. Les analyses ont été menées sous R (R Core Team, 2022) notamment à l'aide des packages mvpart (De'ath, G., 2012) et indicpecies (De Cáceres, M. & Legendre, P., 2009).

Différents essais selon les regroupements taxinomiques ont aussi été effectués. Pour cela la base de données incluse dans le logiciel Phytobs (en libre téléchargement : <https://hydrobio-dce.hub.inrae.fr/telecharger/logiciels/phytobs>) est utilisée pour la classification des différents taxons. Ci-dessous l'exemple de l'arbre présentant une des meilleures explications de la répartition du phytoplancton selon les paramètres abiotiques.

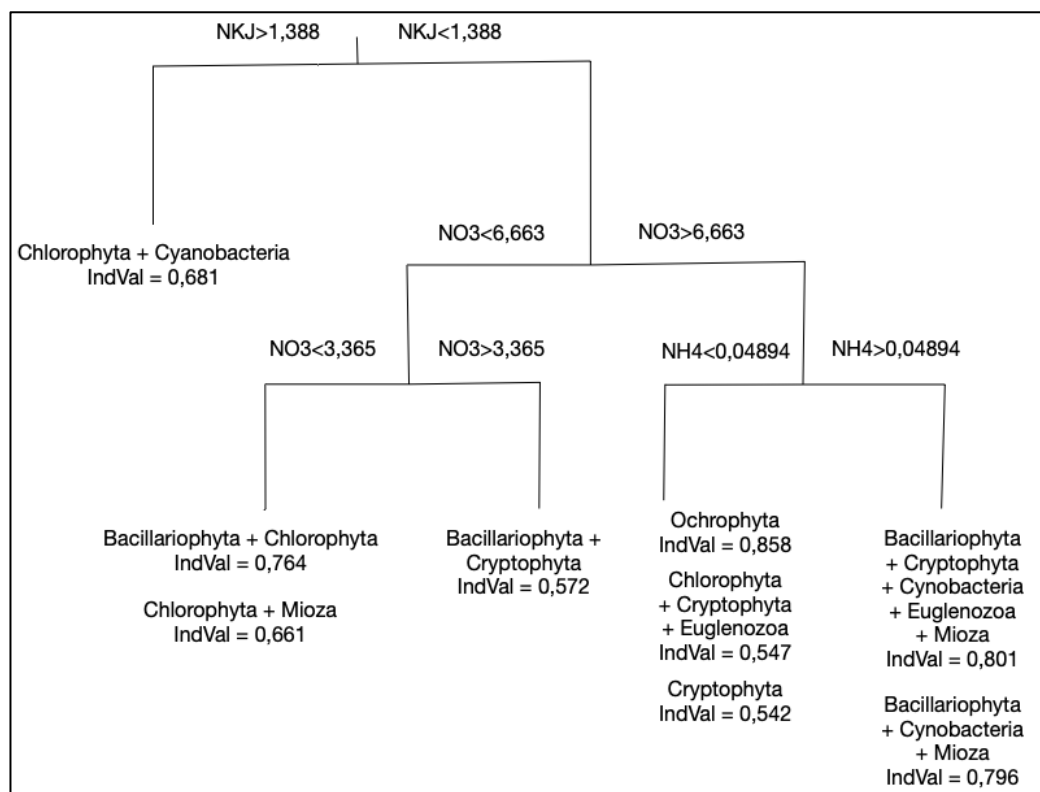


Figure 9 : Arbre de régression multivariées et combinaison des embranchements les plus indicateurs pour chaque groupe

L'arbre de décision présenté se base principalement sur l'azote Kjeldahl ainsi que dans une moindre mesure sur les nitrates et l'ammonium pour les paramètres abiotiques et sur le nombre de cellules par millilitres des différents embranchements pour classer les différents prélèvements.

## B. Constitution de l'IPTR

L'IPTR est la somme de deux métriques, l'une liée directement à la composition taxinomique et l'autre liée à la composante bloom (indicateurs d'efflorescence et d'abondance) de l'échantillon.

### Métrique « Bloom »

La métrique « Bloom » est composée de trois paramètres :

- la mesure lors du prélèvement de la profondeur de disparition du disque de secchi
- le nombre total de cellules par millilitre inventoriées
- le nombre total de cellules de cyanobactéries par millilitre inventoriées

Les valeurs pour la composante « Secchi » sont données par le rapport entre la profondeur de disparition du disque de secchi et la profondeur maximale. Une note



de 0 à 3 est donnée à chaque classe d'attribution qui est indiquée dans le tableau de correspondance ci-dessous.

Disparition Secchi/Prof. Max.	$\leq 0,3$	$< 0,7$	$< 1$	$= 1$
Secchi	0	1	2	3

Les valeurs utilisées pour la composante « nombre total de cellules de cyanobactéries par millilitre » sont données par les seuils qui sont utilisés pour les eaux de baignade, c'est-à-dire 20 000 cell/ml et 100 000 cell/ml.

Les mêmes seuils sont utilisés pour la composante « nombre total de cellules par millilitre ».

Une classe d'attribution est donnée pour chaque valeur de ces composantes dans le tableau suivant.

Nombre cellules totales/ml	$\geq 100\ 000$	$\geq 20\ 000$	$< 20\ 000$
CellTot	0	1	2
Nombre cellules Cyano/ml	$\geq 100\ 000$	$\geq 20\ 000$	$< 20\ 000$
CyanoTot	0	1	2

La somme des valeurs de chaque classe constitue cette métrique qui s'étend de 0 à 7.

$$\text{Bloom} = \text{Secchi} + \text{CellTot} + \text{CyanoTot}$$

### Métrique « Tax »

Cette métrique se base sur les proportions des différents embranchements en liaison avec les paramètres liés à l'azote et le phosphore. Les réflexions basées sur les différents essais d'arbres de régression, le calcul de valeurs indicatrices par différentes méthodes (indVal, Multipatt, moyenne pondérée d'abondance) ont abouti à la formule suivante :

$$\text{Tax brute} = (2x \text{ Bacillariophyta} + \text{Cryptophyta} + 3x \text{ Euglenozoa} + 4x \text{ Mioza}) / (2x \text{ Chlorophyta} + \text{Cyanobacteria}/2 + \text{Cryptophyta})$$

Pour chaque embranchement utilisé dans la formule, les valeurs sont exprimées en nombre de cellules par millilitre.

Une classe d'attribution est donnée à chaque Tax brute calculée.

Tax Brute	$\leq 0,025$	$< 0,070$	$< 0,456$	$< 2,06$	$\geq 2,06$
Tax	1	2	3	4	5



L'IPTR est la somme de ces deux métriques

$$\text{IPTR} = \text{Bloom} + \text{Tax}$$

Les valeurs de l'IPTR s'étendent de 1 à 12.

L'IPTR est calculé sur l'ensemble des échantillons de la matrice d'apprentissage suivi du calcul de la corrélation de Spearman sur les paramètres choisis.

La corrélation de Spearman est l'équivalent non paramétrique de la corrélation de Pearson. Elle mesure le lien entre deux variables. Si les variables sont ordinales, discrètes ou qu'elles ne suivent pas une loi normale, on utilise la corrélation de Spearman. Le coefficient de corrélation varie entre -1 et +1, 0 correspondant à une relation nulle entre les deux variables, une valeur négative signifiant que lorsqu'une des variables augmente, l'autre diminue ; tandis qu'une valeur positive (corrélation positive) indique que les deux variables varient ensemble dans le même sens.

*Tableau 1 : Résultats des corrélations de Spearman sur la matrice d'apprentissage*

IPTR Matrice Appri	0,738	- 0,899	- 0,681	0,899	- 0,618	- 0,577	- 0,525
	<b>Disparition Secchi/prof. max</b>	<b>Nombre de cellules total/ml</b>	<b>Nombre de cellules Cyano/ml</b>	<b>Tax</b>	Azote Kjeldahl	Nitrites	Ammonium

*Tableau 2 : Résultats des corrélations de Spearman sur la matrice test*

IPTR Matrice Test	0,699	- 0,935	- 0,742	0,963	- 0,671	- 0,783	- 0,515
	<b>Disparition Secchi/prof. max</b>	<b>Nombre de cellules total/ml</b>	<b>Nombre de cellules Cyano/ml</b>	<b>Tax</b>	Azote Kjeldahl	Nitrites	Ammonium

Les relations entre l'IPTR et les variables présentées restent du même ordre (et du même signe) entre la matrice d'apprentissage et la matrice test.

### **La construction de la grille d'EQR (ecological quality ratio)**

Le site de référence choisi est la station PA, c'est-à-dire la station la plus en amont de l'Étang de Saint Paul.

La médiane des notes IPTR sur cette station est de 11,5 et correspond à la valeur représentative du niveau de référence.

Le percentile 25 calculé pour les notes IPTR de cette station qui correspond à la limite TBE/BE est de 10 c'est-à-dire un EQR de 0,696.

Classes d'état	Niveau de référence	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Etat médiocre	Mauvais état
Grille d'EQR	1	$\geq 0,870$	$\geq 0,696$	$\geq 0,522$	$\geq 0,348$	$< 0,348$
Note d'IPTR	11,5	$\geq 10$	$\geq 8$	$\geq 6$	$\geq 4$	$< 4$
Effectif de relevés pour chaque classe		72	31	29	27	33
Pourcentage de relevés pour chaque classe		37,5 %	16,1 %	15,1 %	14,1 %	17,2 %

## Variations des composantes de l'IPTR selon les classes de qualité

Boîtes à moustache (la croix correspond à la médiane, la ligne intérieure correspond à la moyenne, une ligne relie les médianes de chaque classe)

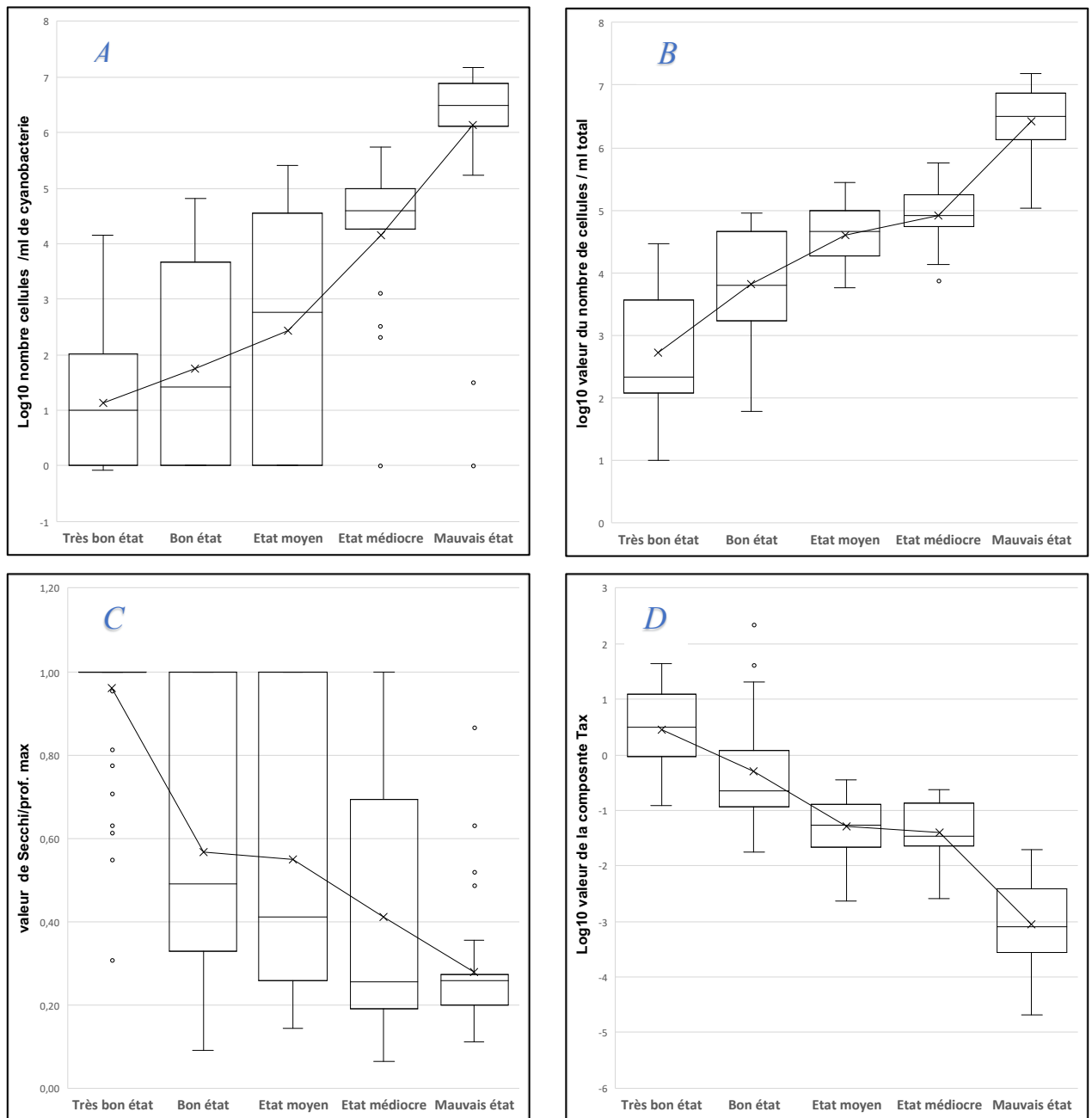


Figure 10 : A — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR du log<sub>10</sub> du nombre de cellules par ml de cyanobactéries. B — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR du log<sub>10</sub> du nombre de cellules totales par ml. C — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR des valeurs du rapport profondeur de disparition du disque de secchi et profondeur maximale. D — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR des valeurs de la composante « Tax ».

## Variation de l'IPTR selon la concentration en azote totale et en azote Kjeldahl

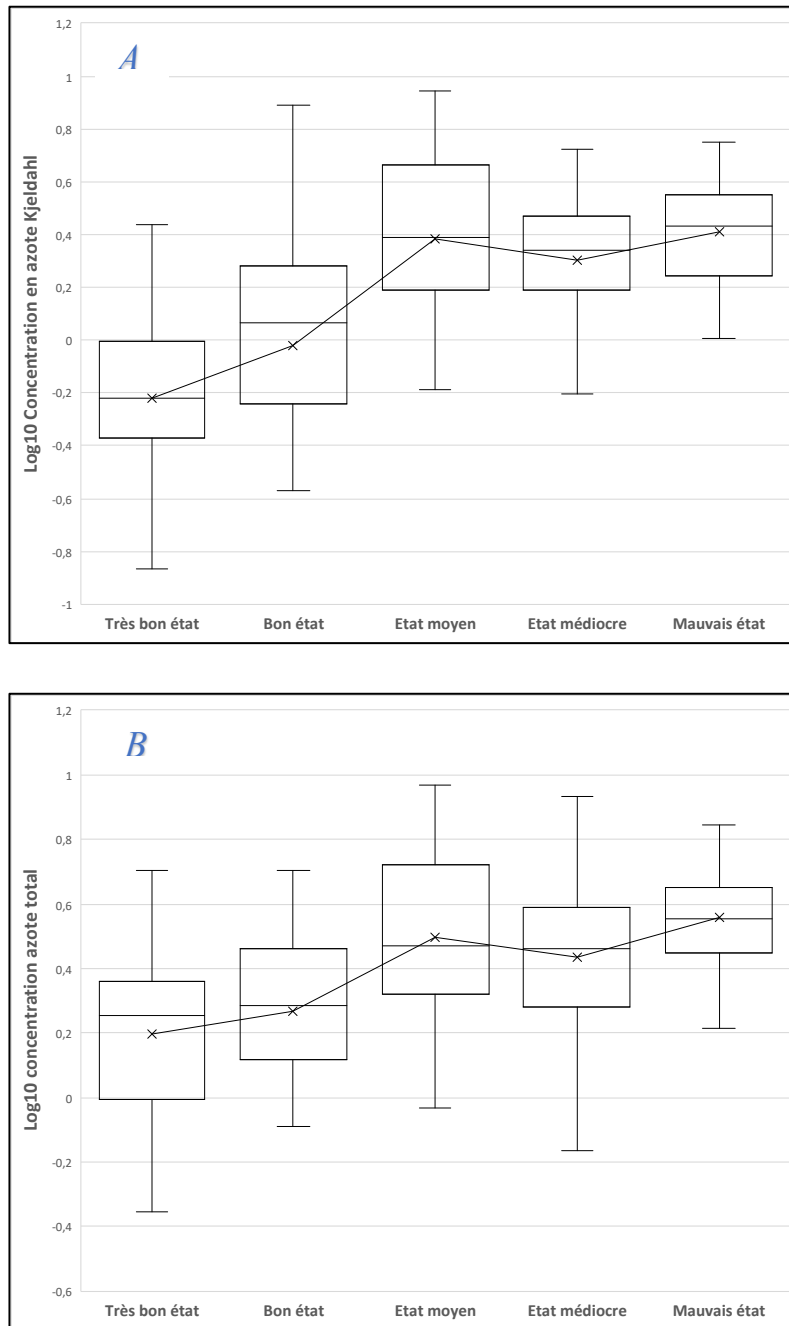


Figure 11 : A — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR du log<sub>10</sub> de la concentration en azote Kjeldahl. B — Variations selon les classes de qualité de l'IPTR du log<sub>10</sub> de la concentration en azote totale.

### C. Résultats de l'IPTR pendant la durée de TransPhyt

Les résultats IPTR sur les différentes stations du suivi en 2021 et 2022 sont regroupés dans les tableaux suivants.

Tableau 3 : IPTR des 3 stations de l'Etang de Saint Paul

#### Station PA

2021				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
PA01	10	0,870		Très bon état
PA02	11	0,957		Très bon état
PA03	11	0,957		Très bon état
PA04	10	0,870		Très bon état
PA05	11	0,957		Très bon état
PA06	10	0,870		Très bon état
PA07	8	0,696		Bon état
PA08	10	0,870		Très bon état
PA09	12	1,000		Très bon état
PA10	12	1,000		Très bon état
PA11	12	1,000		Très bon état
PA12	10	0,870		Très bon état

2022				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
PA13	12	1,000		Très bon état
PA14	12	1,000		Très bon état
PA15	12	1,000		Très bon état
PA16	12	1,000		Très bon état
PA17	10	0,870		Très bon état
PA18	10	0,870		Très bon état
PA19	12	1,000		Très bon état
PA20	12	1,000		Très bon état
PA21	12	1,000		Très bon état
PA22	12	1,000		Très bon état
PA23	12	1,000		Très bon état
PA24	11	0,957		Très bon état

#### Station PB

2021				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
PB01	10	0,870		Très bon état
PB02	10	0,870		Très bon état
PB03	11	0,957		Très bon état
PB04	10	0,870		Très bon état
PB05	10	0,870		Très bon état
PB06	9	0,783		Bon état
PB07	9	0,783		Bon état
PB08	9	0,783		Bon état
PB09	9	0,783		Bon état
PB10	12	1,000		Très bon état
PB11	12	1,000		Très bon état
PB12	10	0,870		Très bon état

2022				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
PB13	10	0,870		Très bon état
PB14	12	1,000		Très bon état
PB15	11	0,957		Très bon état
PB16	11	0,957		Très bon état
PB17	11	0,957		Très bon état
PB18	9	0,783		Bon état
PB19	11	0,957		Très bon état
PB20	12	1,000		Très bon état
PB21	12	1,000		Très bon état
PB22	12	1,000		Très bon état
PB23	12	1,000		Très bon état
PB24	12	1,000		Très bon état

Tableau 3 (suite)

Station PC (équivalent station de suivi RCS physico-chimie)

2021				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
PC01	9	0,783		Bon état
PC02	8	0,696		Bon état
PC03	10	0,870		Très bon état
PC04	9	0,783		Bon état
PC05	11	0,957		Très bon état
PC06	10	0,870		Très bon état
PC07	10	0,870		Très bon état
PC08	10	0,870		Très bon état
PC09	10	0,870		Très bon état
PC10	6	0,522		Etat moyen
PC11	7	0,609		Etat moyen
PC12	3	0,261		Mauvais état

2022				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
PC13	10	0,870		Très bon état
PC14	8	0,696		Bon état
PC15	9	0,783		Bon état
PC16	6	0,522		Etat moyen
PC17	9	0,783		Bon état
PC18	8	0,696		Bon état
PC19	9	0,783		Bon état
PC20	9	0,783		Bon état
PC21	9	0,783		Bon état
PC22	8	0,696		Bon état
PC23	8	0,696		Bon état
PC24	9	0,783		Bon état

Tableau 4 : IPTR des 3 stations de l'Etang du Gol

Station GA

2021				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
GA01	2	0,174		Mauvais état
GA02	1	0,087		Mauvais état
GA03	1	0,087		Mauvais état
GA04	6	0,522		Etat moyen
GA05	1	0,087		Mauvais état
GA06	2	0,174		Mauvais état
GA07	1	0,087		Mauvais état
GA08	1	0,087		Mauvais état
GA09	1	0,087		Mauvais état
GA10	1	0,087		Mauvais état
GA11	1	0,087		Mauvais état
GA12	1	0,087		Mauvais état

2022				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
GA13	1	0,087		Mauvais état
GA14	4	0,348		Etat médiocre
GA15	6	0,522		Etat moyen
GA16	1	0,087		Mauvais état
GA17	2	0,174		Mauvais état
GA18	4	0,348		Etat médiocre
GA19	5	0,435		Etat médiocre
GA20	1	0,087		Mauvais état
GA21	5	0,435		Etat médiocre
GA22	1	0,087		Mauvais état
GA23	1	0,087		Mauvais état
GA24	1	0,087		Mauvais état

Tableau 4 (suite)

Station GB (équivalent station de suivi RCS physico-chimie)

2021				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
GB01	1	0,087		Mauvais état
GB02	5	0,435		Etat médiocre
GB03	5	0,435		Etat médiocre
GB04	6	0,522		Etat moyen
GB05	6	0,522		Etat moyen
GB06	1	0,087		Mauvais état
GB07	4	0,348		Etat médiocre
GB08	7	0,609		Etat moyen
GB09	4	0,348		Etat médiocre
GB10	1	0,087		Mauvais état
GB11	1	0,087		Mauvais état
GB12	1	0,087		Mauvais état

2022				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
GB13	1	0,087		Mauvais état
GB14	5	0,435		Etat médiocre
GB15	6	0,522		Etat moyen
GB16	5	0,435		Etat médiocre
GB17	5	0,435		Etat médiocre
GB18	5	0,435		Etat médiocre
GB19	1	0,087		Mauvais état
GB20	1	0,087		Mauvais état
GB21	4	0,348		Etat médiocre
GB22	4	0,348		Etat médiocre
GB23	5	0,435		Etat médiocre
GB24	1	0,087		Mauvais état

Station GC

2021				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
GC01	6	0,522		Etat moyen
GC02	6	0,522		Etat moyen
GC03	1	0,087		Mauvais état
GC04	8	0,696		Bon état
GC05	2	0,174		Mauvais état
GC06	5	0,435		Etat médiocre
GC07	5	0,435		Etat médiocre
GC08	6	0,522		Etat moyen
GC09	3	0,261		Mauvais état
GC10	10	0,870		Très bon état
GC11	8	0,696		Bon état
GC12	8	0,696		Bon état

2022				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
GC13	1	0,087		Mauvais état
GC14	6	0,522		Etat moyen
GC15	6	0,522		Etat moyen
GC16	5	0,435		Etat médiocre
GC17	7	0,609		Etat moyen
GC18	4	0,348		Etat médiocre
GC19	6	0,522		Etat moyen
GC20	7	0,609		Etat moyen
GC21	4	0,348		Etat médiocre
GC22	6	0,522		Etat moyen
GC23	6	0,522		Etat moyen
GC24	6	0,522		Etat moyen

Tableau 5 : IPTR de la station du Petit Etang de Saint-André

2021				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
PA01	10	0,870		Très bon état
PA02	11	0,957		Très bon état
PA03	11	0,957		Très bon état
PA04	10	0,870		Très bon état
PA05	11	0,957		Très bon état
PA06	10	0,870		Très bon état
PA07	8	0,696		Bon état
PA08	10	0,870		Très bon état
PA09	12	1,000		Très bon état
PA10	12	1,000		Très bon état
PA11	12	1,000		Très bon état
PA12	10	0,870		Très bon état

2022				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
PA13	12	1,000		Très bon état
PA14	12	1,000		Très bon état
PA15	12	1,000		Très bon état
PA16	12	1,000		Très bon état
PA17	10	0,870		Très bon état
PA18	10	0,870		Très bon état
PA19	12	1,000		Très bon état
PA20	12	1,000		Très bon état
PA21	12	1,000		Très bon état
PA22	12	1,000		Très bon état
PA23	12	1,000		Très bon état
PA24	11	0,957		Très bon état

Tableau 6 : IPTR de la station Bocage Rivière Sainte-Suzanne

2021				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
S01	12	1,000		Très bon état
S02	12	1,000		Très bon état
S03	12	1,000		Très bon état
S04	12	1,000		Très bon état
S05	12	1,000		Très bon état
S06	12	1,000		Très bon état
S07	12	1,000		Très bon état
S08	11	0,957		Très bon état
S09	5	0,435		Etat médiocre
S10	10	0,870		Très bon état
S11	8	0,696		Bon état
S12	7	0,609		Etat moyen

2022				
Station/campagne	IPTR		Classe de qualité	
	Note	EQR		
S13	12	1,000		Très bon état
S14	12	1,000		Très bon état
S15	12	1,000		Très bon état
S16	4	0,348		Etat médiocre
S17	12	1,000		Très bon état
S18	12	1,000		Très bon état
S19	4	0,348		Etat médiocre
S20	7	0,609		Etat moyen
S21	12	1,000		Très bon état
S22	11	0,957		Très bon état
S23	7	0,609		Etat moyen
S24	12	1,000		Très bon état



## V. Niveau de confiance et incertitudes

### A. Les incertitudes liées à l'utilisation de l'élément de qualité « phytoplancton »

De nombreux facteurs environnementaux peuvent influencer la composition du peuplement phytoplanctonique des eaux de transition, notamment toutes perturbations « climatiques » comme le vent, la pluie, la houle, les crues. Les masses d'eaux de transition sont sujettes à ces changements qui peuvent être brusques avec des crues soudaines ou une houle importante pouvant entraîner des modifications du cordon littoral séparant le plan d'eau de l'océan.

### B. Les incertitudes liées à la conception de l'outil

Les analyses ont été menées sur 192 relevés et sur seulement deux années, les milieux d'eaux de transition à La Réunion sont sujets à de fortes variations de par leur situation avec une forte variabilité due à des apports en eau douce ou en eau marine pouvant être brusques et conséquents. De plus la présence d'espèces envahissantes sous forme de macrophytes émergés peut rendre le suivi difficile.

### C. Les incertitudes liées à la mise en œuvre de l'outil

Chaque étape dans la mise en œuvre peut entraîner des incertitudes qui sont regroupées dans le tableau suivant.

Tableau 7 : incertitudes liées à la mise en œuvre de l'IPTR

Source de l'incertitude	Mesure à mettre en œuvre
<b>Prélèvement des échantillons</b>	
Plan d'eau non adapté	Respect des conditions des eaux de transition
Conditions climatiques non appropriées (vent, pluie, houle, crue)	Attendre de meilleures conditions climatiques
Profondeur maximale faible	Adapter le prélèvement si la profondeur est trop faible pour éviter de prélever des particules sédimentaires
Echantillon intégré non représentatif	Prélever une quantité d'eau suffisante et harmoniser (mélange) le prélèvement
<b>Traitement de l'échantillon</b>	
Echantillon non représentatif	Mélange approprié de l'échantillon avant le remplissage de la colonne
Répartition des individus	Respect du protocole : température ambiante, pas de vibration
<b>Détermination</b>	
Erreur d'attribution à l'embranchement	Effort de diagnose
Visibilité des individus	Concentration ou dilution de l'échantillon en conséquence
Prise en compte de cellules mortes	Les cellules dépourvues de cytoplasme ne doivent pas être comptabilisées (cas notamment des diatomées)
<b>Calcul de l'IPTR</b>	
Mode de calcul particulier	Prendre en compte les différents seuils pour attribuer les bonnes valeurs aux différentes composantes des métriques

## VI. Bibliographie

AFNOR, 2006. NF EN 15 204. Qualité de l'eau — Norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée (méthode Utermöhl). [Water quality. Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Utermöhl technique)]. pp. 39.

AFNOR, 2019. NF EN 7027-2. Qualité de l'eau — Détermination de la turbidité — Partie 2 : méthodes semi-quantitatives pour l'évaluation de la transparence des eaux. pp, 22.

De Cáceres, M. & Legendre, P., 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology* 90 : 3566–3574.

De'ath, G., 2002. Multivariate regression trees: a new technique for modeling species– environment relationships. *Ecology* 83: 1105–1117.

De'ath, G., 2012. mvpart: Multivariate partitioning. R package version 1.6-0.

Dufrêne, M. & Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67 : 345–366.

European Parliament, 2000. Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Communauté Européenne, Bruxelles, pp. 72.

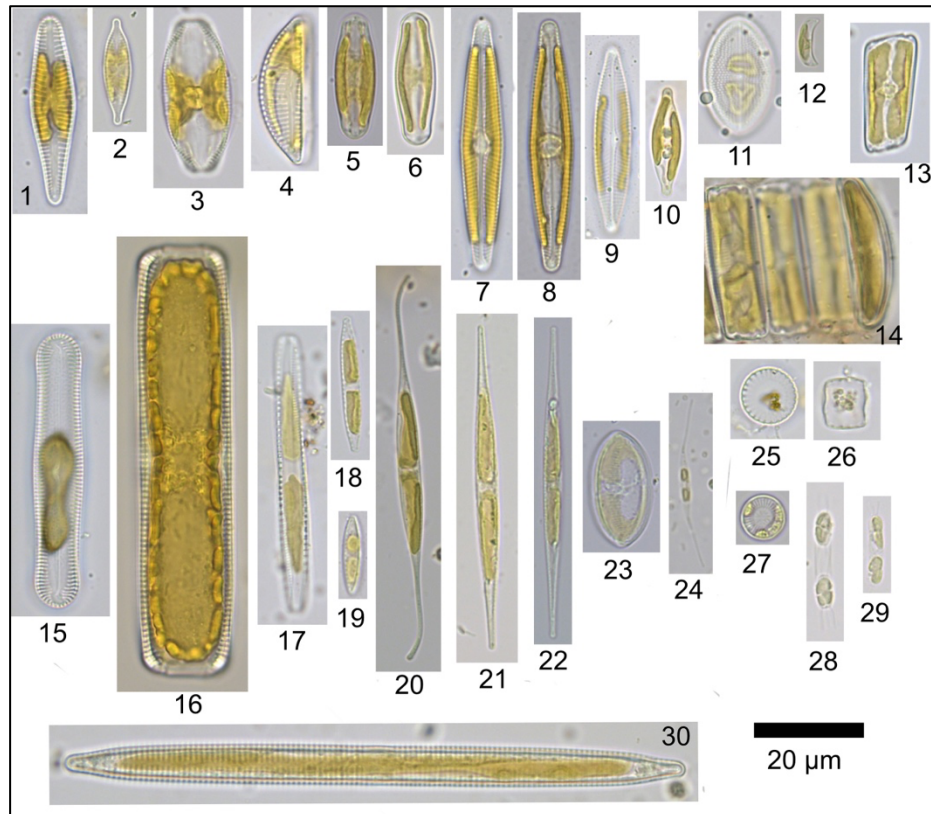
Gassiole G., Borie G., Métro E., Yven C. et Monnier O., 2023. Qualité des masses d'eau de transition de La Réunion. Faisabilité par les diatomées? Poster. 41<sup>e</sup> Colloque de l'ADLAF — Besançon — 12-14 septembre 2023.

Laplace-Treyture, C., Barbe, J., Dutartre, A., Druart, J.C., Rimet, F., Anneville, O., 2009. Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en œuvre de la DCE : version 3.3.1, pp. 44.

R Core Team, 2022. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

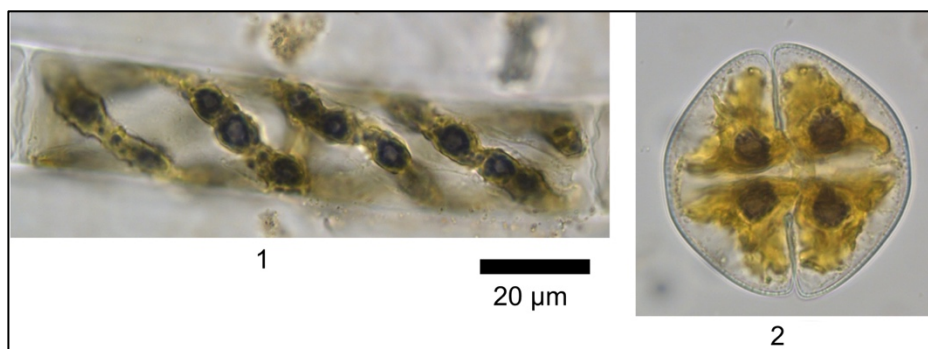
## VII. Planches iconographiques

### A. Bacillariophyta



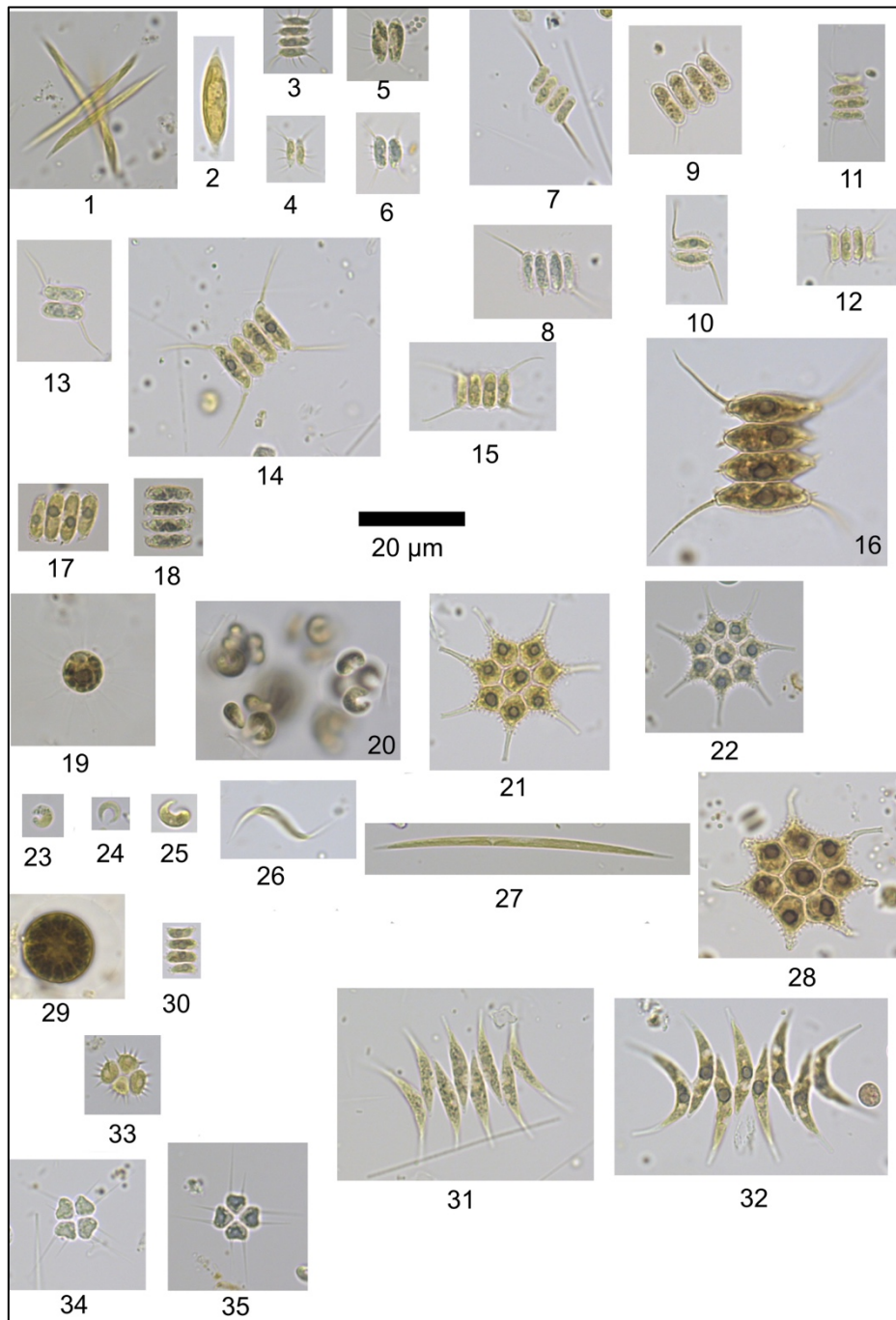
1&2 *Gomphonema* sp., 3 *Amphora* sp., 4 *Encyonema* sp., 5&6 *Sellaphora* sp., 7 à 10 *Navicula* sp., 11 *Cocconeis* sp., 12 *Achnantheidium* sp., 13&14 *Eunotia* sp., 15&16 *Pinnularia* sp., 17 à 22 *Nitzschia* sp., 23 *Tryblionella* sp., 24 *Ceratoneis* sp., 25&26 *Cyclotella* sp., 27 *Discostella* sp., 28&29 *Skeletonema* sp., 30 *Ulnaria* sp.

### B. Charophyta



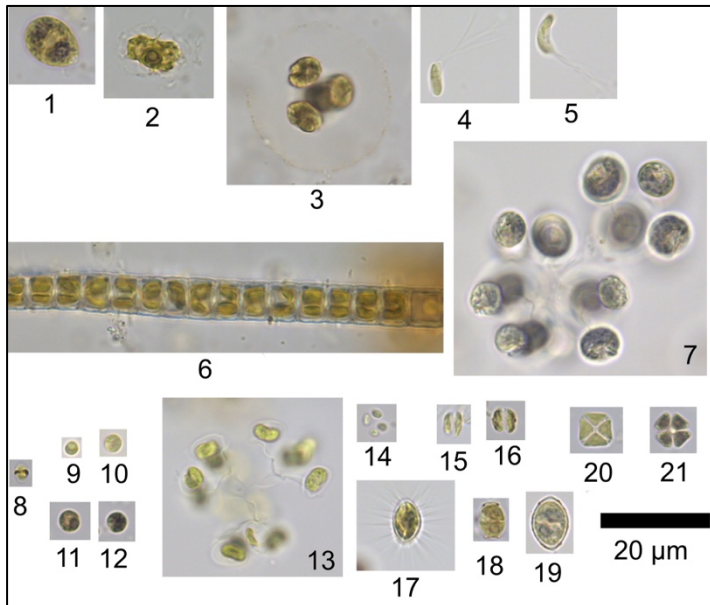
1 *Spirogyra* sp., 2 *Cosmarium* sp.

C. Chlorophyta



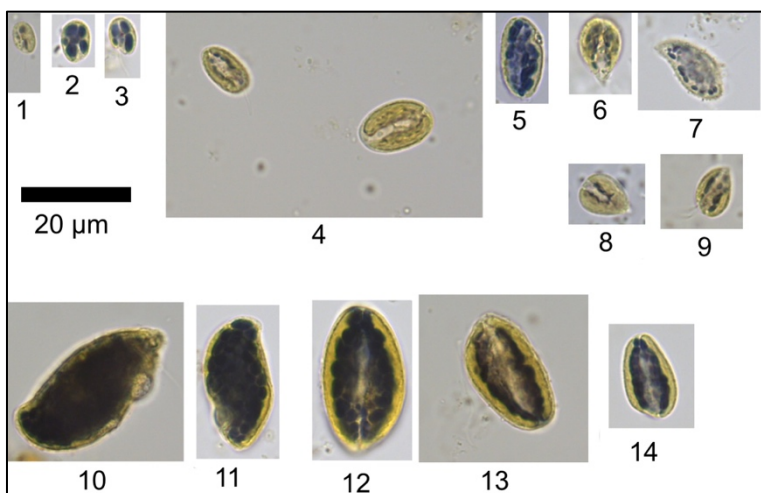
1 *Ankistrodesmus fusiformis*, 2 *Characium* sp., 3 à 6 *Desmodesmus abundans*, 7 à 10&13 *Desmodesmus armatus* var. *bicaudatus*, 11&12 *Desmodesmus armatus* var. *longispina*, 14&15 *Desmodesmus communis*, 16 *Desmodesmus opoliensis* var. *carinatus*, 17&18 *Desmodesmus costato-granulatus*, 19 *Golenkinia radiata*, 20 *Kirchneriella obesa*, 21&22 *Monactinus simplex*, 23 *Monoraphidium minutum*, 24 *Monoraphidium circinale*, 25 *Monoraphidium convolutum*, 26 *Monoraphidium contortum*, 27 *Monoraphidium griffithii*, 28 *Pediastrum simplex* var. *echinulatum*, 29 *Planktosphaeria* sp., 30 *Scenedesmus polyglobulus*, 31 *Tetradesmus bernardii*, 32 *Tetradesmus bernardii*, 33 *Tetrastrum staurogeniaeforme*, 34 *Tetrastrum heteracanthum*, 35 *Tetrastrum heteracanthum*





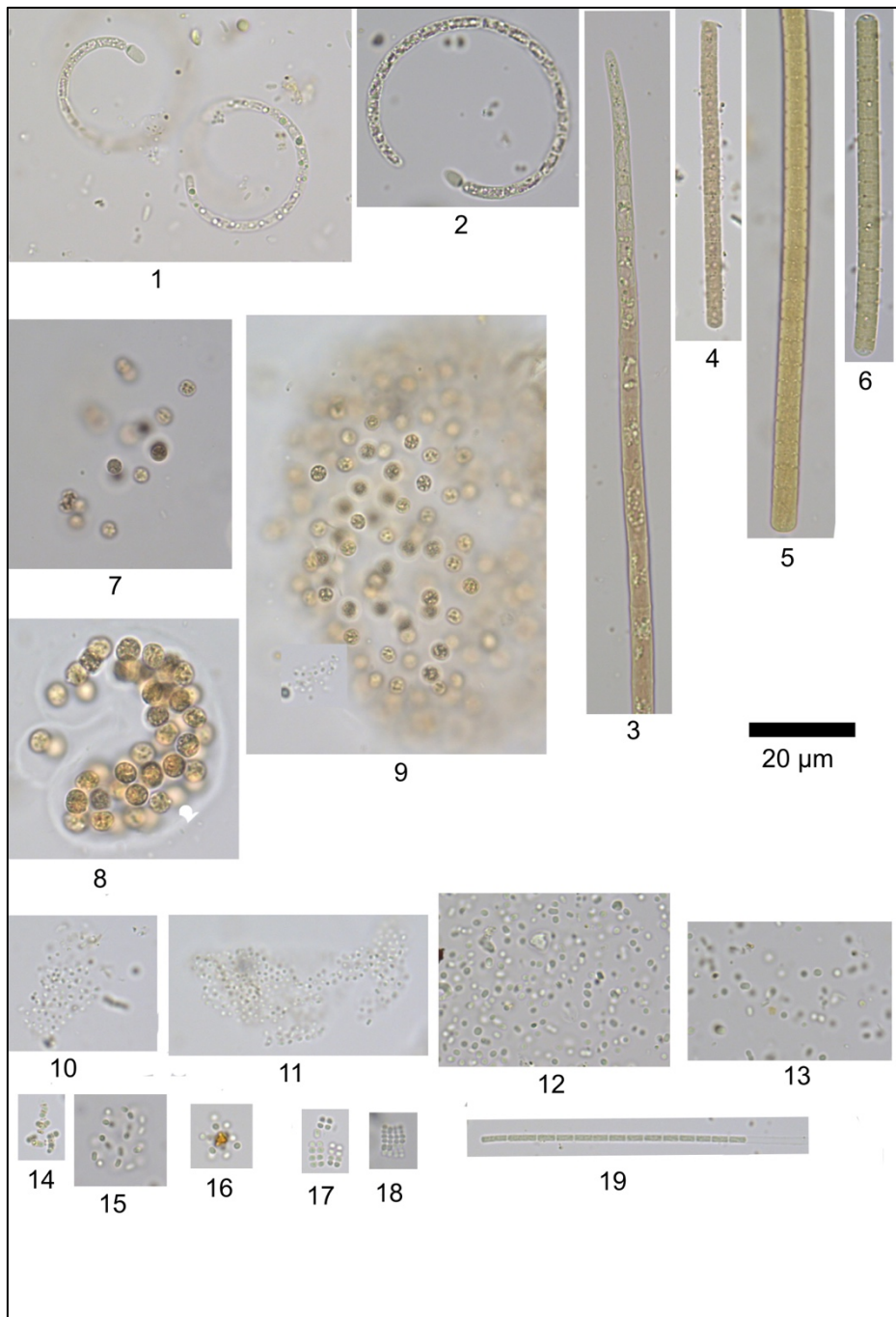
1 *Chlamydomonas pertusa*, 2 *Haematococcus pluvialis*, 3 *Paulschulzia* sp., 4&5 *Spermatozopsis exsultans*, 6 *Ulothrix* sp., 7 *Mucidosphaerium pulchellum* 8 *Catena viridis*, 9 à 12 *Chlorella* sp., 13 *Dictyosphaerium ehrenbergianum*, 14 *Dictyosphaerium subsolitarium*, 15&16 *Didymocystis inconspicua*, 17 *Franceia* sp., 18 *Granulocystopsis coronata* , 19 *Siderocelis ornata*, 20 *Lemmermannia tetrapedia*, 21 *Lemmermannia komarekii*

#### D. Cryptophyta



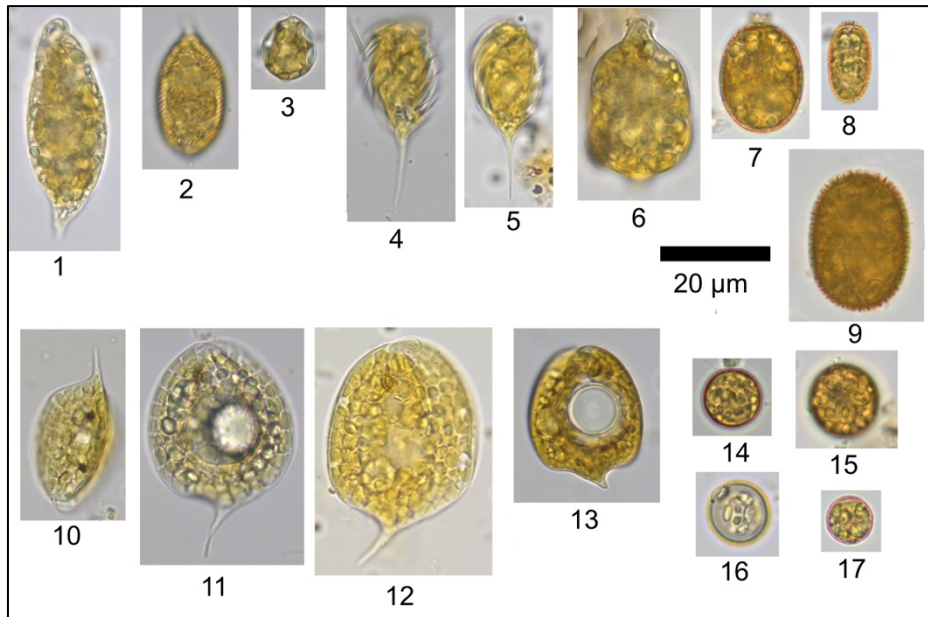
1 à 3 *Chroomonas coerulea*, 4&5 *Cryptomonas* sp., 6 à 9 *Cryptomonas marssonii*, 10&11 *Cryptomonas curvata*, 12&14 *Cryptomonas ovata*

E. Cyanobacteria



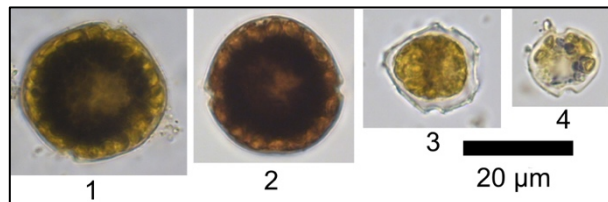
1&2 *Cylindrospermopsis* sp., 3 *Aphanizomenon* sp., 4 *Planktothrix suspensa*, 5 *Oscillatoria* sp., 6 *Planktothrix* sp., 7&9 *Microcystis smithii*, 8 *Microcystis wesenbergii*, 10 *Aphanocapsa delicatissima*, 11 *Aphanocapsa holsatica*, 12&13 *Cyanobium* sp, 14 *Cyanocatena planctonica*, 15 *Cyanodictyon* sp, 16 *Cyanogranis libera*, 17&18 *Merismopedia tenuissima*, 19 *Leptolyngbya* sp

F. Euglenozoa



1 *Euglena* sp., 2 *Lepocinclis* sp., 3 *Lepocinclis* ovum., 4 *Monomorphina* pyrum, 5 *Monomorphina* pyrum , 6 *Strombomonas* sp., 7&8 *Trachelomonas* sp., 9 *Trachelomonas* hispida, 10 à 12 *Phacus* sp, 13 *Phacus* curvicauda, 14 à 17 *Trachelomonas* volvocinopsis

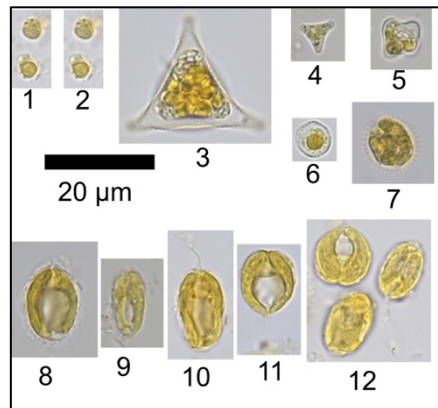
G. Mioza



1 à 4 *Péridiniales*



## H. Ochrophyta



1&2 *Chromulina* sp., 3 *Goniochloris* sp., 4 *Goniochloris mutica*, 5 *Tetraedriella jovetti*, 6 , 7 *Akantochloris* sp., 8 à 10 *Mallomonas* sp., 11&12 *Synura* sp.

## VIII. Annexes

- A. Annexe 1 : Sites prélevés et dates de prélèvement
- B. Annexe 2 : Matrice abiotique
- C. Annexe 3 : Matrice biotique
- D. Annexe 4 : Résultats IPTR et de ses composantes
- E. Annexe 5 : Etudes référencées sur les plans d'eau prélevés
- F. Annexe 6 : Quelques ouvrages de référence pour la détermination du phytoplancton

## Annexe 1 : Code stations et dates de prélèvement

Code station	Dénomination station	X-GPS UTM 40S (m)	Y-GPS UTM 40S (m)
S	Bocage Sainte Suzanne	356011	7687205
A	Petit Etang de Saint André	361015	7685561
PA	Etang de Saint Paul - Parc Amazone 1	323295	7677341
PB	Etang de Saint Paul - Parc Amazone 2	322811	7677361
PC	Etang de Saint Paul - Passerelle Piéton	321553	7678425
GA	Etang du Gol - Ravine Gol	333186	7645067
GB	Etang du Gol - Kiosque	333056	7644824
GC	Etang du Gol - Rejet STEP	332364	7645444

Prélèvement	numéro de campagne	Date prélèvement
A et S	1	21/04/2021
A et S	2	06/05/2021
A et S	3	03/06/2021
A et S	4	24/06/2021
A et S	5	16/07/2021
A et S	6	05/08/2021
A et S	7	26/08/2021
A et S	8	14/09/2021
A et S	9	05/10/2021
A et S	10	28/10/2021
A et S	11	18/11/2021
A et S	12	09/12/2021
A et S	13	16/05/2022
A et S	14	09/06/2022
A et S	15	29/06/2022
A et S	16	22/07/2022
A et S	17	04/08/2022
A et S	18	22/08/2022
A et S	19	15/09/2022
A et S	20	06/10/2022
A et S	21	03/11/2022
A et S	22	14/11/2022
A et S	23	06/12/2022
A et S	24	29/12/2022

Prélèvement	numéro de campagne	Date prélèvement
PA,PB,PC	1	22/04/2021
GA,GB,GC	1	23/04/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	2	05/05/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	3	02/06/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	4	23/06/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	5	15/07/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	6	04/08/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	7	25/08/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	8	15/09/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	9	06/10/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	10	27/10/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	11	17/11/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	12	08/12/2021
PA,PB,PC et GA,GB,GC	13	17/05/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	14	08/06/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	15	28/06/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	16	21/07/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	17	03/08/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	18	21/08/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	19	14/09/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	20	07/10/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	21	02/11/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	22	15/11/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	23	05/12/2022
PA,PB,PC et GA,GB,GC	24	28/12/2022

## Annexe 2 : matrice abiotique

Prélèvement	Ammoniac	Ammonium	Nitrite	Nitrate	Azote total	Orthophosphate	Phosphore total	Azote inorganique	Azote organique	Azote Kjeldahl	Rapport secchi/ prof. max
A01	0,0431	0,0457	0,0923	2,1471	2,05	0,88	0,519	0,54845	1,5015	1,537	0,55
A02	0,0929	0,0984	0,0652	0,7305	1,98	0,06	0,081	0,26116	1,7188	1,795	1,00
A03	0,3574	0,3786	0,1056	2,1869	2,01	0,04	0,104	0,81998	1,1900	1,484	1,00
A04	0,0632	0,0670	0,0561	3,8781	1,1	0,52	0,172	0,94500	0,1550	0,207	1,00
A05	0,0401	0,0425	0,0363	2,6828	1,31	0,19	0,133	0,65000	0,6600	0,693	1,00
A06	0,0231	0,0245	0,0297	2,0408	1,28	0,07	0,264	0,48900	0,7910	0,810	1,00
A07	0,0316	0,0335	0,0462	1,9656	1,48	0,07	0,185	0,48400	0,9960	1,022	1,00
A08	0,0948	0,1004	0,0627	1,2927	1,64	0,1	0,17	0,38899	1,2510	1,329	1,00
A09	0,0851	0,0901	0,0495	2,6651	3,1	0,48	0,427	0,68700	2,4130	2,483	0,69
A10	0,2359	0,2498	0,1419	7,1275	3	0,63	0,298	1,84699	1,1530	1,347	1,00
A11	0,3453	0,3657	0,0693	0,6286	2,07	1,06	0,545	0,44698	1,6230	1,907	1,00
A12	0,0960	0,1017	0,1023	0,7570	3,75	0,49	0,435	0,28099	3,4690	3,548	1,00
A13	0,1021	0,1082	0,1617	9,6509	3,81	0,16	0,095	2,31299	1,4970	1,581	0,76
A14	0,0498	0,0528	0,3201	8,1457	4,46	0,06	0,116	1,97800	2,4820	2,523	0,87
A15	0,1605	0,1700	0,1188	7,7473	4,63	0,17	0,108	1,91799	2,7120	2,844	1,00
A16	0,0912	0,0966	0,0759	5,3567	2,88	0,03	0,096	1,30800	1,5720	1,647	0,73
A17	0,0498	0,0528	0,0759	3,3247	2,81	0,03	0,16	0,81500	1,9950	2,036	0,78
A18	0,0571	0,0605	0,0924	3,6080	2,62	0,02	0,239	0,89000	1,7300	1,777	0,56
A19	0,0438	0,0464	0,1683	3,7674	2,41	0,34	0,345	0,93800	1,4720	1,508	1,00
A20	0,1423	0,1507	0,1848	2,7182	2,6	0,7	0,511	0,78699	1,8130	1,930	1,00
A21	0,0608	0,0644	0,1485	1,7929	1,76	0,92	0,407	0,50000	1,2600	1,310	1,00
A22	1,0237	1,0843	0,2211	3,5416	2,99	1,42	0,811	1,70895	1,2811	2,123	1,00
A23	0,8462	0,8963	0,1254	2,0453	2,75	1,44	0,721	1,19596	1,5540	2,250	1,00
A24	1,3252	1,4037	0,3597	1,7044	2,87	1,46	0,561	1,58393	1,2861	2,376	1,00
GA01	0,0677	0,0717	0,1013	2,9882	3,43	0,2	0,121	0,76137	2,6686	2,724	0,52
GA02	0,0958	0,1015	0,3324	3,6877	4,65	0,57	0,188	1,01254	3,6375	3,716	0,18
GA03	0,0620	0,0657	1,5345	2,9307	3,24	0,15	0,277	1,17800	2,0620	2,113	0,20
GA04	0,0426	0,0451	0,891	3,1697	2,19	0,11	0,0377	1,02100	1,1690	1,204	0,25
GA05	0,2067	0,2189	1,1319	9,4295	6	0,05	0,175	2,64299	3,3570	3,527	0,25
GA06	0,2687	0,2846	0,924	11,7316	4,51	0,05	0,199	3,15099	1,3590	1,580	0,63
GA07	0,3125	0,3310	1,0461	2,2843	4,25	0,07	0,2	1,08998	3,1600	3,417	0,22
GA08	0,0790	0,0837	1,0098	5,6223	4,21	0,07	0,212	1,64100	2,5690	2,634	0,24
GA09	0,0729	0,0773	0,2739	1,4034	3,18	0,03	0,15	0,46000	2,7200	2,780	0,30
GA10	0,1921	0,2035	0,0528	4,6484	2,75	0,08	0,236	1,22399	1,5260	1,684	0,19
GA11	0,0754	0,0798	0,0825	2,4924	4,19	0,11	0,31	0,65000	3,5400	3,602	0,27
GA12	0,1836	0,1945	0,00165	2,7049	6,24	0,13	0,044	0,76249	5,4775	5,629	0,27
GA13	0,1313	0,1391	0,0825	1,5672	2,22	0,16	0,053	0,48699	1,7330	1,841	0,21
GA14	0,1046	0,1108	0,0957	1,4388	2,82	0,13	0,052	0,43999	2,3800	2,466	0,28
GA15	0,3611	0,3825	0,3036	2,3197	2,24	0,52	0,172	0,91298	1,3270	1,624	0,39
GA16	0,0401	0,0425	0,5247	1,9567	2,05	0,12	0,04	0,63400	1,4160	1,449	0,14
GA17	0,3805	0,4031	0,1518	1,5317	1,74	0,16	0,053	0,70498	1,0350	1,348	0,35
GA18	0,0511	0,0541	0,1122	1,3679	2,2	0,05	0,135	0,38500	1,8150	1,857	0,06
GA19	0,1435	0,1520	0,5049	2,9041	3	0,05	0,017	0,92699	2,0730	2,191	0,13
GA20	0,1726	0,1829	0,5214	6,2421	4,28	0,06	0,054	1,70999	2,5700	2,712	0,11
GA21	0,0535	0,0567	0,0429	1,3414	1,87	0,18	0,187	0,36000	1,5100	1,554	0,32
GA22	0,0912	0,0966	0,0792	1,7885	1,82	0,06	0,132	0,50300	1,3170	1,392	0,29
GA23	0,1046	0,1108	0,198	4,2189	2,84	0,13	0,195	1,09899	1,7410	1,827	0,24
GA24	0,1751	0,1854	0,3762	7,6587	2,86	0,17	0,126	1,98799	0,8720	1,016	0,26

Prélèvement	Ammoniac	Ammonium	Nitrite	Nitrate	Azote total	Orthophosphate	Phosphore total	Azote inorganique	Azote organique	Azote Kjeldahl	Rapport secchi/prof. max
GB01	0,1774	0,1879	0,2072	3,3557	4,7	0,25	0,165	0,96669	3,7333	3,879	0,27
GB02	0,1446	0,1532	0,5073	3,4885	3,89	0,08	0,03	1,06068	2,8293	2,948	0,17
GB03	0,1435	0,1520	1,5114	3,7187	4,23	0,06	0,02	1,41599	2,8140	2,932	0,21
GB04	0,1423	0,1507	1,0164	3,2229	3,13	0,02	0,129	1,15299	1,9770	2,094	0,18
GB05	0,5617	0,5950	1,4718	10,3592	7,76	0,03	0,254	3,24797	4,5120	4,974	0,14
GB06	1,4225	1,5067	1,8612	8,8097	6,34	0,06	0,275	3,72392	2,6161	3,786	0,27
GB07	0,9824	1,0405	1,32	2,8377	6,34	0,05	0,02	1,84895	4,4911	5,299	0,16
GB08	1,1781	1,2479	2,1153	3,9622	6,86	0,04	0,278	2,50494	4,3551	5,324	0,21
GB09	0,1033	0,1095	0,132	1,4299	3,31	0,07	0,03	0,44799	2,8620	2,947	0,23
GB10	0,1957	0,2073	0,0891	3,2804	3,54	0,15	0,35	0,92899	2,6110	2,772	0,17
GB11	0,1435	0,1520	0,0297	1,0403	4,33	0,07	0,459	0,36199	3,9680	4,086	0,15
GB12	0,2614	0,2769	0,0957	4,2499	3,89	0,22	0,342	1,20399	2,6860	2,901	0,20
GB13	0,0754	0,0798	0,0891	1,3370	1,9	0,05	0,017	0,39100	1,5090	1,571	0,20
GB14	0,0754	0,0798	0,0891	0,9430	3,43	0,16	0,06	0,30200	3,1280	3,190	0,27
GB15	0,3514	0,3722	0,3069	1,7841	3,24	0,43	0,15	0,78498	2,4550	2,744	0,62
GB16	0,0401	0,0425	0,5082	1,9966	2,43	0,1	0,04	0,63800	1,7920	1,825	0,20
GB17	0,4085	0,4327	0,1584	1,2794	1,95	0,3	0,1	0,67298	1,2770	1,613	0,23
GB18	0,1155	0,1223	0,1914	2,0276	2,88	0,01	0,049	0,61099	2,2690	2,364	0,11
GB19	0,2043	0,2164	0,5445	2,5145	3,14	0,07	0,103	0,90099	2,2390	2,407	0,21
GB20	0,2043	0,2164	0,4422	4,2588	3,12	0,08	0,064	1,26399	1,8560	2,024	0,26
GB21	0,2152	0,2279	0,0561	1,5406	1,91	0,24	0,225	0,54199	1,3680	1,545	0,26
GB22	0,0498	0,0528	0,0561	1,7487	1,87	0,3	0,198	0,45300	1,4170	1,458	0,24
GB23	0,1021	0,1082	0,099	2,7669	2,39	0,295	0,222	0,73899	1,6510	1,735	0,25
GB24	0,2419	0,2563	0,198	2,6296	2,6	0,29	0,149	0,85299	1,7470	1,946	0,27
GC01	2,8750	3,0452	1,0495	3,7497	7,6	0,83	0,329	3,52953	4,0705	6,435	0,64
GC02	3,1360	3,3217	1,1324	3,8913	6,8	0,23	0,08	3,80135	2,9987	5,578	0,19
GC03	2,9787	3,1551	1,848	3,8825	6,98	0,08	0,03	3,88684	3,0932	5,543	0,27
GC04	3,0031	3,1809	1,2606	4,7369	4,48	0,07	0,963	3,92184	0,5582	3,028	0,38
GC05	10,8937	11,5387	1,2936	18,6819	15	0,38	0,316	13,57143	1,4286	10,388	0,49
GC06	12,0487	12,7621	0,8052	12,8826	13,2	0,49	0,415	13,06336	0,1366	10,046	0,57
GC07	9,0943	9,6327	0,9735	2,3242	8,56	0,05	0,02	8,29952	0,2605	7,740	0,19
GC08	4,1338	4,3785	1,4784	8,0129	8,37	0,25	0,286	5,65778	2,7122	6,112	0,40
GC09	0,1398	0,1481	0,132	1,5096	3,57	0,07	0,023	0,49599	3,0740	3,189	0,22
GC10	0,7976	0,8448	0,3069	13,6352	5,05	0,45	0,214	3,82896	1,2210	1,877	1,00
GC11	2,9301	3,1036	0,5511	7,3931	5,08	0,44	0,261	4,24685	0,8332	3,243	0,79
GC12	3,7325	3,9535	0,6204	7,9243	9,7	0,57	0,332	5,04780	4,6522	7,722	0,69
GC13	1,0675	1,1307	0,4092	2,4526	3,87	0,06	0,02	1,55594	2,3141	3,192	0,26
GC14	0,3514	0,3722	0,2211	1,3281	3,84	0,16	0,06	0,65598	3,1840	3,473	0,61
GC15	0,8815	0,9337	0,5346	2,1294	3,81	0,63	0,248	1,36795	2,4420	3,167	0,53
GC16	0,3964	0,4198	0,7557	2,6119	3,26	0,1	0,035	1,14498	2,1150	2,441	0,25
GC17	0,9094	0,9633	0,2673	1,5893	2,89	0,24	0,08	1,18795	1,7020	2,450	0,32
GC18	1,3617	1,4423	0,3795	1,8593	3,88	0,06	0,322	1,65493	2,2251	3,345	0,18
GC19	2,6262	2,7816	0,5016	2,1028	4,89	0,03	0,01	2,78686	2,1031	4,263	0,26
GC20	1,5684	1,6613	0,5973	2,3596	4,32	0,08	0,147	2,00392	2,3161	3,606	0,41
GC21	0,2164	0,2292	0,2343	2,7492	2,25	0,25	0,228	0,86999	1,3800	1,558	0,34
GC22	7,2584	7,6882	0,2442	2,0895	9,3	1,37	0,639	6,51562	2,7844	8,754	0,35
GC23	0,1374	0,1455	0,0594	2,3640	2,51	0,795	0,261	0,66499	1,8450	1,958	0,33
GC24	3,5623	3,7733	0,4818	2,4039	5,71	0,22	0,238	3,61881	2,0912	5,021	0,26

Prélèvement	Ammoniac	Ammonium	Nitrite	Nitrate	Azote total	Orthophosphate	Phosphore total	Azote inorganique	Azote organique	Azote Kjeldahl	Rapport secchi/ prof. max
PA01	0,0202	0,0214	0,00165	3,5593	1,12	0,21	0,046	0,82108	0,2989	0,316	1,00
PA02	0,0332	0,0352	0,00165	6,3749	1,68	0,16	0,053	1,46784	0,2122	0,240	1,00
PA03	0,0280	0,0296	0,00165	6,2863	1,62	0,19	0,07	1,44350	0,1765	0,200	1,00
PA04	0,0170	0,0180	0,0033	5,6223	2,42	0,14	0,046	1,28500	1,1350	1,149	0,77
PA05	0,0024	0,0026	0,00165	6,1535	1,68	0,42	0,142	1,39250	0,2875	0,290	1,00
PA06	0,0109	0,0116	0,00165	5,4452	1,79	0,46	1,62	1,23950	0,5505	0,560	1,00
PA07	0,0097	0,0103	0,00165	6,1978	1,67	0,22	0,255	1,40850	0,2615	0,270	0,43
PA08	0,0134	0,0142	0,00165	5,2681	1,65	0,25	0,091	1,20150	0,4485	0,460	1,00
PA09	0,0304	0,0322	0,0033	5,4895	2,15	0,17	0,076	1,26600	0,8840	0,909	1,00
PA10	0,0657	0,0695	0,0231	7,2160	2,16	0,15	0,118	1,69100	0,4690	0,523	1,00
PA11	0,0438	0,0464	0,0099	7,6587	1,84	0,23	0,076	1,76900	0,0710	0,107	1,00
PA12	0,0377	0,0399	0,0165	6,9061	2,25	0,27	0,091	1,59600	0,6540	0,685	1,00
PA13	0,0511	0,0541	0,0033	5,6223	4,86	0,21	0,135	1,31300	3,5470	3,589	1,00
PA14	0,0389	0,0412	0,0132	6,5520	3,3	0,26	0,108	1,51600	1,7840	1,816	1,00
PA15	0,0377	0,0399	0,0033	6,5962	3,55	0,16	0,13	1,52200	2,0280	2,059	1,00
PA16	0,0669	0,0708	0,0165	6,5077	2,03	0,15	0,078	1,53000	0,5000	0,555	1,00
PA17	0,0316	0,0335	0,0165	6,6848	1,8	0,17	0,056	1,54100	0,2590	0,285	1,00
PA18	0,0316	0,0335	0,0099	6,8176	2,02	0,16	0,058	1,56900	0,4510	0,477	1,00
PA19	0,0340	0,0361	0,0066	6,6405	2,12	0,33	0,109	1,53000	0,5900	0,618	1,00
PA20	0,1301	0,1378	0,0363	6,9061	2,08	0,36	0,176	1,67799	0,4020	0,509	1,00
PA21	0,0365	0,0386	0,033	6,6405	2,33	0,42	0,14	1,54000	0,7900	0,820	1,00
PA22	0,0195	0,0206	0,066	6,5520	1,83	0,07	0,023	1,51600	0,3140	0,330	1,00
PA23	0,0851	0,0901	0,1518	6,2421	3,31	0,14	0,05	1,52600	1,7840	1,854	1,00
PA24	0,0353	0,0373	0,0495	6,3749	2,32	0,36	0,118	1,48400	0,8360	0,865	1,00
PB01	0,0107	0,0113	0,00165	2,2268	0,77	0,2	0,07	0,51227	0,2577	0,267	0,31
PB02	0,0617	0,0654	0,0511	6,0650	2,82	0,15	0,052	1,43627	1,3837	1,435	1,00
PB03	0,0535	0,0567	0,0066	5,7994	1,98	0,13	0,271	1,35600	0,6240	0,668	1,00
PB04	0,0073	0,0077	0,0132	4,7812	1,22	0,19	0,687	1,09000	0,1300	0,136	0,95
PB05	0,0511	0,0541	0,00165	5,7551	1,81	0,18	0,06	1,34250	0,4675	0,510	0,61
PB06	0,0912	0,0966	0,0033	5,3567	1,6	0,19	0,232	1,28600	0,3140	0,389	0,19
PB07	0,0790	0,0837	0,0594	6,3306	3,03	0,31	0,431	1,51300	1,5170	1,582	0,09
PB08	0,1374	0,1455	0,0462	5,3124	2,52	0,19	0,345	1,32699	1,1930	1,306	0,16
PB09	0,0511	0,0541	0,0198	5,4009	2,16	0,13	0,173	1,26800	0,8920	0,934	0,33
PB10	0,0705	0,0747	0,0132	8,1014	2,73	0,15	0,05	1,89200	0,8380	0,896	1,00
PB11	0,0584	0,0618	0,0264	8,0571	2,02	0,21	0,08	1,87600	0,1440	0,192	1,00
PB12	0,0948	0,1004	0,0528	5,5338	3,45	0,11	0,097	1,34399	2,1060	2,184	1,00
PB13	0,0353	0,0373	0,0099	5,6666	4,03	0,16	0,059	1,31200	2,7180	2,747	1,00
PB14	0,0267	0,0283	0,0132	6,6405	3,61	0,2	0,084	1,52600	2,0840	2,106	1,00
PB15	0,0389	0,0412	0,0594	6,9504	2,95	0,08	0,058	1,62000	1,3300	1,362	1,00
PB16	0,0219	0,0232	0,0462	7,0389	2,98	0,04	0,19	1,62200	1,3580	1,376	1,00
PB17	0,0134	0,0142	0,0594	7,1717	2,22	0,07	0,054	1,64900	0,5710	0,582	1,00
PB18	0,0231	0,0245	0,0759	7,2603	2,37	0,08	0,08	1,68200	0,6880	0,707	0,66
PB19	0,0182	0,0193	0,0693	7,3488	2,24	0,12	0,079	1,69600	0,5440	0,559	1,00
PB20	0,0486	0,0515	0,0957	8,9868	2,55	0,11	0,045	2,09900	0,4510	0,491	1,00
PB21	0,0924	0,0979	0,1584	8,8540	2,31	0,23	0,08	2,12400	0,1860	0,262	1,00
PB22	0,0255	0,0270	0,0924	7,7473	2,37	0,08	0,027	1,79900	0,5710	0,592	1,00
PB23	0,1641	0,1739	0,231	7,7030	2,13	0,13	1,43	1,94499	0,1850	0,320	1,00
PB24	0,0450	0,0476	0,1155	6,2863	2,16	0,25	0,095	1,49200	0,6680	0,705	1,00

Prélèvement	Ammoniac	Ammonium	Nitrite	Nitrate	Azote total	Orthophosphate	Phosphore total	Azote inorganique	Azote organique	Azote Kjeldahl	Rapport secchi/ prof. max
PC01	0,0078	0,0082	0,0767	2,8333	1,31	0,3	0,118	0,66962	0,6404	0,647	0,33
PC02	0,0093	0,0099	0,0568	2,0984	1,24	0,16	0,158	0,49889	0,7411	0,749	0,51
PC03	0,0097	0,0103	0,0726	2,3197	0,97	0,11	0,07	0,55400	0,4160	0,424	0,96
PC04	0,0097	0,0103	0,0726	1,2661	0,317	0,16	4,99	0,31600	0,0010	0,009	0,47
PC05	0,0061	0,0064	0,0363	1,3325	0,644	0,14	0,05	0,31700	0,3270	0,332	1,00
PC06	0,1313	0,1391	0,0165	1,4034	0,787	0,13	0,165	0,42999	0,3570	0,465	0,71
PC07	0,1799	0,1906	0,0132	1,0536	0,987	0,05	0,138	0,38999	0,5970	0,745	0,82
PC08	0,0328	0,0348	0,0132	1,0536	0,616	0,05	0,041	0,26900	0,3470	0,374	0,81
PC09	0,0304	0,0322	0,0759	1,8903	1,09	0,13	0,08	0,47500	0,6150	0,640	1,00
PC10	0,1252	0,1326	0,0396	1,8638	1,29	0,1	0,079	0,53599	0,7540	0,857	0,24
PC11	0,1033	0,1095	0,0264	1,7398	1,11	0,09	0,052	0,48599	0,6240	0,709	1,00
PC12	0,1179	0,1249	0,0363	1,9169	1,64	0,1	0,095	0,54099	1,0990	1,196	0,26
PC13	0,0875	0,0927	0,0396	1,9789	1,06	0,47	0,155	0,53100	0,5290	0,601	0,63
PC14	0,0389	0,0412	0,0429	2,3596	1,93	0,05	0,053	0,57800	1,3520	1,384	0,51
PC15	0,0450	0,0476	0,0462	2,5809	3,1	0,37	0,124	0,63400	2,4660	2,503	0,84
PC16	0,0340	0,0361	0,0528	2,1604	1,72	0,09	0,128	0,53200	1,1880	1,216	0,29
PC17	0,0316	0,0335	0,0429	2,1737	1,67	0,01	0,094	0,53000	1,1400	1,166	0,15
PC18	0,0316	0,0335	0,0462	2,3640	0,891	0,04	0,079	0,57400	0,3170	0,343	0,41
PC19	0,0243	0,0258	0,0462	2,1737	1,33	0,04	0,036	0,52500	0,8050	0,825	0,28
PC20	0,0511	0,0541	0,0561	2,2445	1,65	0,07	0,066	0,56600	1,0840	1,126	0,37
PC21	0,0340	0,0361	0,0231	1,3989	0,831	0,23	0,077	0,35100	0,4800	0,508	0,39
PC22	0,0170	0,0180	0,0429	1,0271	0,817	0,04	0,049	0,25900	0,5580	0,572	0,18
PC23	0,0377	0,0399	0,0594	1,3414	0,824	0,07	0,092	0,35200	0,4720	0,503	0,18
PC24	0,0486	0,0515	0,1485	1,1245	1,53	0,27	0,089	0,33900	1,1910	1,231	0,49
S01	0,0540	0,0572	0,00165	0,9916	0,98	0,08	0,027	0,26891	0,7111	0,756	1,00
S02	0,0734	0,0777	0,00165	2,2401	1,15	0,07	0,026	0,56683	0,5832	0,644	1,00
S03	0,0900	0,0953	0,033	1,6646	0,912	0,05	0,047	0,46000	0,4520	0,526	1,00
S04	0,0802	0,0850	0,0231	2,1471	1,09	0,06	0,028	0,55800	0,5320	0,598	1,00
S05	0,0426	0,0451	0,0033	0,7703	0,986	0,19	0,067	0,21000	0,7760	0,811	1,00
S06	0,0571	0,0605	0,00165	1,2750	0,731	0,16	0,23	0,33550	0,3955	0,443	1,00
S07	0,0450	0,0476	0,0033	0,7570	0,214	0,05	0,044	0,20900	0,0050	0,042	1,00
S08	0,0462	0,0489	0,00165	0,2745	0,664	0,09	0,034	0,10050	0,5635	0,602	1,00
S09	0,1435	0,1520	0,00165	0,2878	0,691	0,04	0,017	0,18349	0,5075	0,626	1,00
S10	0,0693	0,0734	0,00165	2,1294	0,547	0,04	0,044	0,53850	0,0085	0,066	1,00
S11	0,0584	0,0618	0,0033	1,7398	0,835	0,05	0,023	0,44200	0,3930	0,441	1,00
S12	0,0426	0,0451	0,00165	1,2705	2,94	0,1	0,035	0,32250	2,6175	2,653	1,00
S13	0,1143	0,1211	0,0561	1,4166	0,902	0,21	0,071	0,43099	0,4710	0,565	1,00
S14	0,0827	0,0876	0,0132	1,7752	2,09	0,09	0,031	0,47300	1,6170	1,685	1,00
S15	0,0729	0,0773	0,0198	1,8638	1,51	0,17	0,057	0,48700	1,0230	1,083	1,00
S16	0,0328	0,0348	0,0066	0,7083	1,26	0,03	0,012	0,18900	1,0710	1,098	1,00
S17	0,0340	0,0361	0,0165	1,0669	0,859	0,11	0,037	0,27400	0,5850	0,613	1,00
S18	0,0267	0,0283	0,0165	0,8190	0,441	0,1	0,033	0,21200	0,2290	0,251	1,00
S19	0,0389	0,0412	0,0231	0,6154	0,684	0,03	0,037	0,17800	0,5060	0,538	1,00
S20	0,0523	0,0554	0,033	1,1909	1,04	0,04	0,027	0,32200	0,7180	0,761	1,00
S21	0,0207	0,0219	0,0396	0,8367	0,774	0,18	0,066	0,21800	0,5560	0,573	1,00
S22	0,0316	0,0335	0,0297	0,5534	0,729	0,1	0,033	0,16000	0,5690	0,595	1,00
S23	0,0243	0,0258	0,0528	1,1909	0,933	0,18	0,06	0,30500	0,6280	0,648	1,00
S24	0,0243	0,0258	0,0231	0,7172	0,778	0,26	0,09	0,18900	0,5890	0,609	1,00



### Annexe 3 : matrice biotique

Prélèvement	BACILLARIOPHYTA	CHAROPHYTA	CHLOROPHYTA	CRYPTOPHYTA	CYANOBACTERIA	EUGLENOZOA	MIOZOA	OCHROPHYTA	Nombre de cellules total/ml
A01	6951,86	0,00	381,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7333,47
A02	5707,50	0,00	11326,51	3451,04	259713,25	132,73	530,93	752,15	281614,12
A03	2167,96	0,00	17387,96	884,88	79506,77	132,73	221,22	309,71	100611,24
A04	3495,29	0,00	23449,41	973,37	553052,09	88,49	0,00	309,71	581368,36
A05	2300,70	0,00	32607,95	840,64	38448,18	132,73	88,49	1017,62	75436,30
A06	8738,22	0,00	19627,20	44,24	309,71	22,12	110,61	49,16	28901,27
A07	9512,50	0,00	10972,55	98,32	707,91	0,00	132,73	110,61	21534,62
A08	1703,40	0,00	2566,16	110,61	14003,28	0,00	309,71	22,12	18715,28
A09	7324,87	0,00	18238,43	147,48	76640,73	0,00	294,96	49,16	102695,63
A10	1194,59	0,00	22896,36	2676,77	12830,81	22,12	353,95	20905,37	60879,98
A11	1253,58	0,00	29496,11	147,48	9143,80	0,00	1032,36	5014,34	46087,68
A12	0,00	0,00	45243,23	356,81	0,00	71,36	214,08	56018,82	101904,31
A13	4424,42	442,44	106849,66	774,27	205735,38	110,61	0,00	663,66	319000,44
A14	3097,09	221,22	166136,84	774,27	169012,72	0,00	221,22	1106,10	340569,47
A15	2765,26	0,00	75989,36	884,88	100102,43	0,00	110,61	553,05	180405,59
A16	1292,40	0,00	33707,07	2165,64	0,00	34,93	244,51	26197,20	63641,74
A17	1769,77	973,37	14113,89	840,64	80081,94	88,49	353,95	0,00	98222,05
A18	3619,98	0,00	14962,57	884,88	67572,91	80,44	0,00	80,44	87201,23
A19	3296,90	0,00	20209,59	856,34	66451,88	42,82	0,00	85,63	90943,17
A20	6480,47	0,00	12492,47	234,23	85885,74	0,00	468,47	0,00	105561,38
A21	6780,12	0,00	13631,99	71,75	1793,68	35,87	107,62	35,87	22456,90
A22	1283,08	0,00	22077,84	2344,94	14600,58	44,24	309,71	20794,76	61455,15
A23	3484,23	0,00	19287,69	1036,97	59107,44	41,48	0,00	82,96	83040,77
A24	1175,63	0,00	20592,50	2351,26	10997,84	37,92	303,39	20251,19	55709,73
GA01	176,39	0,00	361,60	767,29	2446380,46	0,00	0,00	0,00	2447685,74
GA02	663,66	0,00	29112,66	2920,12	7459566,50	0,00	265,47	0,00	7492528,40
GA03	221,22	0,00	15743,55	184,35	14043099,00	0,00	0,00	0,00	14059248,12
GA04	193,30	0,00	5476,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5670,13
GA05	296,10	0,00	4645,64	245,04	7539206,00	0,00	0,00	0,00	7544392,78
GA06	205,74	0,00	796,40	205,74	15131505,00	0,00	0,00	0,00	15132712,87
GA07	73,00	0,00	13,27	19,91	7565752,50	0,00	0,00	0,00	7565858,69
GA08	19,91	0,00	0,00	0,00	3782876,25	6,64	0,00	0,00	3782902,80
GA09	365,01	0,00	19956,33	272,10	834555,60	0,00	79,64	0,00	855228,69
GA10	86,28	0,00	126,10	796,40	7565752,50	0,00	59,73	0,00	7566821,00
GA11	44,24	0,00	24113,07	1858,26	8727162,00	44,24	0,00	0,00	8753221,81
GA12	309,71	0,00	4689,88	15529,70	2876977,00	0,00	132,73	0,00	2897639,03
GA13	877,75	0,00	21622,55	685,07	1161309,51	21,41	149,86	0,00	1184666,15
GA14	13383,86	0,00	57738,64	1437,94	55526,43	0,00	331,83	0,00	128418,69
GA15	4313,81	0,00	32740,68	2212,21	54641,55	0,00	221,22	0,00	94129,47
GA16	98,65	0,00	25210,21	1147,96	8968412,24	62,78	0,00	0,00	8994931,84
GA17	160,56	0,00	363,94	674,37	2481252,14	0,00	0,00	0,00	2482451,01
GA18	14289,48	0,00	56577,23	1213,26	59107,44	0,00	362,94	0,00	131550,35
GA19	4522,39	0,00	29172,71	2303,86	58781,54	0,00	199,10	0,00	94979,59
GA20	27,65	0,00	0,00	0,00	368701,39	9,22	0,00	0,00	368738,26
GA21	12875,05	0,00	108224,39	1298,88	56885,36	0,00	360,27	0,00	179643,96
GA22	936,94	0,00	20134,35	692,94	1167050,52	19,52	146,40	0,00	1188980,66
GA23	74,93	0,00	21,41	21,41	7503668,01	0,00	0,00	0,00	7503785,76
GA24	311,09	0,00	4738,97	269,61	7518051,83	0,00	0,00	0,00	7523371,50

Prélèvement	BACILLARIOPHYTA	CHAROPHYTA	CHLOROPHYTA	CRYPTOPHYTA	CYANOBACTERIA	EUGLENOZOA	MIOZOA	OCHROPHYTA	Nombre de cellules total/ml
GB01	796,40	0,00	16458,83	1911,35	2526058,75	0,00	0,00	0,00	2545225,33
GB02	132,73	0,00	13087,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13220,16
GB03	165,92	0,00	7068,01	0,00	0,00	0,00	0,00	215,69	7449,61
GB04	326,21	0,00	6805,35	22,50	0,00	0,00	0,00	0,00	7154,06
GB05	248,87	0,00	11752,36	359,48	0,00	0,00	0,00	1078,45	13439,17
GB06	298,65	0,00	29167,97	464,56	2004260,80	22,12	22,12	0,00	2034236,22
GB07	55,31	0,00	1117,17	176,98	27011,06	22,12	22,12	0,00	28404,76
GB08	789,76	0,00	508,81	33,18	9003,69	44,24	0,00	0,00	10379,68
GB09	181,00	0,00	68759,46	0,00	201,11	0,00	0,00	0,00	69141,57
GB10	331,83	0,00	431,38	1117,17	5641131,50	11,06	0,00	0,00	5643022,94
GB11	0,00	0,00	28891,44	22,12	2004260,80	0,00	0,00	0,00	2033174,36
GB12	796,40	0,00	10466,91	8267,34	1453420,90	37,92	0,00	0,00	1472989,46
GB13	1327,33	0,00	27387,14	1150,35	5425927,50	0,00	132,73	0,00	5455925,04
GB14	9556,74	0,00	36766,90	1504,30	37607,54	44,24	265,47	0,00	85745,20
GB15	2696,13	0,00	13584,34	1140,67	36501,44	0,00	0,00	0,00	53922,58
GB16	2370,22	0,00	12830,81	932,29	39503,72	0,00	0,00	0,00	55637,04
GB17	2418,68	0,00	12624,34	870,14	38344,94	0,00	0,00	0,00	54258,10
GB18	2707,04	0,00	14111,56	1100,28	40169,05	0,00	0,00	0,00	58087,93
GB19	322,35	0,00	341,31	1061,86	5593726,84	18,96	0,00	0,00	5595471,32
GB20	895,17	0,00	10171,01	8056,55	1543401,18	0,00	0,00	0,00	1562523,92
GB21	242,80	0,00	77389,52	0,00	323,74	0,00	0,00	0,00	77956,06
GB22	296,90	0,00	67309,35	0,00	349,30	0,00	0,00	0,00	67955,55
GB23	2669,40	0,00	13243,75	1032,36	36870,14	0,00	0,00	0,00	53815,66
GB24	309,71	0,00	486,69	973,37	5604261,16	14,75	0,00	0,00	5606045,68
GC01	110,61	0,00	19836,13	1297,83	589,92	36,87	7,37	44,24	21922,98
GC02	261,90	0,00	10513,70	174,60	0,00	0,00	0,00	349,30	11299,50
GC03	442,44	0,00	29643,59	88,49	193568,23	0,00	0,00	0,00	223742,75
GC04	559,72	0,00	7308,28	2318,82	0,00	0,00	111,94	0,00	10298,76
GC05	278,74	0,00	2269,73	3145,76	3117001,50	13,27	13,27	13,27	3122735,54
GC06	36,54	0,00	5166,70	88,49	18582,55	12,85	0,00	0,00	23887,12
GC07	18,44	0,00	18592,06	64,45	1297,83	0,00	0,00	0,00	19972,78
GC08	30,69	0,00	12843,65	0,00	5121,26	1,38	0,00	0,00	17996,98
GC09	79,77	0,00	107494,19	0,00	31,91	0,00	0,00	0,00	107605,86
GC10	74,93	0,00	956,96	104,90	132,73	36,39	2,14	92,06	1400,11
GC11	15,21	0,00	696,85	58,07	300,03	5,53	0,00	33,18	1108,87
GC12	553,05	0,00	5121,26	342,89	4557,15	707,91	0,00	55,31	11337,57
GC13	1548,55	0,00	48668,59	1659,16	4422204,33	110,61	0,00	0,00	4474191,23
GC14	10839,82	0,00	107513,33	3097,09	19909,88	0,00	331,83	442,44	142134,39
GC15	2190,09	0,00	7565,75	663,66	34842,28	132,73	66,37	132,73	45593,61
GC16	3760,75	0,00	21890,81	4022,20	33384,24	0,00	402,22	321,78	63781,99
GC17	6115,18	0,00	20605,14	2654,65	14537,37	0,00	758,47	173,82	44844,62
GC18	1568,66	0,00	27029,16	1769,77	51886,34	100,55	0,00	0,00	82354,48
GC19	197,31	0,00	16448,07	1291,45	286,99	35,87	17,94	0,00	18277,62
GC20	206,47	0,00	17196,23	1135,60	235,97	44,24	14,75	58,99	18892,26
GC21	8887,87	0,00	86198,05	3474,47	230329,93	0,00	299,30	325,32	329514,94
GC22	79,01	0,00	11866,92	0,00	7900,74	15,80	0,00	0,00	19862,47
GC23	11544,96	0,00	101056,44	3221,53	16591,56	0,00	414,79	483,92	133313,21
GC24	265,47	0,00	11829,78	182,51	0,00	0,00	0,00	315,24	12593,00

Prélèvement	BACILLARIOPHYTA	CHAROPHYTA	CHLOROPHYTA	CRYPTOPHYTA	CYANOBACTERIA	EUGLENOZOA	MIOZOA	OCHROPHYTA	Nombre de cellules total/ml
PA01	42,47	0,00	0,00	4,42	999,92	4,42	0,00	0,00	1051,24
PA02	14,31	0,00	1,95	4,55	110,61	2,60	0,00	0,00	134,03
PA03	22,12	0,00	0,88	3,54	85,83	3,54	0,00	0,00	115,92
PA04	24,44	0,00	3,86	61,74	101,61	43,73	1,29	73,31	309,97
PA05	38,76	0,00	1,59	4,25	102,47	3,19	4,78	10,09	165,12
PA06	56,95	0,00	0,51	14,29	2625,20	6,43	3,06	0,00	2706,45
PA07	41,33	0,00	2,04	25,85	1312,58	11,80	2,94	0,00	1396,53
PA08	16,22	0,00	1,02	24,97	656,30	3,06	2,45	0,00	704,02
PA09	88,83	0,00	2,04	30,12	0,00	30,12	3,57	3,06	157,75
PA10	76,41	0,00	2,45	5,39	14,69	6,37	13,22	0,00	118,53
PA11	23,60	0,00	5,90	0,00	0,00	11,80	0,00	1312,58	1353,87
PA12	106,19	0,00	72,40	14,48	183,41	4,83	0,00	24582,06	24963,36
PA13	82,64	0,00	7,51	7,01	5,01	1,00	0,50	0,00	103,68
PA14	290,19	3,64	8,00	3,64	11,64	7,27	0,00	0,73	325,10
PA15	85,77	0,00	1,02	10,72	0,00	4,08	0,51	3,06	105,16
PA16	99,93	0,00	1,89	13,20	0,00	5,66	1,89	3,77	126,32
PA17	136,20	0,00	71,81	12,38	190,68	0,00	0,00	24763,53	25174,60
PA18	137,84	0,00	63,81	12,76	173,57	5,11	0,00	25525,48	25918,57
PA19	101,39	0,00	1,84	9,22	0,00	5,53	5,53	3,69	127,20
PA20	54,30	0,00	1,51	3,02	15,08	4,52	13,57	0,00	92,01
PA21	85,17	0,00	1,11	11,06	0,00	4,42	1,11	3,32	106,19
PA22	291,73	1,38	9,68	2,77	8,30	6,91	0,00	0,00	320,77
PA23	66,37	0,00	1,04	10,37	0,00	4,15	1,04	3,11	86,07
PA24	11,06	0,00	1,84	2,77	99,55	2,77	0,00	0,00	117,98
PB01	1479,31	1,84	188,14	221,34	676,94	22,13	5,53	5,53	2600,79
PB02	13,30	0,00	4,00	8,00	204,30	1,30	2,70	0,00	233,60
PB03	28,90	4,00	1,30	14,50	63,40	5,20	0,00	2,60	119,90
PB04	24,70	0,00	13,50	77,10	380,90	32,50	13,90	100,90	643,50
PB05	98,20	0,00	10,60	7,90	19,90	5,30	30,50	10,60	183,00
PB06	67,00	0,00	4,00	100,20	197,10	207,70	17,90	0,00	593,90
PB07	244,10	0,00	0,00	0,00	25,90	12,50	0,00	0,00	282,50
PB08	938,80	0,00	1,80	5,50	0,00	18,40	0,00	154,90	1119,40
PB09	621,20	0,00	99,60	5,50	4387,60	51,60	0,00	14,70	5180,20
PB10	76,70	0,50	2,50	9,20	9,20	15,20	7,10	4,60	125,00
PB11	58,90	0,00	1,60	1,60	0,00	4,80	0,00	620,00	686,90
PB12	8,80	0,00	1362,70	610,60	0,00	168,00	97,30	15379,30	17626,70
PB13	88,49	0,00	5778,29	292,01	0,00	300,86	79,64	3751,91	10291,19
PB14	101,53	0,00	0,53	33,32	26,44	11,11	0,53	2,12	175,57
PB15	26,55	0,00	150,43	849,49	0,00	389,35	61,94	2893,57	4371,32
PB16	0,00	0,00	215,69	893,18	0,00	318,00	60,84	3594,84	5082,55
PB17	0,00	0,00	208,05	876,98	0,00	366,07	65,84	3418,39	4935,33
PB18	0,00	0,00	222,07	788,74	0,00	273,12	66,37	3134,53	4484,83
PB19	0,00	0,00	202,21	793,28	0,00	256,65	59,63	3183,51	4495,28
PB20	67,95	0,00	2,65	8,83	7,94	14,12	6,18	5,30	112,96
PB21	69,86	0,87	1,75	8,73	7,86	14,85	6,99	6,11	117,01
PB22	61,63	0,00	1,90	1,90	0,00	5,69	0,00	642,80	713,91
PB23	80,47	0,00	3,32	9,13	9,13	15,76	9,95	4,98	132,73
PB24	262,15	0,00	0,00	0,00	25,44	12,17	0,00	0,00	299,75

Prélèvement	BACILLARIOPHYTA	CHAROPHYTA	CHLOROPHYTA	CRYPTOPHYTA	CYANOBACTERIA	EUGLENOZOA	MIOZOA	OCHROPHYTA	Nombre de cellules total/ml
PC01	367,57	0,00	1102,70	0,00	0,00	200,80	3,40	10,21	1684,68
PC02	221,22	0,00	2890,62	154,85	0,00	132,73	0,00	0,00	3399,43
PC03	772,26	0,00	3788,91	555,06	362,00	518,86	253,40	48,27	6298,76
PC04	1101,68	0,00	1075,13	2986,48	544,20	92,91	265,47	292,01	6357,89
PC05	6857,85	0,00	9807,46	973,37	0,00	132,73	368,70	73,74	18213,85
PC06	60,33	0,00	740,39	470,60	0,00	83,04	470,60	3,40	1828,37
PC07	133,41	0,00	1699,53	44,24	0,00	387,34	530,93	6,81	2802,26
PC08	297,46	0,00	1150,69	1526,42	0,00	211,17	673,87	39,82	3899,43
PC09	165,92	0,00	2541,83	152,64	132,73	195,78	13,27	3,32	3205,49
PC10	0,00	0,00	2566,16	486,69	0,00	0,00	44,24	60658,75	63755,85
PC11	73,74	0,00	22151,58	501,43	0,00	29,50	0,00	5604,26	28360,51
PC12	73,74	0,00	39303,57	368,70	0,00	147,48	147,48	301745,22	341786,19
PC13	46,82	0,00	0,48	6,27	0,00	3,38	0,97	0,00	57,92
PC14	699,06	0,00	9901,84	1619,34	0,00	362,80	17,70	6123,39	18724,13
PC15	690,21	0,00	16113,72	1406,96	0,00	185,83	115,03	522,08	19033,84
PC16	0,00	0,00	2643,59	431,38	0,00	0,00	55,31	65614,10	68744,37
PC17	60,95	0,00	1,69	3,39	0,00	3,39	1,69	0,00	71,11
PC18	642,25	0,00	9842,54	1418,31	0,00	321,13	16,06	6481,41	18721,71
PC19	43,39	0,00	2,55	7,66	0,00	7,66	0,00	0,00	61,26
PC20	763,84	0,00	3781,62	513,40	344,35	538,44	237,92	50,09	6229,66
PC21	155,04	0,00	1838,67	40,80	0,00	359,03	492,31	8,16	2894,00
PC22	318,66	0,00	1177,21	1519,58	0,00	229,12	650,49	36,87	3931,94
PC23	137,84	0,00	1725,52	43,39	0,00	390,54	518,17	7,66	2823,12
PC24	6958,55	0,00	10519,55	889,01	0,00	146,10	364,02	74,29	18951,53
S01	19,53	0,00	1,00	0,00	10,52	2,00	1,00	0,00	34,06
S02	5,59	0,00	1,20	0,00	3,19	0,00	0,00	0,00	9,98
S03	941,19	0,00	7,24	16,89	50,68	4,83	14,48	0,00	1035,31
S04	18,50	0,00	4,83	0,40	16,49	0,80	0,00	0,00	41,03
S05	124,36	0,00	14,21	3,55	53,80	0,00	2,54	0,00	198,46
S06	19,43	0,00	0,00	4,83	1,50	0,50	0,00	0,00	26,26
S07	18,25	0,00	5,58	0,00	0,00	1,61	4,83	0,00	30,27
S08	16,17	0,00	12,52	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	30,19
S09	856,18	0,00	17,73	40,53	173573,27	0,00	116,52	0,00	174604,23
S10	899,16	0,00	5275,05	42,82	0,00	0,00	137,01	0,00	6354,03
S11	132,73	0,00	15035,64	22,12	88,49	0,00	58,99	0,00	15337,98
S12	241,33	0,00	45853,05	48,27	0,00	0,00	96,53	0,00	46239,18
S13	96,16	0,00	6,68	4,83	37,87	0,37	0,00	0,74	146,66
S14	46,17	0,00	6,93	5,54	20,78	0,92	0,92	0,00	81,26
S15	134,40	0,83	7,51	26,71	0,83	2,50	28,38	0,83	202,02
S16	793,76	0,00	16,97	39,59	172891,62	0,00	101,81	0,00	173843,75
S17	11,93	0,00	2,17	0,00	9,76	2,17	1,08	0,00	27,11
S18	122,36	0,00	14,52	4,15	49,77	0,00	2,07	0,00	192,88
S19	851,05	0,00	13,66	37,09	178408,10	0,00	105,41	0,00	179415,30
S20	206,33	0,00	51050,96	42,54	0,00	0,00	78,70	0,00	51378,54
S21	101,62	0,00	14,52	4,15	39,40	0,00	2,07	0,00	161,77
S22	15,80	0,00	11,85	0,00	0,00	1,98	0,00	0,00	29,63
S23	239,51	0,00	45492,99	46,83	0,00	0,00	81,62	0,00	45860,95
S24	15,86	0,00	6,10	0,00	0,00	1,22	4,88	0,00	28,06

## Annexe 4 : Calcul IPTR et différentes composantes

Prélèvement	Matrice apprentissage	Matrice test	Tax brut	Valeur Tax	Rapport secchi/prof. Max	Valeur Secchi	Nombre de cellule total/ml	Valeur CellTot	Nombre de cellule cyanobacteria /ml	Valeur CyanoTot	Valeur Bloom	IPTR	EQR
A01	X		18,217	5	0,55	1	7333,47	2	0,00	2	5	10	0,870
A02	X		0,111	3	1,00	3	281614,12	0	259713,25	0	3	6	0,522
A03		X	0,086	3	1,00	3	100611,24	0	79506,77	1	4	7	0,609
A04		X	0,025	2	1,00	3	581368,36	0	553052,09	0	3	5	0,435
A05	X		0,073	3	1,00	3	75436,30	1	38448,18	1	5	8	0,696
A06	X		0,457	4	1,00	3	28901,27	1	309,71	2	6	10	0,870
A07		X	0,878	4	1,00	3	21534,62	1	707,91	2	6	10	0,870
A08		X	0,388	3	1,00	3	18715,28	2	14003,28	2	7	10	0,870
A09	X		0,213	3	0,69	1	102695,63	0	76640,73	1	2	5	0,435
A10	X		0,119	3	1,00	3	60879,98	1	12830,81	2	6	9	0,783
A11	X		0,106	3	1,00	3	46087,68	1	9143,80	2	6	9	0,783
A12	X		0,016	1	1,00	3	101904,31	0	0,00	2	5	6	0,522
A13	X		0,031	2	0,76	2	319000,44	0	205735,38	0	2	4	0,348
A14	X		0,019	1	0,87	2	340569,47	0	169012,72	0	2	3	0,261
A15		X	0,034	2	1,00	3	180405,59	0	100102,43	0	3	5	0,435
A16	X		0,084	3	0,73	2	63641,74	1	0,00	2	5	8	0,696
A17	X		0,088	3	0,78	2	98222,05	1	80081,94	1	4	7	0,609
A18	X		0,130	3	0,56	1	87201,23	1	67572,91	1	3	6	0,522
A19	X		0,102	3	1,00	3	90943,17	1	66451,88	1	5	8	0,696
A20	X		0,221	3	1,00	3	105561,38	0	85885,74	1	4	7	0,609
A21	X		0,502	4	1,00	3	22456,90	1	1793,68	2	6	10	0,870
A22	X		0,117	3	1,00	3	61455,15	1	14600,58	2	6	9	0,783
A23	X		0,118	3	1,00	3	83040,77	1	59107,44	1	5	8	0,696
A24	X		0,123	3	1,00	3	55709,73	1	10997,84	2	6	9	0,783
GA01		X	0,001	1	0,52	1	2447685,74	0	2446380,46	0	1	2	0,174
GA02	X		0,001	1	0,18	0	7492528,40	0	7459566,50	0	0	1	0,087
GA03	X		0,000	1	0,20	0	14059248,12	0	14043099,00	0	0	1	0,087
GA04	X		0,035	2	0,25	0	5670,13	2	0,00	2	4	6	0,522
GA05	X		0,000	1	0,25	0	7544392,78	0	7539206,00	0	0	1	0,087
GA06	X		0,000	1	0,63	1	15132712,87	0	15131505,00	0	1	2	0,174
GA07	X		0,000	1	0,22	0	7565858,69	0	7565752,50	0	0	1	0,087
GA08	X		0,000	1	0,24	0	3782902,80	0	3782876,25	0	0	1	0,087
GA09		X	0,003	1	0,30	0	855228,69	0	834555,60	0	0	1	0,087
GA10	X		0,000	1	0,19	0	7566821,00	0	7565752,50	0	0	1	0,087
GA11	X		0,000	1	0,27	0	8753221,81	0	8727162,00	0	0	1	0,087
GA12	X		0,011	1	0,27	0	2897639,03	0	2876977,00	0	0	1	0,087
GA13	X		0,005	1	0,21	0	1184666,15	0	1161309,51	0	0	1	0,087
GA14	X		0,204	3	0,28	0	128418,69	0	55526,43	1	1	4	0,348
GA15	X		0,123	3	0,39	1	94129,47	1	54641,55	1	3	6	0,522
GA16	X		0,000	1	0,14	0	8994931,84	0	8968412,24	0	0	1	0,087
GA17	X		0,001	1	0,35	1	2482451,01	0	2481252,14	0	1	2	0,174
GA18	X		0,217	3	0,06	0	131550,35	0	59107,44	1	1	4	0,348
GA19	X		0,135	3	0,13	0	94979,59	1	58781,54	1	2	5	0,435
GA20	X		0,000	1	0,11	0	368738,26	0	368701,39	0	0	1	0,087
GA21	X		0,116	3	0,32	1	179643,96	0	56885,36	1	2	5	0,435
GA22	X		0,005	1	0,29	0	1188980,66	0	1167050,52	0	0	1	0,087
GA23	X		0,000	1	0,24	0	7503785,76	0	7503668,01	0	0	1	0,087
GA24	X		0,000	1	0,26	0	7523371,50	0	7518051,83	0	0	1	0,087

Prélèvement	Matrice apprentissage	Matrice test	Tax brut	Valeur Tax	Rapport secchi/prof. Max	Valeur Secchi	Nombre de cellule total/ml	Valeur CellTot	Nombre de cellule cyanobacteria /ml	Valeur CyanoTot	Valeur Bloom	IPTR	EQR
GB01	X		0,003	1	0,27	0	2545225,33	0	2526058,75	0	0	1	0,087
GB02	X		0,010	1	0,17	0	13220,16	2	0,00	2	4	5	0,435
GB03	X		0,023	1	0,21	0	7449,61	2	0,00	2	4	5	0,435
GB04	X		0,050	2	0,18	0	7154,06	2	0,00	2	4	6	0,522
GB05	X		0,036	2	0,14	0	13439,17	2	0,00	2	4	6	0,522
GB06	X		0,001	1	0,27	0	2034236,22	0	2004260,80	0	0	1	0,087
GB07	X		0,028	2	0,16	0	28404,76	1	27011,06	1	2	4	0,348
GB08	X		0,314	3	0,21	0	10379,68	2	9003,69	2	4	7	0,609
GB09	X		0,003	1	0,23	0	69141,57	1	201,11	2	3	4	0,348
GB10	X		0,001	1	0,17	0	5643022,94	0	5641131,50	0	0	1	0,087
GB11	X		0,000	1	0,15	0	2033174,36	0	2004260,80	0	0	1	0,087
GB12	X		0,013	1	0,20	0	1472989,46	0	1453420,90	0	0	1	0,087
GB13	X		0,002	1	0,20	0	5455925,04	0	5425927,50	0	0	1	0,087
GB14	X		0,232	3	0,27	0	85745,20	1	37607,54	1	2	5	0,435
GB15	X		0,140	3	0,62	1	53922,58	1	36501,44	1	3	6	0,522
GB16	X		0,122	3	0,20	0	55637,04	1	39503,72	1	2	5	0,435
GB17	X		0,126	3	0,23	0	54258,10	1	38344,94	1	2	5	0,435
GB18	X		0,132	3	0,11	0	58087,93	1	40169,05	1	2	5	0,435
GB19	X		0,001	1	0,21	0	5595471,32	0	5593726,84	0	0	1	0,087
GB20		X	0,012	1	0,26	0	1562523,92	0	1543401,18	0	0	1	0,087
GB21	X		0,003	1	0,26	0	77956,06	1	323,74	2	3	4	0,348
GB22	X		0,004	1	0,24	0	67955,55	1	349,30	2	3	4	0,348
GB23	X		0,139	3	0,25	0	53815,66	1	36870,14	1	2	5	0,435
GB24	X		0,001	1	0,27	0	5606045,68	0	5604261,16	0	0	1	0,087
GC01	X		0,040	2	0,64	1	21922,98	1	589,92	2	4	6	0,522
GC02	X		0,033	2	0,19	0	11299,50	2	0,00	2	4	6	0,522
GC03	X		0,006	1	0,27	0	223742,75	0	193568,23	0	0	1	0,087
GC04	X		0,229	3	0,38	1	10298,76	2	0,00	2	5	8	0,696
GC05		X	0,002	1	0,49	1	3122735,54	0	3117001,50	0	1	2	0,174
GC06	X		0,010	1	0,57	1	23887,12	1	18582,55	2	4	5	0,435
GC07	X		0,003	1	0,19	0	19972,78	2	1297,83	2	4	5	0,435
GC08	X		0,002	1	0,40	1	17996,98	2	5121,26	2	5	6	0,522
GC09	X		0,001	1	0,22	0	107605,86	0	31,91	2	2	3	0,261
GC10	X		0,179	3	1,00	3	1400,11	2	132,73	2	7	10	0,870
GC11	X		0,066	2	0,79	2	1108,87	2	300,03	2	6	8	0,696
GC12	X		0,278	3	0,69	1	11337,57	2	4557,15	2	5	8	0,696
GC13	X		0,002	1	0,26	0	4474191,23	0	4422204,33	0	0	1	0,087
GC14	X		0,114	3	0,61	1	142134,39	0	19909,88	2	3	6	0,522
GC15	X		0,172	3	0,53	1	45593,61	1	34842,28	1	3	6	0,522
GC16	X		0,204	3	0,25	0	63781,99	1	33384,24	1	2	5	0,435
GC17	X		0,350	3	0,32	1	44844,62	1	14537,37	2	4	7	0,609
GC18	X		0,064	2	0,18	0	82354,48	1	51886,34	1	2	4	0,348
GC19	X		0,054	2	0,26	0	18277,62	2	286,99	2	4	6	0,522
GC20	X		0,049	2	0,41	1	18892,26	2	235,97	2	5	7	0,609
GC21	X		0,077	3	0,34	1	329514,94	0	230329,93	0	1	4	0,348
GC22	X		0,007	1	0,35	1	19862,47	2	7900,74	2	5	6	0,522
GC23	X		0,131	3	0,33	1	133313,21	0	16591,56	2	3	6	0,522
GC24	X		0,030	2	0,26	0	12593,00	2	0,00	2	4	6	0,522

Prélèvement	Matrice apprentissage	Matrice test	Tax brut	Valeur Tax	Rapport secchi/prof. Max	Valeur Secchi	Nombre de cellule total/ml	Valeur CellTot	Nombre de cellule cyanobacteria /ml	Valeur CyanoTot	Valeur Bloom	IPTR	EQR
PA01	X		0,204	3	1,00	3	1051,24	2	999,92	2	7	10	0,870
PA02	X		0,643	4	1,00	3	134,03	2	110,61	2	7	11	0,957
PA03	X		1,211	4	1,00	3	115,92	2	85,83	2	7	11	0,957
PA04	X		2,053	4	0,77	2	309,97	2	101,61	2	6	10	0,870
PA05	X		1,882	4	1,00	3	165,12	2	102,47	2	7	11	0,957
PA06	X		0,120	3	1,00	3	2706,45	2	2625,20	2	7	10	0,870
PA07	X		0,227	3	0,43	1	1396,53	2	1312,58	2	5	8	0,696
PA08		X	0,215	3	1,00	3	704,02	2	656,30	2	7	10	0,870
PA09	X		9,134	5	1,00	3	157,75	2	0,00	2	7	12	1,000
PA10	X		13,056	5	1,00	3	118,53	2	14,69	2	7	12	1,000
PA11		X	7,000	5	1,00	3	1353,87	2	0,00	2	7	12	1,000
PA12	X		0,962	4	1,00	3	24963,36	1	183,41	2	6	10	0,870
PA13	X		7,224	5	1,00	3	103,68	2	5,01	2	7	12	1,000
PA14	X		23,800	5	1,00	3	325,10	2	11,64	2	7	12	1,000
PA15	X		15,400	5	1,00	3	105,16	2	0,00	2	7	12	1,000
PA16	X		14,000	5	1,00	3	126,32	2	0,00	2	7	12	1,000
PA17		X	1,133	4	1,00	3	25174,60	1	190,68	2	6	10	0,870
PA18	X		1,337	4	1,00	3	25918,57	1	173,57	2	6	10	0,870
PA19	X		19,429	5	1,00	3	127,20	2	0,00	2	7	12	1,000
PA20	X		13,222	5	1,00	3	92,01	2	15,08	2	7	12	1,000
PA21		X	15,000	5	1,00	3	106,19	2	0,00	2	7	12	1,000
PA22	X		23,105	5	1,00	3	320,77	2	8,30	2	7	12	1,000
PA23	X		12,833	5	1,00	3	86,07	2	0,00	2	7	12	1,000
PA24	X		0,590	4	1,00	3	117,98	2	99,55	2	7	11	0,957
PB01	X		3,492	5	0,31	1	2600,79	2	676,94	2	5	10	0,870
PB02	X		0,417	3	1,00	3	233,60	2	204,30	2	7	10	0,870
PB03	X		1,801	4	1,00	3	119,90	2	63,40	2	7	11	0,957
PB04	X		0,949	4	0,95	2	643,50	2	380,90	2	6	10	0,870
PB05	X		8,763	5	0,61	1	183,00	2	19,90	2	5	10	0,870
PB06	X		4,493	5	0,19	0	593,90	2	197,10	2	4	9	0,783
PB07	X		40,595	5	0,09	0	282,50	2	25,90	2	4	9	0,783
PB08	X		213,000	5	0,16	0	1119,40	2	0,00	2	4	9	0,783
PB09	X		0,585	4	0,33	1	5180,20	2	4387,60	2	5	9	0,783
PB10	X		12,585	5	1,00	3	125,00	2	9,20	2	7	12	1,000
PB11	X		27,875	5	1,00	3	686,90	2	0,00	2	7	12	1,000
PB12	X		0,456	3	1,00	3	17626,70	2	0,00	2	7	10	0,870
PB13	X		0,143	3	1,00	3	10291,19	2	0,00	2	7	10	0,870
PB14	X		5,711	5	1,00	3	175,57	2	26,44	2	7	12	1,000
PB15	X		2,015	4	1,00	3	4371,32	2	0,00	2	7	11	0,957
PB16	X		1,578	4	1,00	3	5082,55	2	0,00	2	7	11	0,957
PB17	X		1,731	4	1,00	3	4935,33	2	0,00	2	7	11	0,957
PB18	X		1,520	4	0,66	1	4484,83	2	0,00	2	5	9	0,783
PB19	X		1,504	4	1,00	3	4495,28	2	0,00	2	7	11	0,957
PB20		X	11,707	5	1,00	3	112,96	2	7,94	2	7	12	1,000
PB21	X		13,676	5	1,00	3	117,01	2	7,86	2	7	12	1,000
PB22	X		25,000	5	1,00	3	713,91	2	0,00	2	7	12	1,000
PB23	X		12,653	5	1,00	3	132,73	2	9,13	2	7	12	1,000
PB24	X		44,087	5	1,00	3	299,75	2	25,44	2	7	12	1,000



Prélèvement	Matrice apprentissage	Matrice test	Tax brut	Valeur Tax	Rapport secchi/prof. Max	Valeur Secchi	Nombre de cellule total/ml	Valeur CellTot	Nombre de cellule cyanobacteria /ml	Valeur CyanoTot	Valeur Bloom	IPTR	EQR
PC01	X		0,613	4	0,33	1	1684,68	2	0,00	2	5	9	0,783
PC02	X		0,168	3	0,51	1	3399,43	2	0,00	2	5	8	0,696
PC03	X		0,562	4	0,96	2	6298,76	2	362,00	2	6	10	0,870
PC04	X		1,207	4	0,47	1	6357,89	2	544,20	2	5	9	0,783
PC05	X		0,804	4	1,00	3	18213,85	2	0,00	2	7	11	0,957
PC06		X	1,395	4	0,71	2	1828,37	2	0,00	2	6	10	0,870
PC07	X		1,045	4	0,82	2	2802,26	2	0,00	2	6	10	0,870
PC08	X		1,424	4	0,81	2	3899,43	2	0,00	2	6	10	0,870
PC09	X		0,212	3	1,00	3	3205,49	2	132,73	2	7	10	0,870
PC10	X		0,118	3	0,24	0	63755,85	1	0,00	2	3	6	0,522
PC11	X		0,016	1	1,00	3	28360,51	1	0,00	2	6	7	0,609
PC12	X		0,020	1	0,26	0	341786,19	0	0,00	2	2	3	0,261
PC13	X		15,733	5	0,63	1	57,92	2	0,00	2	5	10	0,870
PC14	X		0,195	3	0,51	1	18724,13	2	0,00	2	5	8	0,696
PC15		X	0,113	3	0,84	2	19033,84	2	0,00	2	6	9	0,783
PC16	X		0,114	3	0,29	0	68744,37	1	0,00	2	3	6	0,522
PC17	X		21,000	5	0,15	0	71,11	2	0,00	2	4	9	0,783
PC18	X		0,177	3	0,41	1	18721,71	2	0,00	2	5	8	0,696
PC19	X		9,200	5	0,28	0	61,26	2	0,00	2	4	9	0,783
PC20	X		0,559	4	0,37	1	6229,66	2	344,35	2	5	9	0,783
PC21	X		0,914	4	0,39	1	2894,00	2	0,00	2	5	9	0,783
PC22	X		1,406	4	0,18	0	3931,94	2	0,00	2	4	8	0,696
PC23	X		1,020	4	0,18	0	2823,12	2	0,00	2	4	8	0,696
PC24		X	0,762	4	0,49	1	18951,53	2	0,00	2	5	9	0,783
S01		X	6,759	5	1,00	3	34,06	2	10,52	2	7	12	1,000
S02	X		2,800	5	1,00	3	9,98	2	3,19	2	7	12	1,000
S03	X		34,766	5	1,00	3	1035,31	2	50,68	2	7	12	1,000
S04		X	2,176	5	1,00	3	41,03	2	16,49	2	7	12	1,000
S05	X		4,457	5	1,00	3	198,46	2	53,80	2	7	12	1,000
S06		X	8,100	5	1,00	3	26,26	2	1,50	2	7	12	1,000
S07	X		5,430	5	1,00	3	30,27	2	0,00	2	7	12	1,000
S08	X		1,471	4	1,00	3	30,19	2	0,00	2	7	11	0,957
S09	X		0,026	2	1,00	3	174604,23	0	173573,27	0	3	5	0,435
S10	X		0,226	3	1,00	3	6354,03	2	0,00	2	7	10	0,870
S11	X		0,017	1	1,00	3	15337,98	2	88,49	2	7	8	0,696
S12	X		0,010	1	1,00	3	46239,18	1	0,00	2	6	7	0,609
S13	X		5,340	5	1,00	3	146,66	2	37,87	2	7	12	1,000
S14	X		3,504	5	1,00	3	81,26	2	20,78	2	7	12	1,000
S15	X		9,881	5	1,00	3	202,02	2	0,83	2	7	12	1,000
S16	X		0,024	1	1,00	3	173843,75	0	172891,62	0	3	4	0,348
S17	X		3,765	5	1,00	3	27,11	2	9,76	2	7	12	1,000
S18	X		4,429	5	1,00	3	192,88	2	49,77	2	7	12	1,000
S19	X		0,024	1	1,00	3	179415,30	0	178408,10	0	3	4	0,348
S20	X		0,008	1	1,00	3	51378,54	1	0,00	2	6	7	0,609
S21	X		4,078	5	1,00	3	161,77	2	39,40	2	7	12	1,000
S22	X		1,583	4	1,00	3	29,63	2	0,00	2	7	11	0,957
S23	X		0,009	1	1,00	3	45860,95	1	0,00	2	6	7	0,609
S24	X		4,500	5	1,00	3	28,06	2	0,00	2	7	12	1,000

## Annexe 5 : Etudes référencées sur les plans d'eau échantillonnés

### Etang de Saint Paul

TITRES	Année de publi	Auteurs
Note : Projet de création d'une RBD autour de l'Etang de Saint-Paul (+6 cartes)	1977	T.CADET
Cartes Cadet : 6 cartes scannées	1977	T.CADET
L'ESP : des aménagements sur un milieu unique à préserver	1992	J-M Payet (Université de La Réunion)
Expertise écologique d'une zone humide tropicale insulaire : l'étang de Saint-Paul	1993	F.BLANCHARD
Milieu agricole de l'ESP : propositions de stratégie pour une gestion agri-environnementale du site	1994	Cyathia
Étude du peuplement ichtyologique de l'ESP	1996	ARDA Univ Franche-Comté, S. MERLIN
Suivi des plans d'eau réunionnais : méthodologie proposée et premiers résultats	1998	ORE
Suivi des plans d'eau réunionnais 1998-1999	1999	ORE
Suivi des plans d'eau réunionnais 2000	2000	ORE
Etang de Saint-Paul, synthèse des données – analyse de son comportement hydrologique et hydraulique	2001	Antea
Evaluation des enjeux de la faune de l'ESP et suivi de la recolonisation suite à l'incendie d'octobre 2000	2001	SEOR (M.SALAMOLARD et T. GHESTEMME)
Expertise floristique de la zone incendiée de l'ESP	2001	Université de La Réunion(S. RADJASSEGARANE)
ESP : Etudes entomologiques des zones incendiées	2001	Insectarium
Les macro-invertébrés aquatiques des étangs de La Réunion	2001	Université de La Réunion/ORE
Suivi des plans d'eau réunionnais 2001	2001	ORE
Expertise de l'impact de la digue du ski club sur les niveaux de l'Etang Saint-Paul	2002	Antea
Projet d'aménagement, de mise en valeur et de protection de l'ESP et de ses abords -première phase-	2002	O.CONCHOU
Suivi des plans d'eau réunionnais 2002	2002	ORE
L'Etang de Saint-Paul, projet de réserve naturelle, texte d'accompagnement du projet de décret	2003	DIREN
Projet d'aménagement, de mise en valeur et de protection de l'ESP et de ses abords -deuxième phase-	2003	O.CONCHOU
Étude de faisabilité d'un ouvrage régulateur du niveau d'eau	2006	Biotope/SOGREAH
Lutte 2006 contre le chikungunya, volet surveillance des eaux douces : échantillonnage des poissons et des macrocrustacés de l'ESP	2006	ARDA/ONCFS/OLE
Étude préliminaire et mise au point d'un cahier des charges pour la réalisation de travaux de dégagement des canaux de l'ESP	2009	Safege
Prélèvement et analyse des sédiments, bathymétrie de l'étang de Saint-Paul	2009	Asconit
Notice d'incidence de l'ouverture anthropique du cordon dunaire de l'ESP	2010	Biotope/SOGREAH
Typologie Corine des habitats biotopes	2010	Université de La Réunion

# Etang de Saint Paul

(suite)

TITRES	Année de publi	Auteurs
Inventaire faunistique des zones humides de la Réunion , Volet macrofaune aquatique	2011	ARDA
Etude foncière sur les zones humides de la Réunion	2011	SAFER
Dossier de déclaration au titre du code de l'environnement – Ouverture anthropique du cordon dunaire de l'ESP	2011	SOGREAH
Diagnostic et enjeux de conservation de la macro faune aquatique de deux étangs côtiers à l'île de La Réunion : étang du Gol et étang de Sait-Paul – Analyse de l'état des populations de poissons et macro crustacés et approche du fonctionnement des cordons dunaires des étangs	2011	Samantha ANGAMA-PETCHY Université de La Réunion, Océa
Cahiers d'habitats de la Réunion, ZONES HUMIDES (pages 32 à 34)	2011	CBNM, M. LACOSTE, P. DELBOSC, & F. PICOT
Poster Cahier d'habitats zones humides – ESP	2011	CBNM
Distribution spatiale et évaluation quantitative des populations de poissons et de macro-crustacés dans la RNN ESP	2012	OCEA
Etude des peuplements de macro-crustacés décapodes amphidromes de l'Etang de Saint-Paul – Etat d'expansion de l'écrevisse exotique Cherax quadricarinatus	2012	A. Leoville (OCEA/Université de La Réunion)
Distribution spatiale et évaluation de la densité des espèces d'Odonates inféodées à la RNN ESP	2012	AreE (S. Couteyen)
Réalisation d'un inventaire ornithologique des oiseaux de la RNN ESP	2012	Biotope
Diagnostic écologique de la réserve naturelle nationale de l'étang de Saint-Paul	2012	M. ATTIE
Plan de gestion 2013-2018 (version pour le CNPN – non définitive)	2012	RNN ESP
Réalisation d'un inventaire ornithologique et évaluation des populations de Héron strié et de Poule d'eau sur la RNN ESP	2014	Eco-Med Océan Indien
Typologie des habitats naturels de La Réunion	2014	CBNM
Synthèse de l'état des lieux de l'agriculture formelle et informelle au sein de la RNN ESP en 2014	2015	RNN ESP
Evaluation quinquennale de la gestion de la RNN ESP (2009-2014)	2015	Biotope
AP ouverture du cordon dunaire de l'ESP	2015	DEAL Préfecture
AP validation du PDG étang de St-Paul 2015-2020	2015	DEAL Préfecture
Plan de gestion RNN StPaul 2015-2020	2015	RNN ESP commune de St-Paul
Atlas PdG RNNESP 2015 2020	2015	RNN ESP commune de St-Paul
Evaluation qualitative et quantitative du recrutement post-larvaire des espèces de poissons et de macrocrustacés diadromes sur l'étang de Saint-Paul. Rapport final	2016	OCEA VALEA
Suivi des peuplements de macro-crustacés au sein de la réserve naturelle nationale de l'étang de saint-paul (la Réunion)	2016	Mondésir Laura univ perpignan et réserve
Expertise sur trois masses d'eau de La Réunion (étangs de Saint-Paul et du Gol) et de Martinique (étang des Salines) : typologie de surveillance	2016	IFREMER AERMC
Prélèvements et analyse de sédiment à l'étang de Saint-Paul en vue des travaux de curage du canal d'en travers	2017	Stratageme 974
fiche sédimentologie étang de la baie de Saint-Paul	2017	Géoscience Michon L.
Etude de faisabilité d'une solution d'écoulement pérenne de l'Etang de Saint-Paul vers la mer visant à optimiser le recrutement post-larvaire...	2018	OCEA-VALEA-Hydrétudes
Etude de faisabilité d'une solution d'écoulement pérenne de l'Etang de Saint-Paul vers la mer visant à optimiser le recrutement post-larvaire, phase 2...	2018	OCEA-VALEA-Hydrétudes

## Etang du Gol

TITRES	Année de publi	Auteurs
L'etang du gol - approche descriptive de l'état actuel du milieu	1995	Bosc P, Bonneau S, Lepinay N
L'etang du gol - approche descriptive de l'état actuel du milieu - ANNEXES	1995	Bosc P, Bonneau S, Lepinay N
Centre des eaux douces – dossier d'étude d'impact	2005	Incom Environnement pour l'ARDA
Expertise sur trois masses d'eau de La Réunion (étangs de Saint-Paul et du Gol) et de Martinique (étang des Salines) : typologie de surveillance	2005	IFREMER AERMC
Suivi des milieux aquatiques continentaux en lien avec l'Etang du Gol Synthèse pluriannuelle du suivi environnemental sur la période de 2015 à 2018	2005	Mairie de Saint-Louis, OCEA ANTEA
note relative à l'étang du Gol	2006	Kerjouan R
Rapport sur l'envahissement par Eichhornia du Gol	2007	Hyttec
Etude opérationnelle pour l'introduction et l'élevage d'agents de lutte biologique contre la jacinthe d'eau et la laitue d'eau à la Réunion	2007	CIRAD
Rapport final sur l'exploitation de la ressource en eau souterraine sur le secteur du gol et des cocos	2008	Office de l'eau
Les peuplements de poissons et de macrocrustacés d'eau douce de la Réunion	2008	Arda
Plans bathymétriques	2008	Safège
Bathymétrie et caractérisation des sédiments – Etude diagnostique de l'Etang du Gol	2008	Safège
Etude comparative de la qualité des eaux de deux étangs littoraux de la Réunion : l'étrang du Gol et l'étang de Saint Paul	2010	conservatoire du littoral
Notice d'incidence de l'ouverture anthropique du cordon dunaire de l'étang du Gol	2010	SOGREA
Contribution à la réalisation des plans de gestion des sites naturels de la Grande Ravine et de l'Etang du Gol	2010	Dubset Chloé CDL Université de La Réunion

# Etang du Gol

(suite)

TITRES	Année de publi	Auteurs
inventaire et recommandations de gestion pour la présence de l'ichtyofaune de la zone humide de l'étang du Gol	2010	Océa Consult / Conservatoire du littoral Biotope
Etude préalable Etang du Gol – Phase 1 : Analyse foncière et recherche de solutions en 3 scénarios – Etape 2 : propositions d'aménagements	2010	Vectra / Mairie de Saint-Louis
Amélioration de la connaissance hydrogéologique de l'aquifère côtier du Gol	2010	BRGM
Cahiers d'Habitats de la Réunion, Zones Humides (notamment p35 à 39)	2011	Lacoste M, Delbosc P, Picot F
Inventaire et recommandations de gestion pour la préservation de l'ichtyofaune de la zone humide de l'étang du Gol, campagne de 2011 rapport d'inventaire	2011	conservatoire du littoral, OCEA
Connaissance de l'avifaune de l'étang du Gol	2011	Couzi F-X, Riethmuller M, Giloux Y
Convention Cadre relative à la gestion du Gol et de son environnement	2011	Sous-Préfecture de Saint-Pierre, Département de La Réunion, Commune de Saint-Louis, Commune de l'étang-Salé, l'ONF, le CDL, la FDPPMA.
Etude préalable Etang du Gol – Phase 2 : Proposition d'aménagement, Cahier de prescription	2011	Vectra / Mairie de Saint-Louis
Diagnostic et enjeux de conservation de la macro faune aquatique de deux étangs côtiers à l'île de La Réunion : étang du Gol et étang de Sait-Paul – Analyse de l'état des populations de poissons et macro crustacés et approche du fonctionnement des cordons dunaires des étangs	2011	Samantha ANGAMA-PETCHY université de La Réunion, Océa
Inventaire faunistique des zones humides de la Réunion , Volet macrofaune aquatique	2011	ARDA
Etude foncière sur les zones humides de la Réunion	2011	SAFER
Entre Terre et Eau, les Zones Humides de la Réunion : Une diversité remarquable	2012	Conservatoire Botanique National et Centre Permanent
Inventaire et recommandations de gestion pour la préservation de l'ichtyofaune de la zone humide de l'étang du Gol	2012	conservatoire du littoral, OCEA
Cahiers des habitats de zones humides cartographie	2012	CBNM
Rapport d'analyse Grand gravière mer	2012	LDEHM
Rapport d'analyse Grand gravière montagne	2012	LDEHM
Poster zones humides du Gol	2012	CBNM
arrêté Gol ouverture cordon	2012	Deal
Inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique (ZNIEFF)	2013	Hoarau C, Philippe J.S
Prise en compte des attentes sociales des acteurs du territoire. Proposition d'un projet de valorisation du site de l'étang du Gol	2013	helixeo
Rapport d'intervention d'helixeo pour le conservatoire du littoral - délégation Outre Mer	2013	helixeo
Bilan pluriannuel des interventions et des mesures d'accompagnement environnementales relatives à l'ouverture anthropique du cordon dunaire de l'étang du gol	2013	Commune de Saint Louis
Suivi des paramètres Oxygène dissous et température de l'eau sur l'étang du Gol (la Réunion) de novembre 2012 à février 2013	2013	DEAL Ocea
Gestion des effluents traités de la commune de Saint Louis dans le secteur du Gol – étude faisabilité	2013	Antéa Group / OCEA Consult pour Mairie de Saint-Louis
Présentation du projet de valorisation du site du Gol	2013	Conservatoire du littoral Helixeo
Suivis OCEA 2012-2013 O2, températures et niveaux	2013	OCEA
Suivi du niveau d'eau et de la qualité physico-chimique des gravières de l'étang du gol	2014	CDL DEAL OCEA ANTEA
Définition par modélisation des recommandations de pompage pour les puits du Gol	2014	BRGM
Suivi des milieux aquatiques continentaux en lien avec l'Etang du Gol	2016	Mairie de Saint-Louis, OCEA ANTEA

## Petit Etang de Saint André

TITRES	Année de publi	Auteurs
Liste et abondance relatives en espèces de macro-crustacés observées sur le Petit Etang et le plan d'eau du Colosse en 2011	2011	ARDA
Diagnostic de fonctionnement Hydrologique et hydrogéologique du Petit Etang	2011	COPLAN
Plan de gestion du Petit Etang – Commune de Saint-André	2013	Cyathea / Ocea Consult' / Ginger

## Bocage Sainte Suzanne

TITRES	Année de publi	Auteurs
Réalisation d'un plan de gestion de la Rivière Sainte Suzanne - Phase 1 : Diagnostic / Etat des lieux	2019	Hydrétudes, OCEA, EcoMEd

## Annexe 6 : Ouvrages de référence pour la détermination du phytoplancton

Bourrelly, P., 1966. *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique*. Tome I : Les algues vertes, (N. Boubée & Cie ed.), Paris, Boubée. 511 p.

Bourrelly, P., 1968. *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique*. Tome II : Les algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées, (N. Boubée & Cie ed.), Paris, Boubée. 438 p.

Bourrelly, P., 1970. *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique*. Tome III : Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines, (N. Boubée & Cie ed.), Paris, Boubée. 512 p.

Compère, P., 1986. *Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique* : t.1 Cyanophyceae, Meise, BEL, Jardin Botanique National de Belgique. 120 p.

Compère, P., 1989. *Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique* : t.2 Pyrrhophytes (Cryptophyceae, Dinophyceae), Raphidophytes (Raphidophyceae), Euglenophytes (Euglenophyceae), Meise, BEL, Jardin Botanique National de Belgique. 208 p.

Compère, P., 1991. *Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique* : t.3 Rhodophytes, Meise, BEL, Jardin Botanique National de Belgique. 55 p.

Compère, P., 2001. *Flore pratique des algues d'eau douce de Belgique* : t.5 Desmidiées 1 Mesotaeniaceae, Gonatozygaceae, Peniaceae, Closteriaceae, Meise, BEL, Jardin Botanique National de Belgique. 69 p.

Cox, E. J., 1996. *Identification of freshwater diatoms from live material*, London, GBR, Chapman & Hall. 158 p.

Dillard, G. E., 2000. *Bibliotheca phycologica, band 106*. Freshwater algae of the Southeastern United States: Part 7. Pigmented Euglenophyceae, Berlin, DEU, Cramer. 176 p.

Ettl, H., 1978. *Susswasserflora von Mitteleuropa 3*. Xanthophyceae: 1. Teil, Stuttgart, DEU, Gustav Fischer Verlag. 530 p.

Ettl, H., 1983. *Susswasserflora von Mitteleuropa 9*. Chlorophyta I: Phytomonadina, Stuttgart, DEU, Gustav Fischer Verlag. 807 p.

Ettl, H.; Gärtner, G., 1988. *Susswasserflora von Mitteleuropa 10*. Chlorophyta II: Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales, Stuttgart, DEU, Gustav Fischer Verlag. 807 p.

Förster, K.; Huber Pestalozzi, G., 1982. *Die binnengewasser, band XVI*. Das phytoplankton des süßwassers systematik und biologie: 8 teil 1. halfte : Conjugatophyceae, Zygnematales und Desmidiiales (excl. Zygnemataceae), (e.



schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung (nägele u obermiller) ed.), Stuttgart. 543 p.

Fott, B.; Huber Pestalozzi, G., 1972. *Die binnengewasser, band XVI*. Das phytoplankton des süßwassers systematik und biologie: 6 teil Chlorophyceae (Grünalgen) ordnung : Tetrasporales, (E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung ed.), Stuttgart, DEU. 150 p.

Hindak, F., 2008. *Colour atlas of Cyanophytes*. Veda, Bratislava, SVK.

John, D.M., Whitton, B.A., Brook, A.J., 2011. *The freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.

Kadlubowska, J. Z., 1984. *Süßwasserflora von Mitteleuropa 16*. Chlorophyta VIII: Conjugatophyceae I: Zygnemales, Jena, DEU, VEB Gustav Fischer Verlag. 531 p.

Komarek, J., 2013. *Cyanoprokaryota: 3 Teil/Part 3 Heterocytous Genera, Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Springer Spektrum Verlag, Berlin, DEU.

Komarek, J., Anagnostidis, K., 2005. *Cyanoprokaryota 2.Teil: Oscillatoriales*, Elsevier Spektrum Akademischer Verlag. ed, Süßwasserflora von Mitteleuropa 19. Elsevier, München.

Komarek, J., Anagnostidis, K., 1999. *Cyanoprokaryota 1.Teil: Chroococcales*, Gustav Fischer. ed, Süßwasserflora von Mitteleuropa 19. Gustav Fischer, Stuttgart.

Laplace-Treytore, C., Peltre, M.C., Lambert, E., Rodriguez, S., Vergon, J.P., Chauvin, C., 2014. *Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes*. Les Éditions d'Irstea Bordeaux, Cestas.

Leitao, M., Couté, A., 2005. *Guide pratique des cyanobactéries planctoniques du Grand Ouest de la France.*, DEPEE-DLM Honfleur. ed, Eau et Santé. Agences de l'Eau Seine Normandie, Honfleur.

Wehr, J.D., Sheath, R.G., Kociolek, P., 2015. *Freshwater algae of North America: ecology and classification*, 2° ed. ed. Academic press, Amsterdam, NLD.