



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 4: Premiers constats d'interprétation des résultats. Validation de la pertinence du suivi par les diatomées.

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

► **To cite this version:**

G. 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 4: Premiers constats d'interprétation des résultats. Validation de la pertinence du suivi par les diatomées.. OFB, Office Français de la Biodiversité; Office de l'eau Réunion. 2023. hal-04371855

HAL Id: hal-04371855

<https://hal.science/hal-04371855>

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
&
Pertinence de l'élément de qualité
biologique « diatomées »

- Rapport d'étape 4 : Premiers constats d'interprétation des résultats. Validation de la pertinence du suivi par les diatomées



Table des matières

Introduction	3
1- Diatomées	4
1.1- Pertinence du suivi du compartiment diatomée.....	4
1.2- Principaux résultats.....	5
2- Phytoplancton	13
Conclusion	22

TABLEAUX

Tableau 1 : Richesse spécifique & équitabilité.....	5
Tableau 2 : Taxons indicateurs de chaque groupe par la méthode IndVal.....	9
Tableau 3 : Principaux taxons indicateurs en combinant les différents groupes entre eux — méthode Multipatt	10
Tableau 4 : Dates des prélèvements réalisés en 2021	13
Tableau 5 : Taxons indicateurs principaux en combinant les différents groupes entre eux — méthode Multipatt	21

FIGURES

Figure 1 : Résultat de l'arbre de régression multivariable appliquée aux données azote et phosphore et aux inventaires diatomiques. Les seuils sont indiqués en bleu.	6
Figure 2 : Répartition selon les différents groupes de l'ARM de la concentration en azote total.....	7
Figure 3 : Répartition selon les différents groupes de l'ARM de la concentration en ammonium, en nitrates et en phosphore total	8
Figure 4 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur le Petit Etang de Saint-André lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm ³ /L)	14
Figure 5 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station GA de l'Etang du Gol lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm ³ /L)	14
Figure 6 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station GB de l'Etang du Gol lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm ³ /L)	15
Figure 7 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station GC de l'Etang du Gol lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm ³ /L)	15
Figure 8 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station PA de l'Etang de Saint Paul lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm ³ /L)	16

Figure 9 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station PB de l'Étang de Saint Paul lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)	16
Figure 10 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station PB de l'Étang de Saint Paul lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)	17
Figure 11 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station S du bocage de la Rivière Sainte-Suzanne lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)	17
Figure 12 : Arbre de régression multivariable phytoplancton/Azote-Phosphore	18
Figure 13 : Répartition des prélèvements dans les différents groupes	19
Figure 14 : Répartition selon les groupes des paramètres retenus par l'ARM	20

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.

Suite au premier rapport qui s'attachait à décrire le contexte de l'étude et présentait le matériel et méthodes ainsi que les inventaires effectués, celui-ci tente de répondre à la question de la pertinence de l'utilisation des diatomées comme élément de qualité pour les eaux de transition de La Réunion ainsi que la présentation des premiers résultats pour les deux compartiments biologiques suivis, diatomées et phytoplancton.

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^{er} juin 2021.

1- Diatomées

1.1- Pertinence du suivi du compartiment diatomée

Pour rappel, le choix d'installer des supports artificiels (« diatomètres » ou cordes) a été guidé par la rareté des substrats naturels sur les sites étudiés. Le biofilm est ensuite traité en suivant le protocole IDR (Eulin et al. 2018) pour confectionner des lames observables au microscope pour inventaire. Les inventaires utilisés pour les différents traitements statistiques sont annexés au rapport d'avancement précédent.

Les diatomées sont reconnues comme de bons bio-indicateurs qui répondent à différentes exigences (Round 1993, Coste 1994, Hürlimann J. et Niederhäuser P. 2007).

Différents points sont listés ci-dessous quant à la pertinence du suivi par les diatomées des eaux de transition prospectée à La Réunion :

- **L'échantillonnage**, comme indiqué, s'effectue sur substrat artificiel. Les substrats utilisés sont inertes. Il reste simple à mettre en œuvre, mais nécessite néanmoins l'installation d'une station (bouée ou autres) qui doit rester un certain laps de temps dans le milieu. Selon la localisation, certains problèmes peuvent intervenir comme le vol ou la difficulté à l'atteindre (macrophytes envahissants). Ces difficultés doivent être prises en compte pour le choix du positionnement de la station sur le site.
- La **conservation** de l'échantillon, **l'élaboration des lames d'observation** et leur **archivage** suivent un protocole déjà existant et ayant déjà fait ses preuves (méthode standardisée). Les lames fabriquées dans le cadre de ce suivi présentent une bonne qualité d'observation microscopique, notamment par l'utilisation de substrats artificiels vierge au début de la colonisation. Le nombre de diatomées dans les échantillons permet une fabrication aisée des lames d'observation. De plus, les lames fabriquées offrent la possibilité d'obtenir des **enregistrements permanents** pour chaque échantillon.
- La **répartition des diatomées** dans le milieu étudié est aussi à prendre en compte. La colonisation des substrats artificiels installés s'est faite facilement et la quantité de matériel biologique prélevé a toujours été abondante tout au long de la première année de suivi et sur toutes les stations suivies même les plus polluées. Le nombre de cellules par unité de surface de substrat est énorme, ce qui rend l'évaluation des comptages aléatoires au microscope excellente.

- La technique de **comptage au microscope** reste la même que celle utilisée dans le cadre de l’IDR (Eulin et al. 2018).
- Le **cycle cellulaire des diatomées est rapide** et répond donc rapidement aux possibles perturbations.
- La possibilité de connaître les **réactions aux modifications environnementales** et de les quantifier ce qui fait partie de l’un des objectifs de cette étude et qui est développé dans la suite de ce document. De plus, si le diagnostic de la qualité de l’eau est pertinent, il l’est pour un **coût** restant modeste, ce qui se traduit par un bon rapport qualité/prix.

1.2- Principaux résultats

Les substrats artificiels utilisés ont donné satisfaction. Les lames en verre permettent, par rapport aux cordes, une approche de la densité de colonisation par les diatomées. Les diatomètres installés comportaient 12 lames et au regard de la quantité de matériel biologique prélevée dans l’avenir 6 lames suffiront largement à la confection des lames d’observation. Les inventaires diatomiques indiquent que les différents supports utilisés restent comparables.

La richesse spécifique et l’équitabilité restent d’un niveau moyen en général, mais correspondent à ce qui est retrouvé habituellement à La Réunion (tab. 1) dans les eaux courantes.

	Etang du Gol			Etang de St Paul			Bocage Ste Suzanne	Petit Etang St André
Station	GA	GB	GC	PA	PB	PC	S	A
Richesse spécifique (médiane)	16	16	17	23	20	17	26	15
Equitabilité (médiane)	0,72	0,75	0,59	0,63	0,51	0,53	0,70	0,54

Tableau 1 : Richesse spécifique & équitabilité

L’objectif est d’utiliser les diatomées pour indiquer la qualité de l’eau et de possibles perturbations. Dans ce but, la relation entre les paramètres azote et phosphore a été recherchée. L’objectif ici est de synthétiser l’information en croisant les données physico-chimiques avec les inventaires diatomiques. La matrice des données biotiques est constituée par les inventaires diatomiques. La matrice des données abiotiques est construite à partir des valeurs des données concernant l’azote et le phosphore. Chaque diatomètre ayant passé un certain laps de temps dans la colonne d’eau, les données azote et phosphore mesurées à chaque relevé ont été moyennées selon le diatomètre

considéré (et donc l'inventaire diatomique lié). Par exemple l'inventaire GA6B, installé lors de la sortie 4 et relevé à la sortie 6, a été mis en relation avec la physico-chimie relevée aux sorties 4, 5 et 6 qui correspondent à son temps passé dans le milieu.

A partir du pool de données, une première approche statistique a été menée à l'aide du logiciel R (R core Team 2021). La méthode statistique employée construit un arbre « de décision » qui explique le mieux la répartition des différentes stations selon les inventaires ET la physico-chimie. La méthode appliquée est basée sur la construction d'un **arbre de régression multivariable** (ARM) (De'ath 2002). Le package mvpart a été utilisé (De'ath 2012).

L'arbre qui explique le mieux la répartition des diatomées relevées par rapport à la physico-chimie (azote et phosphore) donne **cinq groupes**. Le paramètre chimique qui sépare le mieux les cortèges diatomiques inventoriés est l'azote total suivi par l'ammonium et les nitrates et ensuite le phosphore total (figure 1).

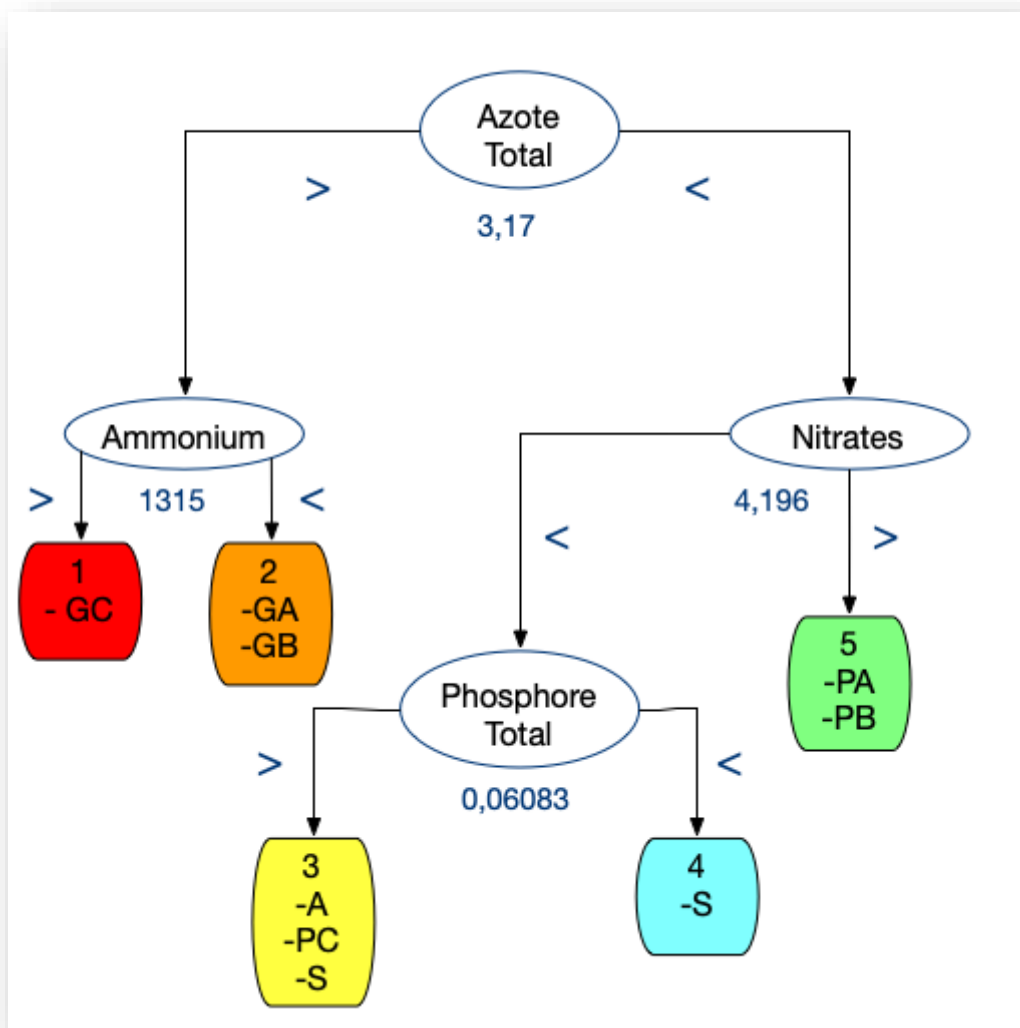


Figure 1 : Résultat de l'arbre de régression multivariable appliquée aux données azote et phosphore et aux inventaires diatomiques. Les seuils sont indiqués en bleu.

La première remarque est que généralement les différentes stations d'un même site se rassemblent entre elles, ce qui peut s'expliquer par une similarité élevée entre les différents inventaires et par conséquent avec la physico-chimie associée. Le groupe 1 rassemble l'ensemble des stations de la station GC, le groupe 2 l'ensemble des stations GA et GB, le groupe 3 l'ensemble des stations A et PC, le groupe 5 l'ensemble des stations PA et PB. Seules les stations sur la rivière Sainte-Suzanne se retrouvent séparées dans les deux groupes 3 et 4, ce qui peut s'expliquer notamment par des inventaires diatomiques qui s'éloignent entre eux durant deux périodes. Ceux du groupe 4 regroupent les diatomètres relevés entre début août et début octobre.

La distribution des valeurs des paramètres retenus par l'ARM est figurée par des boxplots selon les différents groupes résultants. (fig. 2 et 3)

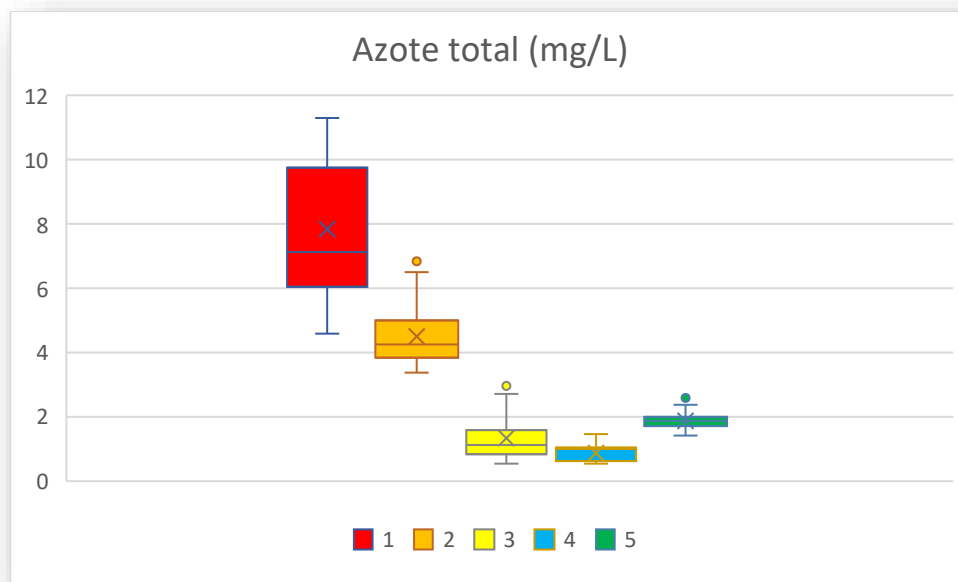


Figure 2 : Répartition selon les différents groupes de l'ARM de la concentration en azote total

Cette représentation traduit bien la première séparation de l'arbre de décision avec les stations du Gol (groupe 1 et 2) présentant une concentration en azote total plus élevée que les autres plans d'eau (seuil retenu par l'analyse 3,17 mg/L).

Les boxplots suivants (figure 3) retranscrivent de la même manière les différentes séparations en groupe de l'analyse pour les autres paramètres retenus.



Figure 3 : Répartition selon les différents groupes de l'ARM de la concentration en ammonium, en nitrates et en phosphore total

Suite à cette première analyse, la recherche de taxons bio-indicateurs caractéristiques pour chaque groupe défini a été menée. A partir des différents groupes de l'ARM, la méthode **IndVal** (Dufrêne & Legendre 1997) a été appliquée. Une espèce sera d'autant plus indicatrice qu'elle appartient à un seul groupe (spécificité=A) et si elle est présente sur les sites de ce groupe (fidélité=B) (Tab. 2). Ces analyses ont été menées en utilisant le package *indicspecies* sous R (De Caceres & Legendre 2009).

Groupe 1

Taxons	A : spécificité	B : fidélité
<i>Gomphonema contraturris</i>	0,988	0,846
<i>Nitzschia palea</i>	0,618	1,000
<i>Nitzschia inconspicua</i>	0,618	1,000
<i>Navicula sp. 8</i>	0,698	0,615
<i>Fallacia meridionalis</i>	0,485	0,846
<i>Gomphonema parvulum</i>	0,541	0,615
<i>Craticula molestiformis</i>	0,878	0,308

Groupe 2

Taxons	A : spécificité	B : fidélité
<i>Seminavis.strigosa</i>	0,721	1,000
<i>Navicula sp. 3</i>	0,666	0,925
<i>Staurasira pinnata</i>	0,841	0,725
<i>Amphora sp. 3</i>	0,720	0,750
<i>Planothidium delicatulum</i>	0,525	0,900
<i>Achnanidium sp. 4</i>	0,991	0,475
<i>Cyclotella.meneghiniana</i>	0,445	0,975
<i>Nitzschia microcephala</i>	0,516	0,800
<i>Gomphosphenia oahuensis</i>	0,991	0,325
<i>Navicula salinicola</i>	0,451	0,700
<i>Halamphora ghanensis</i>	0,533	0,550

Groupe 3

Taxons	A : spécificité	B : fidélité
<i>Achnanidium eutrophilum</i>	0,835	0,979
<i>Encyonema mesianum</i>	0,816	0,583
<i>Achnanidium exiguum</i>	0,877	0,542
<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	0,492	0,875
<i>Ulnaria biceps</i>	0,488	0,646
<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>	1,000	0,292

Groupe 4

Taxons	A : spécificité	B : fidélité
<i>Diploneis cf. puella</i>	0,862	0,857
<i>Planothidium biporumum</i>	0,821	0,857
<i>Chamaepinnularia sp. 4 aff. hippodontiforma</i>	0,849	0,786
<i>Actinocyclus sp. 1</i>	0,768	0,857
<i>Nitzschia clausii</i>	0,705	0,929
<i>Planothidium robustius</i>	0,977	0,571
<i>Discostella pseudostelligera</i>	0,689	0,786
<i>Cymbella sp. 7</i>	0,771	0,571
<i>Rhopalodia sp. 1</i>	0,951	0,429
<i>Eunotia cf. incisa</i>	0,514	0,786
<i>Achnanidium subhudsonis</i>	0,897	0,429
<i>Nitzschia obtusa</i>	0,738	0,500
<i>Eunotia sp. 1</i>	0,409	0,857
<i>Achnanthes inflata</i>	0,766	0,429
<i>Fragilaria sp. 3</i>	0,901	0,357
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0,879	0,357
<i>Tryblionella debilis</i>	0,984	0,286

Groupe 5

Taxons	A : spécificité	B : fidélité
<i>Eolimna minima</i>	0,830	0,971
<i>Placoneis symmetrica</i>	0,858	0,829
<i>Nitzschia amphibia</i>	0,666	1,000
<i>Navicula gregaria</i>	0,955	0,686
<i>Tabularia tabulata</i>	0,870	0,629
<i>Lemnicola hungarica</i>	0,490	0,943
<i>Diadesmis confervacea</i>	0,514	0,857
<i>Sellaphora seminulum</i>	0,841	0,429
<i>Planothidium lanceolatum</i>	0,828	0,429
<i>Cymbella tumida</i>	1,000	0,314
<i>Gomphonema cf. clavatum</i>	0,848	0,343

Tableau 2 : Taxons indicateurs de chaque groupe par la méthode IndVal

Une classification des sites peut être jugée trop rigide pour indiquer les préférences de niches des espèces du groupe. Ainsi, certaines sont inféodées à un groupe alors que d'autres peuvent être associées à plusieurs groupes. Une autre analyse des espèces bio-indicatrices peut être menée en considérant l'ensemble des combinaisons possibles entre les groupes de sites et ainsi pouvoir sélectionner la combinaison pour laquelle certaines espèces seront de meilleures indicatrices (De Caceres 2010). Cette méthode (Multipatt) prend en compte le fait que la taille de la niche écologique varie selon les espèces (Tsiripidis et al. 2009). Cette méthode considère toute la structure de la classification du niveau le plus élevé jusqu'aux groupes finaux. Pour chaque espèce, la combinaison qui sera retenue et testée, avec une signification statistique, est celle qui a l'association la plus forte (Tab. 3).

4 Groupes combinés			
Groupes 1 + 2 + 4 + 5	<i>Diadesmis confervacea</i>	0,970	0,509
Groupes 1 + 3 + 4 + 5	<i>Nitzschia inconspicua</i>	0,967	0,922
Groupes 1 + 2 + 3 + 5	<i>Planothidium delicatulum</i>	0,959	0,618
3 Groupes combinés			
Groupes 3 + 4 + 5	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	0,992	0,814
	<i>Ulnaria biceps</i>	0,989	0,608
	<i>Eunotia</i> sp. 1	1,000	0,546
	<i>Sellaphora pupula</i>	0,965	0,443
Groupes 1 + 4 + 5	<i>Lemnicola hungarica</i>	0,871	0,871
Groupes 1 + 2 + 5	<i>Halamphora ghanensis</i>	1,000	0,625
Groupes 1 + 2 + 4	<i>Seminavis strigosa</i>	0,934	0,955
	<i>Fallacia meridionalis</i>	0,958	0,776
	<i>Gomphonema parvulum</i>	0,931	0,418
	<i>Tryblionella apiculata</i>	0,927	0,284
Groupes 1 + 2 + 3	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0,963	0,891
2 Groupes combinés			
Groupes 4 + 5	<i>Eunotia</i> cf. <i>incisa</i>	0,885	0,898
	<i>Achnanthes inflata</i>	0,986	0,367
	<i>Amphora copulata</i>	0,869	0,327
Groupes 3 + 5	<i>Nitzschia amphibia</i>	0,933	0,880
	<i>Achnantheidium exiguum</i> var. <i>constrictum</i>	0,972	0,301
Groupes 3 + 4	<i>Achnantheidium eutrophilum</i>	0,929	0,919
	<i>Discostella pseudostelligera</i>	0,987	0,807
	<i>Encyonema mesianum</i>	0,975	0,532
Groupes 1 + 5	<i>Nitzschia palea</i>	0,792	0,792
Groupes 1 + 4	<i>Navicula cryptocephala</i>	0,793	0,444
Groupes 1 + 2	<i>Navicula</i> sp. 3	0,995	0,906
	<i>Nitzschia microcephala</i>	0,942	0,793
	<i>Amphora</i> sp. 3	0,982	0,679
	<i>Navicula salinicola</i>	0,872	0,660
	<i>Tryblionella levidensis</i>	0,995	0,415
	<i>Cyclotella atomus</i>	1,000	0,264

Tableau 3 : Principaux taxons indicateurs en combinant les différents groupes entre eux — méthode Multipatt

1 groupe			
Groupe 5	<i>Eolimna minima</i>	0,830	0,971
	<i>Placoneis symmetrica</i>	0,858	0,829
	<i>Navicula gregaria</i>	0,955	0,686
	<i>Tabularia tabulata</i>	0,870	0,629
	<i>Sellaphora seminulum</i>	0,841	0,429
	<i>Planothidium lanceolatum</i>	0,828	0,429
	<i>Cymbella tumida</i>	1,000	0,314
	<i>Gomphonema cf. clavatum</i>	0,848	0,343
Groupe 4	<i>Diploneis cf. puella</i>	0,862	0,857
	<i>Planothidium biporum</i>	0,821	0,857
	<i>Chamaepinnularia sp. 4 aff. hippodontiforma</i>	0,849	0,786
	<i>Actinocyclus sp. 1</i>	0,768	0,857
	<i>Nitzschia clausii</i>	0,705	0,929
	<i>Planothidium robustius</i>	0,977	0,571
	<i>Cymbella sp. 7</i>	0,771	0,571
	<i>Rhopalodia sp. 1</i>	0,951	0,429
	<i>Achnantheidium subhudsonis</i>	0,897	0,429
	<i>Nitzschia obtusa</i>	0,738	0,500
	<i>Fragilaria sp. 3</i>	0,901	0,357
	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0,879	0,357
	<i>Tryblionella debilis</i>	0,984	0,286
	Groupe 3	<i>Achnantheidium exiguum</i>	0,877
<i>Gomphonema pumilum var. rigidum</i>		1,000	0,292
Groupe 2	<i>Staurosira pinnata</i>	0,841	0,725
	<i>Achnantheidium sp. 4</i>	0,991	0,475
	<i>Gomphosphenia oahuensis</i>	0,991	0,325
Groupe 1	<i>Gomphonema contraturris</i>	0,988	0,846
	<i>Navicula sp. 8</i>	0,698	0,615
	<i>Craticula molestiformis</i>	0,878	0,308

Tableau 3 (suite) : Principaux taxons indicateurs en combinant les différents groupes entre eux — méthode Multipatt

Cette dernière analyse permet de confirmer la pertinence de l'utilisation des diatomées comme bio-indicatrice des eaux de transition étudiées et aussi de comparer les différents sites entre eux en effet certaines espèces sont des indicatrices de plusieurs groupes.

Cette première approche a permis de confirmer que l'utilisation des diatomées pour le diagnostic des eaux de transition de La Réunion est pertinente. La facilité de mise en place et de collecte, l'obtention de matériel d'observation et de comptage à partir

de méthodes éprouvées, la relation avec la qualité de l'eau concernant notamment le phosphore et l'azote de différentes espèces qui peuvent se retrouver sur différents sites. Il est évident que d'autres analyses statistiques peuvent être nécessaires pour préciser l'écologie des diatomées relevées permettant de mieux caractériser le milieu. La quantité de matériel biologique prélevé ainsi que la composition des inventaires permet de s'orienter vers un temps de résidence des supports dans l'eau de six semaines. En effet, il ne semble pas avoir d'intérêt que les substrats restent plus longtemps dans le milieu et cela permettra de limiter certaines déconvenues comme le décrochage de diatomètres, le vol ou l'envahissement par les macrophytes sur certaines stations. La similarité assez forte entre les inventaires d'une même station retracée par le regroupement des stations entre elles permet aussi d'envisager entre un et deux prélèvements par an. Un en fin d'année, fin novembre-début décembre où les valeurs en azote total sont les plus élevées (durant la période d'étude) auquel pourrait venir s'ajouter un prélèvement supplémentaire en août-septembre (séparation groupe 3 et 4).

2- Phytoplancton

Le tableau 4 récapitule les dates de prélèvements réalisés en 2021

Sortie	Dates 2021	
1	21-23	avril
2	05-06	mai
3	02-03	juin
4	23-24	juin
5	15-16	juillet
6	04-05	août

Sortie	Dates 2021	
7	25-26	août
8	14-15	septembre
9	05-06	octobre
10	27-28	octobre
11	17-18	novembre
12	08-09	décembre

Tableau 4 : Dates des prélèvements réalisés en 2021

Les différentes figures (fig. 4 à 11) représentent la répartition par station des embranchements en biovolume (mm^3/L) au cours des différentes sorties.

Les embranchements rencontrés sont :

- Les *Bacillariophyta* ou diatomées dont les plus courantes sont des genres *Nitzschia* et *Cyclotella*
- Les *Charophyta* très peu représentées (exemple : genre *Spirogyra*)
- Les *Chlorophyta* dont les plus courantes appartiennent aux genres *Chlorella*, *Monoraphidium* et *Chlamydomonas*
- Les *Cryptophyta* dont les plus courantes ont pour genres *Cryptomonas*, *Chroomonas* et *Rhodomonas*
- Les *Cyanobacteria* dont les plus courantes sont des genres *Aphanocapsa* et *Cyanobium*
- Les *Euglenozoa* dont les plus courantes appartiennent aux genres *Euglena* et *Lepocinclis*
- Les *Miozoa* dont les plus courantes sont des ordres *Gymnodiales* ou *Peridinales*
- Les *Ochrophyta* dont les plus courantes sont des genres *Ochromonas* et *Mallomonas*

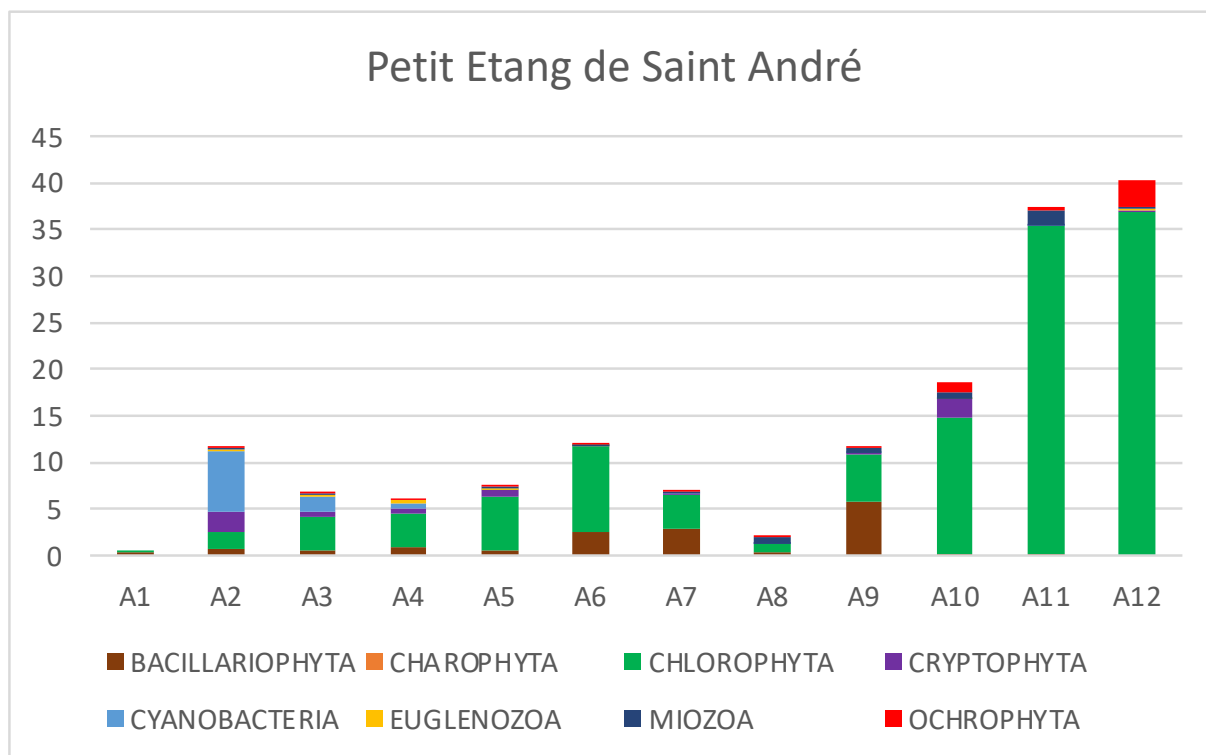


Figure 4 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur le Petit Etang de Saint-André lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)

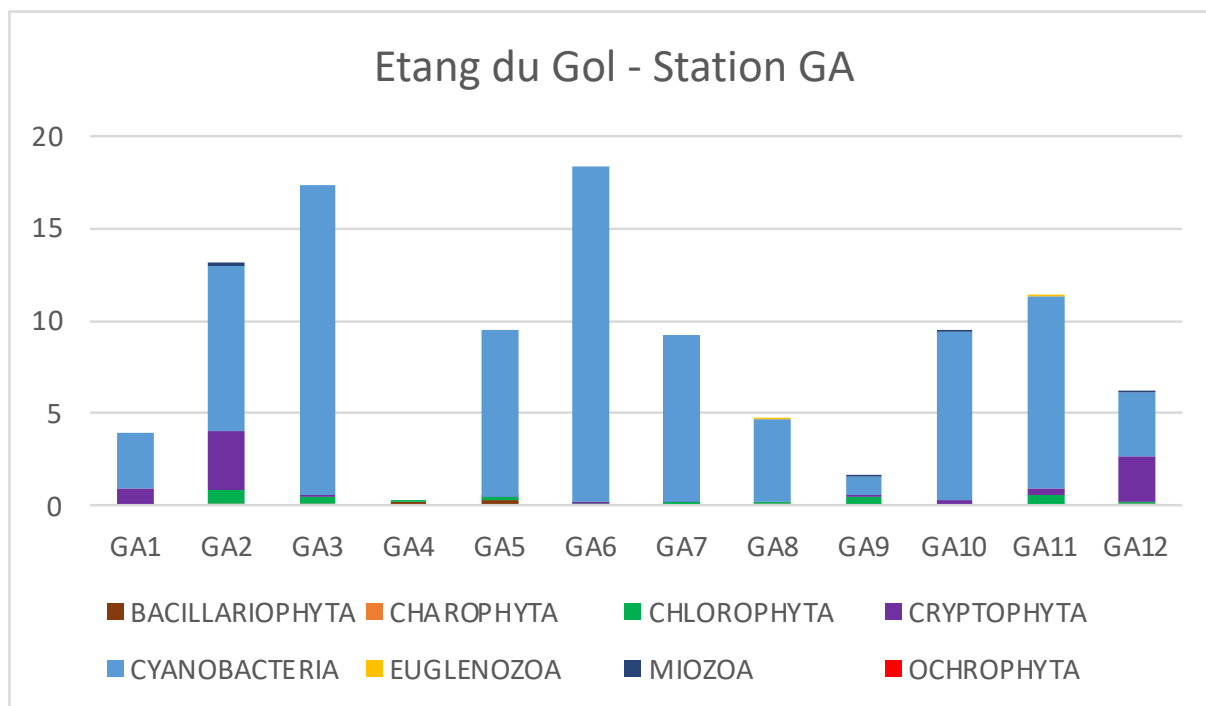


Figure 5 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station GA de l'Etang du Gol lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)

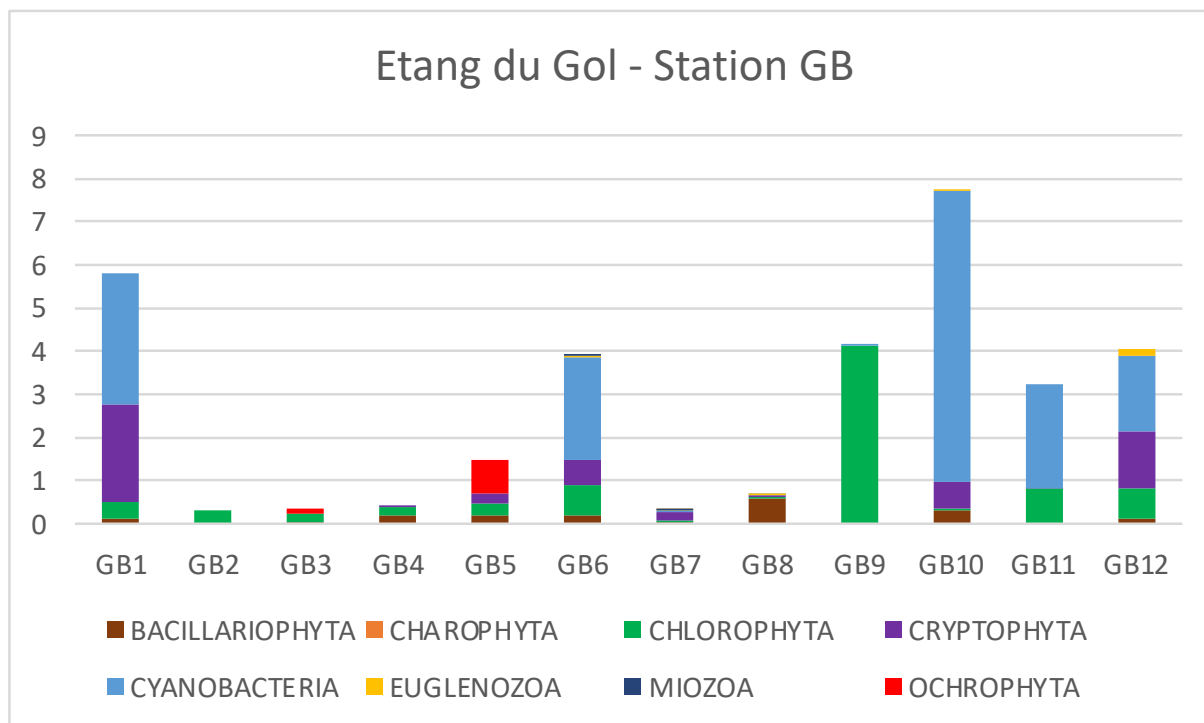


Figure 6 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station GB de l'Etang du Gol lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)

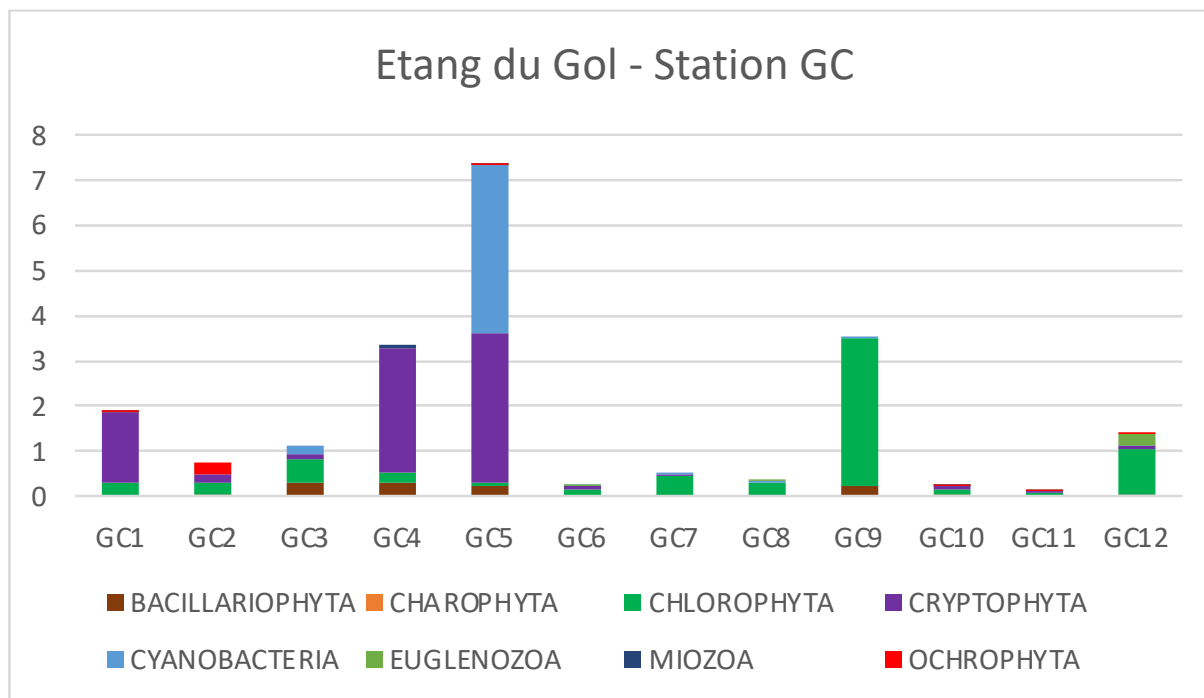


Figure 7 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station GC de l'Etang du Gol lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)

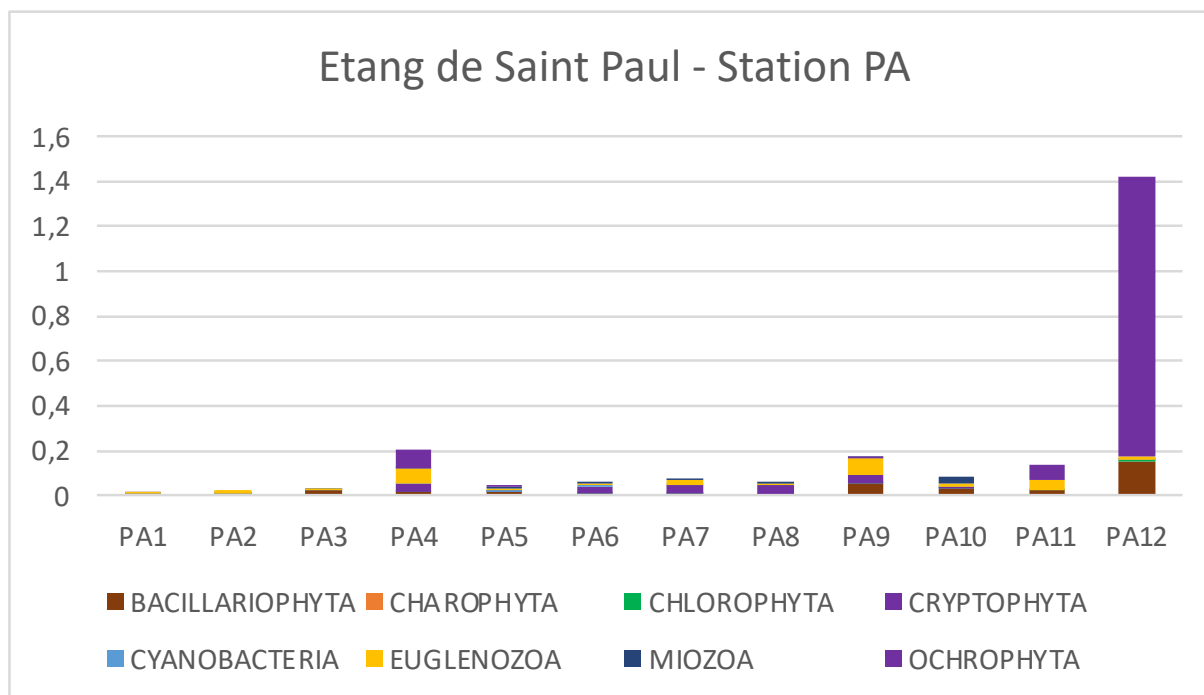


Figure 8 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station PA de l'Etang de Saint Paul lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)

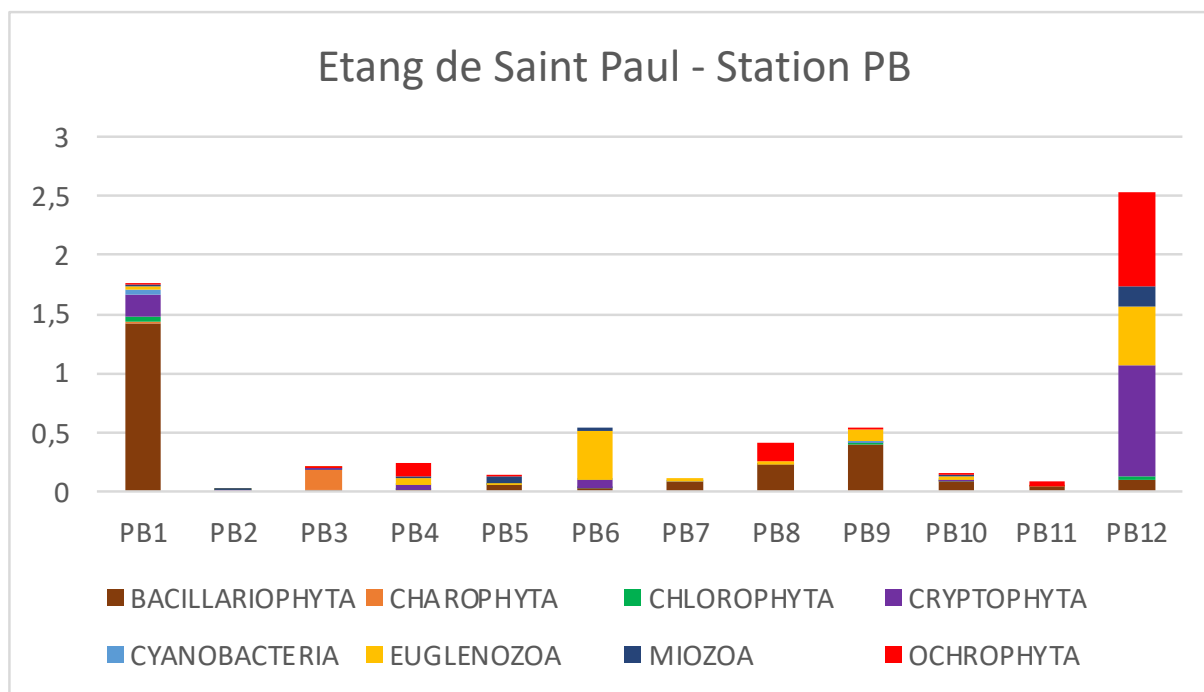


Figure 9 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station PB de l'Etang de Saint Paul lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)

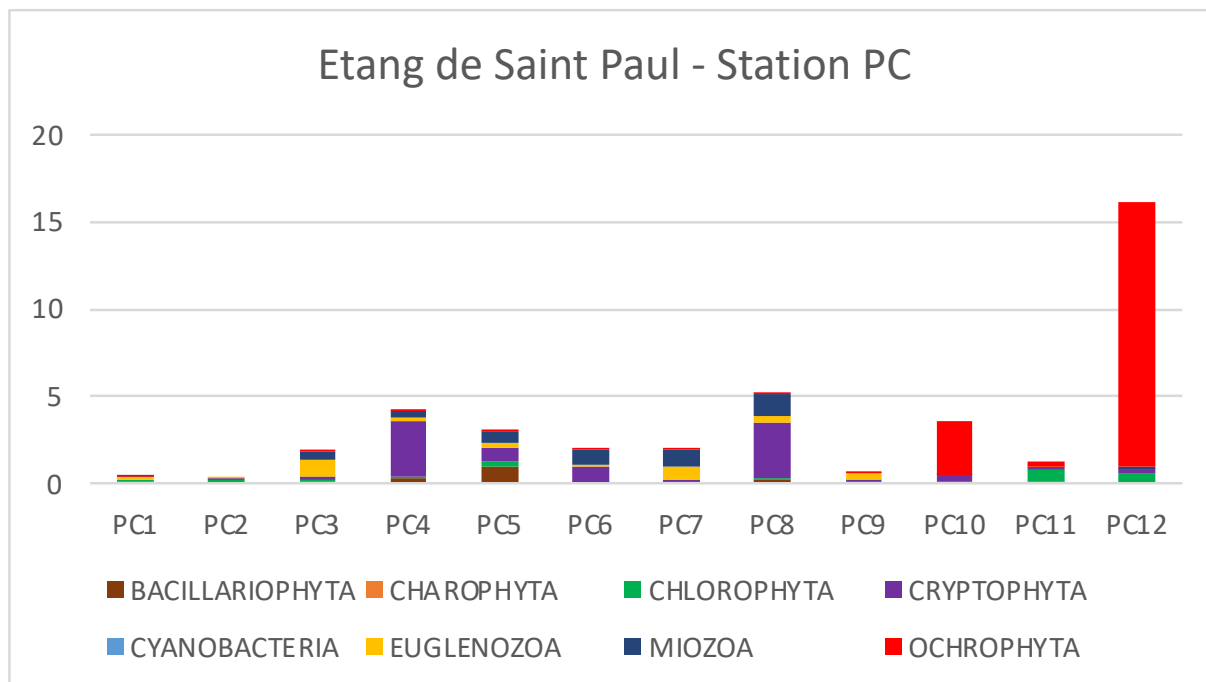


Figure 10 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station PB de l'Etang de Saint Paul lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)

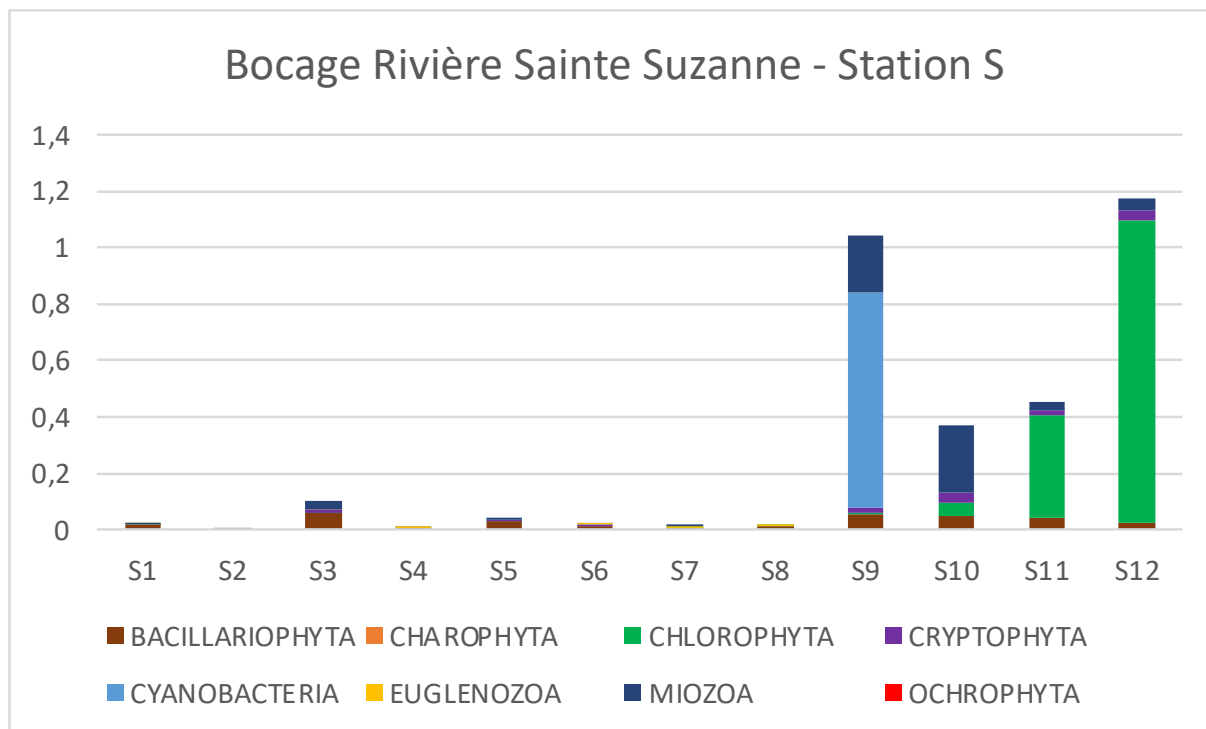


Figure 11 : Répartition des embranchements de phytoplancton sur la station S du bocage de la Rivière Sainte-Suzanne lors des différentes sorties — unité : biovolume (mm^3/L)

La répartition par embranchement, et par conséquent à des niveaux taxinomiques plus bas, montre une variation importante de la composition des cortèges récoltés sur chaque station lors des différentes sorties, un peu moins marquée sur le Petit Etang de Saint-André et la station GA du Gol. Les variations en biovolume sont aussi assez importantes entre les sorties qui ne sont pourtant espacées que d'environ trois semaines.

Un arbre de régression multivariable est construit à partir des données physico-chimiques (azote et phosphore) et la matrice inventaire (fig. 12).

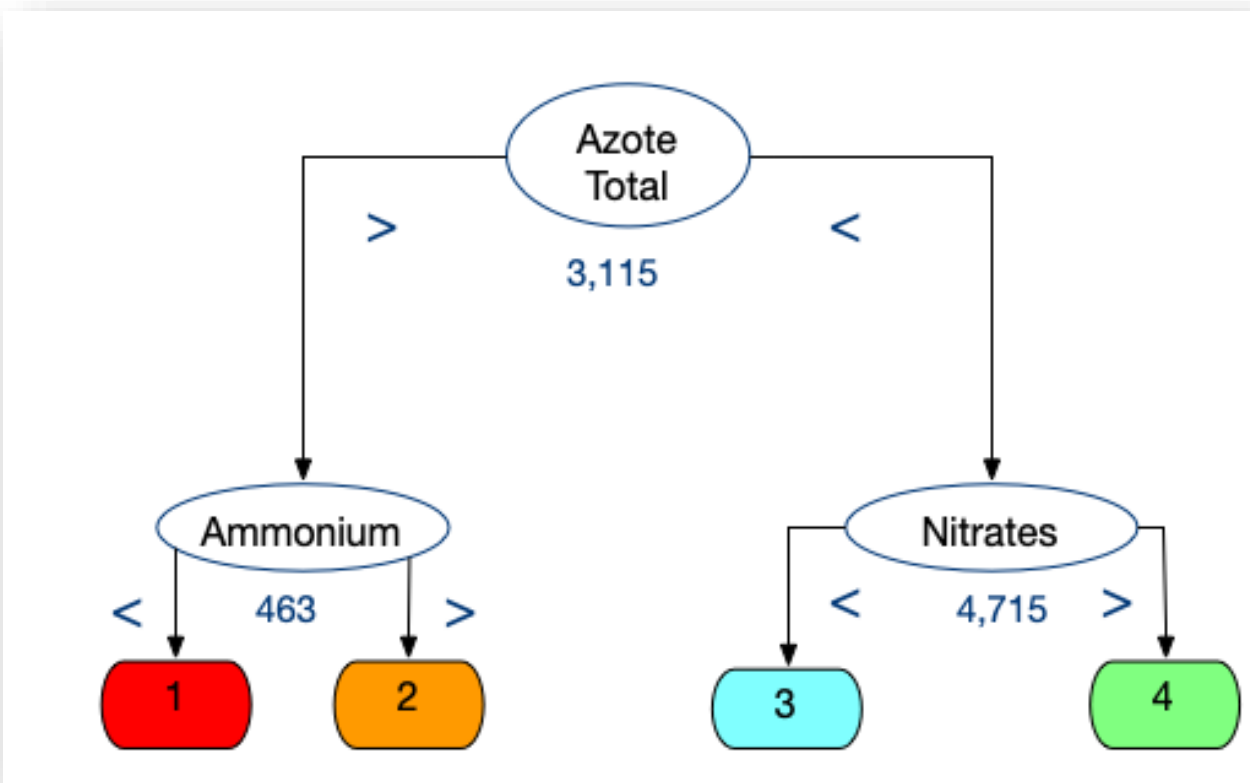


Figure 12 : Arbre de régression multivariable phytoplancton/Azote-Phosphore

L'arbre retenu aboutit à quatre groupes. La séparation principale est faite par l'azote total. Pour pratiquement toutes les sorties, les stations du Gol se retrouvent dans le groupe 1 et 2 où la concentration en azote total est supérieure à 3,115 mg/L. Ces deux groupes se séparent par la concentration en ammonium qui se retrouve en concentration plus élevée pour la plupart des sorties sur GC et quelques-unes de GB de mi-juillet à mi-septembre 2021. Le groupe 4 est composé pour sa part en majorité par les stations « amont » de l'Etang de Saint Paul caractérisées par une concentration

en nitrates plus élevée que celles du groupe 3. La répartition des prélèvements selon les groupes est illustrée par la figure 13.

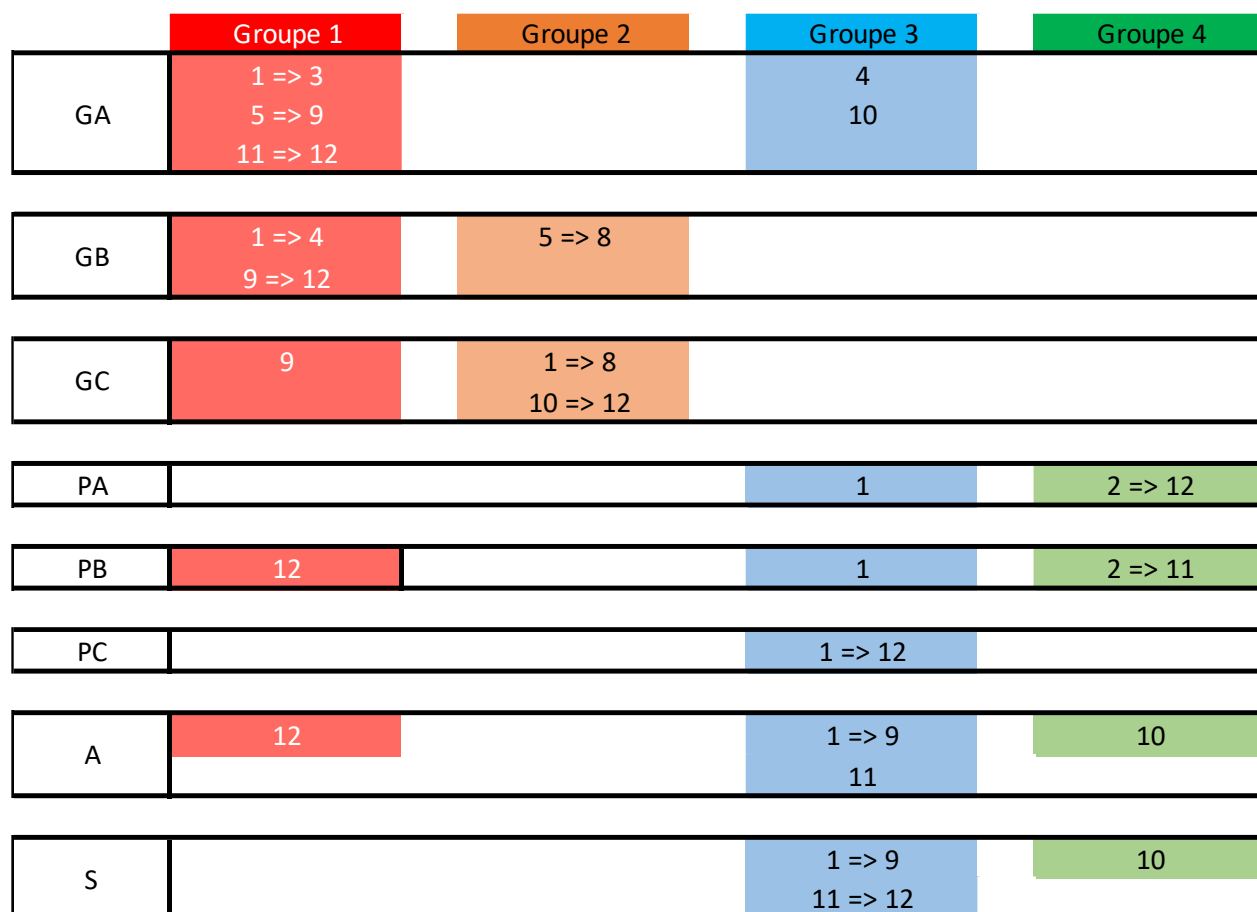


Figure 13 : Répartition des prélèvements dans les différents groupes

Des boxplots (fig. 14) illustrent la distribution des différents paramètres retenus par l'arbre de régression multivariable choisi.

Une recherche des IndVal Multipatt est menée en considérant l'ensemble des combinaisons possibles entre les groupes de sites et ainsi pouvoir sélectionner la combinaison pour laquelle certaines espèces seront les meilleures indicatrices

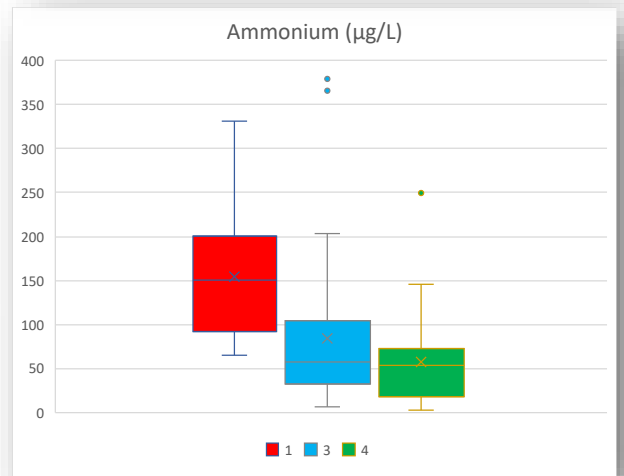
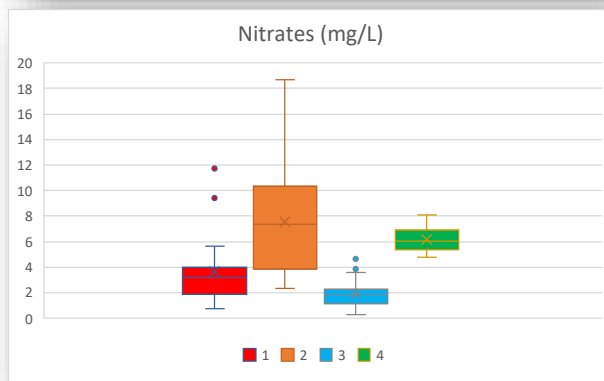
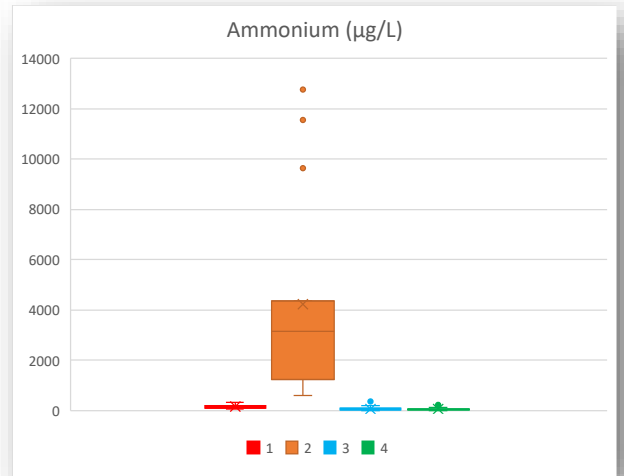
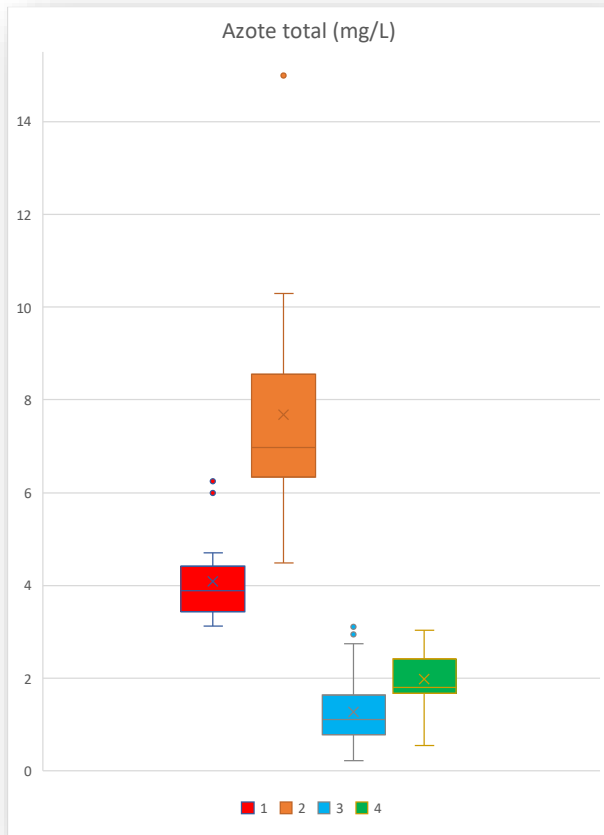


Figure 14 : Répartition selon les groupes des paramètres retenus par l'ARM

3 groupes combinés		
	A	B
Groupes 2+3+4 <i>Euglena</i>	0,986	0,387
Groupes 1+3+4 <i>Lepocinclis ovum</i>	0,965	0,284
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0,975	0,438
Groupes 1+2+3 <i>Didymocystis inconspicua</i>	0,990	0,315
<i>Pseudodidymocystis fina</i>	0,991	0,274

2 groupes combinés		
	A	B
<i>Cryptomonas</i>	0,829	0,700
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	0,886	0,533
<i>Eunotia</i>	1,000	0,333
Groupes 3+4 <i>Gomphonema</i>	1,000	0,300
<i>Trachelomonas</i>	1,000	0,267
<i>Ulnaria</i>	1,000	0,267
<i>Cryptomonas ovata</i>	0,850	0,300
Groupes 2+4 <i>Navicula</i>	0,961	0,447
Groupes 2+3 <i>Monoraphidium griffithii</i>	0,974	0,365
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	0,971	0,269
<i>Chlorella</i>	0,874	0,944
Groupes 1+2 <i>Cryptomonas marssonii</i>	0,935	0,583
<i>Monoraphidium circinale</i>	0,809	0,611
<i>Monoraphidium minutum</i>	0,666	0,722

1 groupe		
	A	B
<i>Mallomonas</i>	0,864	0,348
Groupe 4 <i>Eolimna minima</i>	0,670	0,391
<i>Halamphora</i>	1,000	0,261
<i>Monoraphidium contortum</i>	0,941	0,622
<i>Achnantheidium</i>	0,999	0,351
Groupe 3 <i>Ochromonas</i>	0,986	0,324
<i>Desmodesmus communis</i>	0,911	0,324
<i>Desmodesmus armatus var. bicaudatus</i>	0,863	0,297
<i>Aphanocapsa holsatica</i>	0,849	0,467
<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i>	0,809	0,467
Groupe 2 <i>Scenedesmus smithii</i>	1,000	0,267
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	0,950	0,267
<i>Cyclotella</i>	0,750	0,333
Groupe 1 <i>Cyanobium</i>	0,877	0,667
<i>Rhodomonas</i>	0,941	0,381

Tableau 5 : Taxons indicateurs principaux en combinant les différents groupes entre eux — méthode *Multipatt*

Malgré le changement fréquent de cortège sur une même station, pour certains taxons, les valeurs A (spécificité) et B (fidélité) et par conséquent la valeur d'indication ($Indval = A \times B$) restent élevées pour quelques taxons.

Cette première approche par les taxons, pour la majorité au niveau espèce ou genre, n'est peut-être pas la mieux adaptée pour l'utilisation du phytoplancton dans le cas présent. D'autres approches pourraient être testées en utilisant les traits par exemple.

Conclusion

Cette première approche a permis de confirmer que l'utilisation des diatomées pour le diagnostic des eaux de transition de La Réunion est pertinente :

- facilité de mise en place et de collecte,
- obtention de matériel d'observation et comptage à partir de méthodes éprouvées
- relation avec la qualité de l'eau concernant notamment le phosphore et l'azote de différentes espèces qui peuvent se retrouver sur différents sites.

Un temps de résidence des supports dans l'eau de six semaines et un à deux (août/septembre et novembre/décembre) prélèvements dans l'année semblent appropriés. Des diatomètres comportant 6 lames en verre semblent suffire pour avoir assez de matériel.

D'autres approches peuvent aussi être testées à partir des genres ou des traits ou en faisant intervenir d'autres paramètres que ceux liés directement au niveau espèce.

Le suivi du phytoplancton, plus facile en ce qui concerne les prélèvements par la non-nécessité de station à installer, semble plus complexe à interpréter avec un changement fréquent de cortège sur la plupart des stations suivies pourtant avec des pas de temps court. Le suivi de 2022 confirmera ou pas ce changement régulier de cortège d'espèces. D'autres approches pourront aussi être testées en déplaçant la limite taxinomique, en s'intéressant aux traits, ou à d'autres paramètres comme la profondeur du disque de secchi ou la concentration en chlorophylle a mesuré in situ...

BIBLIOGRAPHIE

- Coste M. (1994) *Sur l'utilisation des diatomées dans le diagnostic biologique de la qualité des eaux courantes — Intérêts et limites des indices*. Séminaire national 2 et 3 novembre 1994, Paris : Les variables biologiques : des indicateurs de l'état de santé des écosystèmes aquatiques. pp 136–152.
- De Cáceres, M. & Legendre, P. (2009) Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology* 90 : 3566–3574.
- De Cáceres, M., Legendre, P. & Moretti, M. (2010) Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119 : 1674–1684.
- 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.
- Dufrène, M. & Legendre, P. (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67 : 345–366.
- Eulin A., Gassiole G., Lefrançois E., Delmas F., Coste M., Boutry S. et Monnier O. (2018) Guide méthodologique pour la mise en œuvre d'indices biologiques en outre-mer : l'indice diatomique Réunion. Guides et protocoles. Agence Française pour la Biodiversité. pp.74, 2018
- Hürlimann J. et Niederhäuser P. (2007) Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). Etat de l'environnement n° 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.
- R Core Team 2021. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Round, F. E. (1993) *A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality*. *Methods for the examination of water and associated materials*. HMSO Publications, London. pp. 65.
- Tsiripidis, I., Bergmeier, E., Fotiadis, G. & Dimopoulos, P. (2009) A new algorithm for the determination of differential taxa. *Journal of Vegetable Science* 20 : 233–240.