

CRIOBE

Centre de Recherche Insulaires et
Observatoire de l'Environnement
USR 3278 CNRS-EPHE-UPVD
98729 MOOREA

Pour

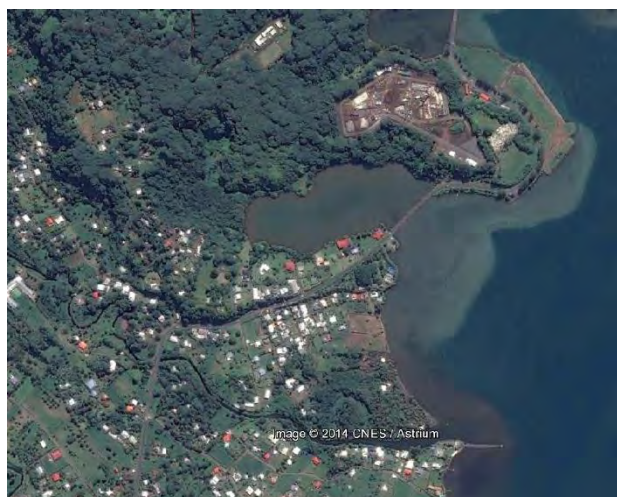
SEP

Société d'Environnement Polynésien
Tahiti – Polynésie Française



BAIE DE PORT PHAETON – TAHITI BILAN ENVIRONNEMENTAL ET SUIVI DU MILIEU Etude complète de juillet 2014

VOLUME RESUME



Vetea LIAO
Yannick CHANCERELLE
Serge PLANES
Octobre 2014

SOMMAIRE

1. CADRE INSTITUTIONNEL ET OBJECTIF DU BILAN ENVIRONNEMENTAL.....	3
2. MATERIEL ET METHODES	6
2.1. Présentation du site.....	6
2.2. Echantillonnage et méthodologie	6
3. RESULTATS DU BILAN ENVIRONNEMENTAL 2014	11
4. SYNTHESE ET CONCLUSIONS.....	25
4.1. Comparaisons de l'ensemble des bilans depuis 1998	25
4.1.1. Courantologie de la baie et débits des rivières.....	25
4.1.2. Colonne d'eau	25
4.1.3. Sédiments.....	28
4.1.4. Peuplements benthiques.....	29
4.2. Impact potentiel des nouveaux aménagements réalisés depuis 1998.....	30
4.3. Conclusion générale et perspectives	31

REMARQUE PARTICULIERE SUR LE PRESENT VOLUME

Il est important de retenir que ce volume résumé ne contient pas l'ensemble des données et des interprétations réalisées dans le cadre de l'étude "Baie de Port Phaéton-Tahiti: Bilan environnemental et suivi du milieu- Etude complète de juillet 2014-Volume principal". Ce volume résumé ne présente qu'une sélection des principaux résultats et des principales interprétations. Certaines conclusions sont étayées par des résultats ne figurant que dans le volume principal.

1. CADRE INSTITUTIONNEL ET OBJECTIF DU BILAN ENVIRONNEMENTAL

Suite à l'implantation du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Paihoro en 1998, une étude environnementale de la baie de Port Phaéton et un protocole de suivi ont été mis en place par la Société d'Environnement Polynésien (SEP).

Le premier bilan environnemental et la proposition de suivi ont été réalisés par l'Association Naturalia et Biologia (NEB, agissant pour le compte du laboratoire « Ecosystèmes Aquatiques Tropicaux et Méditerranéens » de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes) en juillet 1998. Depuis 2010, le suivi est réalisé par le CRIOBE (Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement). Depuis la première étude de 1998, deux types de bilans sont réalisés afin de suivre l'évolution de l'état de santé de la baie et des principales rivières qui s'y jettent. Les « bilans complets » (ou « études complètes ») concernent l'ensemble des descripteurs de la colonne d'eau, des sédiments, et des peuplements benthiques, et sont réalisés tous les 2 ans environ (des difficultés logistiques ou des demandes de la SEP ont légèrement modifié ce calendrier). Les « bilans intermédiaires » (ou « études intermédiaires ») concernent la colonne d'eau uniquement et un nombre plus restreint de sites d'étude. A ce jour, 9 bilans complets (juillet 1998, juillet 2000, novembre 2001, septembre 2004, décembre 2006, novembre 2008, juillet 2010, août 2012 et juillet 2014) et 2 bilans intermédiaires (mars 2003 et décembre 2005) ont été réalisés par NEB et par le CRIOBE. Par ailleurs, un complément d'étude effectué en février 2000 s'est exclusivement intéressé aux rivières de la baie de Port Phaéton (tableau 1)

Ce rapport présente les résultats du 9^{ème} bilan complet du suivi environnemental de la baie de Port Phaéton, réalisé en juillet 2014. Conformément aux accords passés avec la SEP, un rapport « volume principal », est transmis à la SEP. Le « volume principal » présente et analyse l'ensemble des résultats issus des prospections de juillet 2014, et examine les variations temporelles (comparaisons entre les bilans complets et intermédiaires précédents). Le volume « résumé » (présent rapport), plus concis car destiné à une plus grande diffusion, synthétise le volume principal en reprenant les principaux résultats et interprétations des prospections de juillet 2014. Par soucis d'homogénéité et pour faciliter la lecture et la compréhension de l'ensemble des bilans environnementaux depuis 1998, le rapport du bilan « Baie de Port Phaéton (2014) » de juillet 2014, reprend le même type de plan et de présentation des résultats que ceux des rapports des bilans précédents.

L'objectif principal de cette étude de 2014 est d'établir la situation écologique de la baie de Port Phaéton, et d'estimer l'évolution de l'état de santé de son écosystème marin et de ses principales rivières. L'analyse de cette évolution est en partie basée sur la comparaison des résultats des bilans complets et intermédiaires précédents. Il est à noter que l'ensemble des bilans adopte une méthodologie (stratégie d'échantillonnage et méthodes d'analyses des descripteurs) similaire dans ses grandes lignes, malgré quelques changements contraints ou

décidés conjointement entre la SEP et le CRIOBE. Les analyses hydrologique et les analyses de sédiments ont été effectuées autant que possible dans les mêmes laboratoires, afin de limiter le biais dû aux techniques analytiques, et pour garder ainsi la continuité nécessaire aux comparaisons. Néanmoins, certaines comparaisons doivent être interprétées avec beaucoup de précautions. En effet, les différences constatées entre les bilans peuvent être expliquées, en dehors de la variabilité « naturelle » ou de celles dues à d'éventuelles perturbations engendrées directement ou indirectement par les activités humaines, par des variations, même légères, dans l'échantillonnage et/ou les méthodes d'analyses.

Tableau 1 : Résumé des études effectuées depuis juillet 1998 dans le cadre du suivi environnemental de la baie de Port Phaéton.

Type de bilan	Date des prospections	Contenu de l'étude	Date de remise et type de rapport
Bilan complet (étude initiale)	Juillet 1998	Hydrologie Analyse des sédiments Peuplements benthiques	Octobre 1998 2 rapports : volume principal et volume résumé
Etude complémentaire sur les rivières	Février 2000	Hydrologie des rivières	Juin 2000 1 rapport
Bilan complet	Juillet 2000	Hydrologie Analyse des sédiments Peuplements benthiques	Février 2001 2 rapports : volume principal et volume résumé
Bilan complet	Novembre 2001	Hydrologie Analyse des sédiments Peuplements benthiques	Juin 2002 2 rapports : volume principal
Bilan intermédiaire	Mars 2003	Hydrologie	Juillet 2003 1 rapport
Bilan complet	Septembre 2004	Hydrologie Analyse des sédiments Peuplements benthiques	Mars 2005 2 rapports : volume principal et volume résumé
Bilan intermédiaire	Décembre 2005	Hydrologie	Février 2006 1 rapport
Bilan complet	Décembre 2006	Hydrologie Analyse des sédiments Peuplements benthiques	Août 2007 2 rapports : volume principal et volume résumé
Bilan complet	Novembre 2008	Hydrologie Analyse des sédiments Peuplements benthiques	Juin 2009 2 rapports : volume principal et volume résumé
Bilan complet	Juillet 2010	Hydrologie Analyse des sédiments Peuplements benthiques	Novembre 2010 2 rapports : volume principal et volume résumé
Bilan complet	Août 2012	Hydrologie Analyse des sédiments Peuplements benthiques	Novembre 2012 1 rapports : volume principal
Bilan complet	Juillet 2014	Hydrologie Analyse des sédiments Peuplements benthiques	Octobre 2014 2 rapports : Volume principal et volume résumé

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation du site

La baie de Port Phaéton, localisée dans la partie sud-est de Tahiti, entre l'île principale et la presqu'île, forme une échancrure profonde dans l'isthme de Taravao. A la différence d'autres baies de Polynésie française, telles que les baies d'Opunohu et de Cook sur l'île de Moorea, la baie de Port Phaéton est très découpée, formant ainsi de nombreuses anses. La baie communique avec l'océan par la passe Teputa, profonde de 50m, et rejoint les récifs frangeant lagonnaires au niveau du récif de Manini à l'ouest et du récif de Toahautu à l'est (Figure 1). Les eaux de la baie sont donc en communication directe avec l'océan et avec le lagon de la presqu'île et de l'île principale. On notera la présence d'un grand récif immergé (récif Matuu) à proximité de la passe Teputa. La superficie de la baie de Port Phaéton est de l'ordre de 5 km² et le volume d'eau avoisine 58 millions de m³. Environ 4450m séparent le fond de la baie et la passe, alors que la plus grande largeur est de l'ordre de 2200m. Les profondeurs maximales dans la baie sont de 30m dans la partie sud, mais une grande partie de la est peu profonde (< à 10m), notamment la partie nord.

Depuis le début de nos prospections en 1998, la physionomie de la baie et de son littoral a subi quelques changements importants : une marina a construite en 2004 au niveau de la pointe Teonetea, en 2005, une grande surface boisée aux abords de la rivière Oopu a été aménagée pour y construire des habitations et commerces. Entre 2010 et 2012, le profil de la rivière Tevihonu (anciennement Umeamea) a aussi beaucoup changé avec notamment la réalisation d'un remblai ayant pour conséquence la réduction de la largeur du lit de la rivière à l'endroit où les mesures sont effectuées et dont des travaux récent ont encore été observés en 2014. En 2012, l'aménagement d'un grand centre commercial a nécessité la réalisation de chantiers de tailles relativement conséquente, néanmoins le bilan de 2012 n'a révélé aucunes dégradations majeures liées à ces travaux.

2.2. Echantillonnage et méthodologie

Le bilan environnemental de juillet 2014 concerne le secteur géographique délimité par les masses d'eau de l'anse de Port Phaéton et de Tehipa, de la pointe Oneroa à la pointe Poriro (Figure 1).

Le bilan de juillet 2014 a concerné les mêmes stations qu'en 1998, 2000, 2001, 2004, 2006, 2008, 2012, et 2012 : 12 stations ont été réparties dans la baie (on parlera de stations « lagonnaires ») de manière à couvrir l'ensemble de la baie et ses différents habitats, et 4 stations ont été établies aux 4 principales rivières (on parlera de station de « rivières»), conformément aux conclusions de notre étude complémentaire sur les rivières réalisée en février 2000 (Adjeroud et Salvat 2000). La localisation des 16 stations d'études est indiquée sur la figure 2.

Les descripteurs retenus pour le bilan de 2014, similaires à ceux des précédents bilans complets, sont :

- la courantologie de surface de la baie et les débits des rivières ;
- l'hydrologie des eaux de surface dans la baie et les rivières : température, salinité et conductivité, pH , oxygène dissous et saturation en oxygène, matières en suspension (MES), matières organiques particulaires (MOP), sels nutritifs (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, silice), chlorophylle et phéophytine a et pourcentage de chlorophylle active et bactériologie (Escherichia coli et entérocoques) ;
- les caractéristiques biogéochimiques des sédiments de surface dans la baie et les rivières : granulométrie, matière organique totale, carbone organique, azote organique, métaux lourds (fer, zinc, plomb, chrome, cuivre, nickel, cadmium, mercure) et pesticides (dichlorvos, malathion, bromophos, chlorpyriphos-ethyl, diazinon) ;
- l'état des peuplements macrobenthiques dans la baie : coraux, algues, mollusques et échinodermes ainsi que l'abondance des coraux et des algues ;

Comme pour le bilan de 2010 et 2012, une campagne de mesures hydrologiques de deux jours a été réalisée, à deux profondeurs différentes (une en surface et une en profondeur pour chacune des stations) pour les stations de lagon par contre une seule mesure a été prise pour les stations de rivières. En accord avec le laboratoire d'analyses des paramètres hydrologiques (Bactériologie, Matière Organiques Particulaires, Chlorophylle et Phéophytine) les prélèvements ont été réalisés sur deux jours. Une première campagne de prélèvement d'eau (Bactériologie, Sels nutritifs, Matière Organique particulaire, Matière en suspension, Chlorophylle, Phéophytine) et des paramètres physico-chimique (Température, salinité, pH, conductivité, oxygène dissous) a été réalisée le 16 juillet 2014 sur l'ensemble des stations lagunaires: L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11 et L12 et le 18 juillet 2014 pour les stations de rivières. Les prélèvements de sédiment et les mesures restantes (Transparence, courantologie, abondance et richesse spécifique du benthos) ont été réalisées le 17 juillet 2014 pour les stations lagunaires et le 15 juillet pour les stations de rivières. Les vitesses de courants des rivières ont été mesurées les 17 et 18 juillet 2014. Durant la période du 15 au 18 juillet, l'ensemble des descripteurs (paramètres) retenus dans le cadre du contrat d'étude ont été appréhendés.

Le tableau 2 présente les différents laboratoires et les différentes équipes qui ont réalisé les analyses des descripteurs retenus dans les bilans complets depuis 1998. On notera quelques différences pour certains descripteurs physico-chimiques et pour des paramètres concernant les sédiments en 1998 et 2000 et en 2008 et 2010.

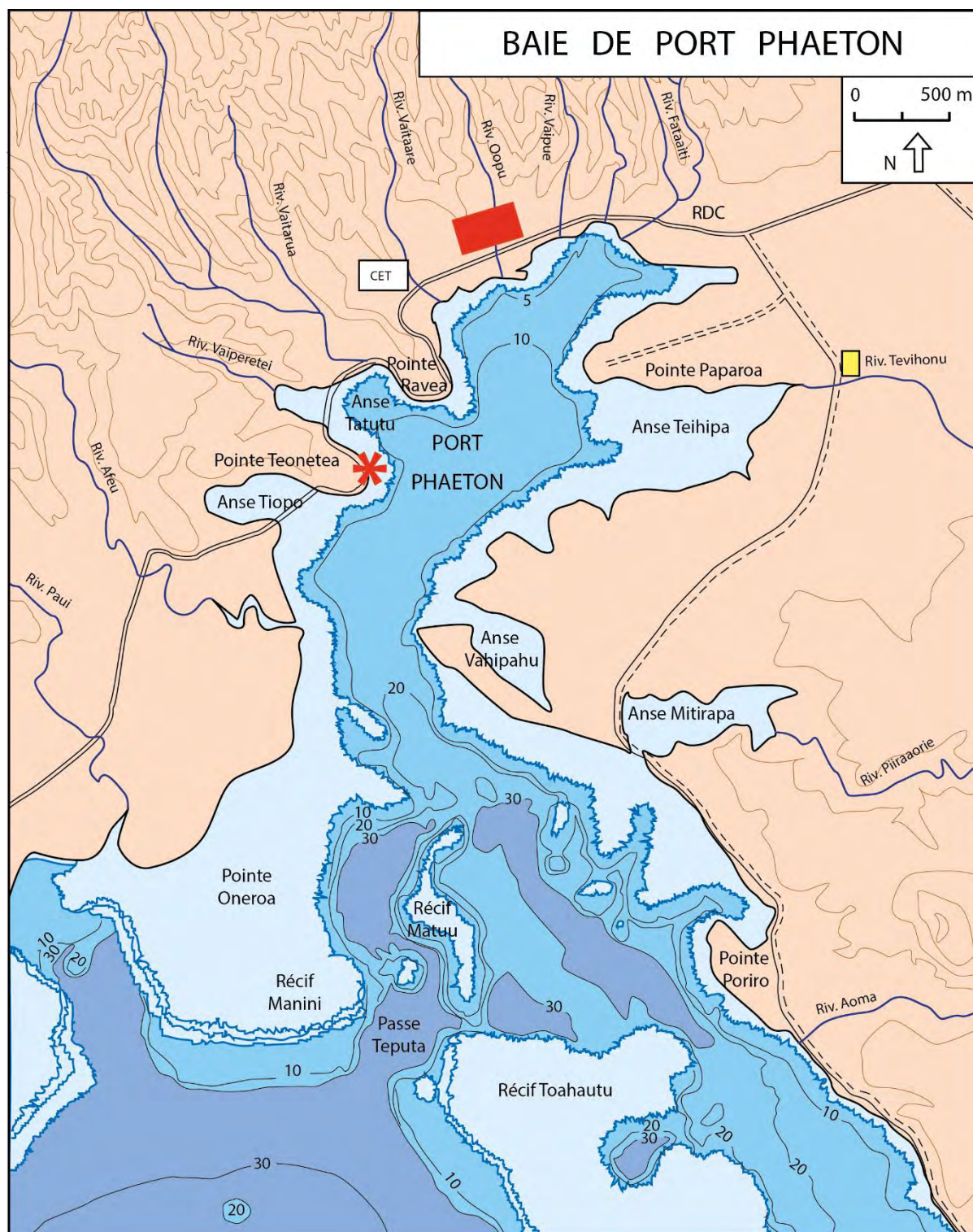


Figure 1 : Présentation générale de la baie de Port Phaéton, qui creuse la partie SW de l'isthme de Taravao, et localisation du Centre d'Enfouissement Technique (CET). En 2004, une marina a été construite au niveau de la Pointe Teonetea (étoile rouge). Par ailleurs, une grande surface boisée aux abords de la rivière Oopu a été aménagée en 2005 pour y construire des habitations et des commerces (rectangle rouge) et une zone récente de déboisement a été réalisée aux abords de la rivière Tevihonu (R1) (rectangle jaune).

Tableau 2 : Laboratoires où ont été effectuées les analyses des descripteurs physicochimiques lors des bilans complets de 1998, 2000, 2001, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 et 2014.

	Température, Salinité, conductivité, pH, oxygène, transparence, débit rivières, courantologie	MES, MOP	Sels nutritifs, bactériologie	Chlorophylle / Phéophytine	Granulométrie, M org.	N org.	C org., CaCO ₃ , C tot., C min.	Métaux lourds	Pesticides
1998	NEB	LESE	LASEA	CAIRAP	LESE	CAIRAP	CEFREM	LESE	UPF
2000	NEB	LESE	LASEA	CAIRAP	CEFREM	CEFREM	CEFREM	CNRS	UPF
2001	NEB LASEA CAIRAP	LESE	LASEA	CAIRAP	CEFREM	CEFREM	CEFREM	CNRS APAVE IP Lille	IP Lille
2004	NEB	LASEA	LASEA	CAIRAP	CEFREM	CEFREM	CEFREM	CNRS	IP Lille
2006	NEB	LASEA	LASEA	CAIRAP	CEFREM	CEFREM	CEFREM	CNRS	IP Lille
2008	NEB	LASEA	LASEA	CAIRAP	CEFREM	CEFREM	CEFREM	CNRS	IP Lille
2010	CRIOBE	CAIRAP	CAIRAP	CAIRAP	CRIOBE HILL Laboratory	HILL Laboratory	HILL Laboratory	HILL Laboratory	HILL Laboratory
2012	CRIOBE	CAIRAP	CRIOBE CAIRAP	CAIRAP	CRIOBE HILL Laboratory	HILL Laboratory	HILL Laboratory	HILL Laboratory	HILL Laboratory
2014	CRIOBE	CAIRAP	CRIOBE CAIRAP	CAIRAP	CRIOBE HILL Laboratory	HILL Laboratory	HILL Laboratory	HILL Laboratory	HILL Laboratory

NEB : Naturalia Et Biologia ; LESE : Laboratoire d'Etudes et de Surveillance de l'Environnement, Tahiti (les analyses y sont faites en collaboration avec NEB) ; CEFREM : Centre de Formation et de Recherches sur l'Environnement Marin, Perpignan; CAIRAP : Centre d'Analyses Industrielles et de Recherches Appliquées pour le Pacifique, Tahiti ; CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique, Vernaison ; UPF : Université de la Polynésie Française ; LASEA : Laboratoire d'Analyses de Salubrité des Eaux et des Aliments, Institut Louis Malardé, Tahiti ; IP Lille : Institut Pasteur, Laboratoire Eau et Environnement, Lille ; APAVE, Châteauneuf Les Martigues ; CRIOBE : Centre de Recherches Insulaires et OBServatoire de l'Environnement, Moorea.

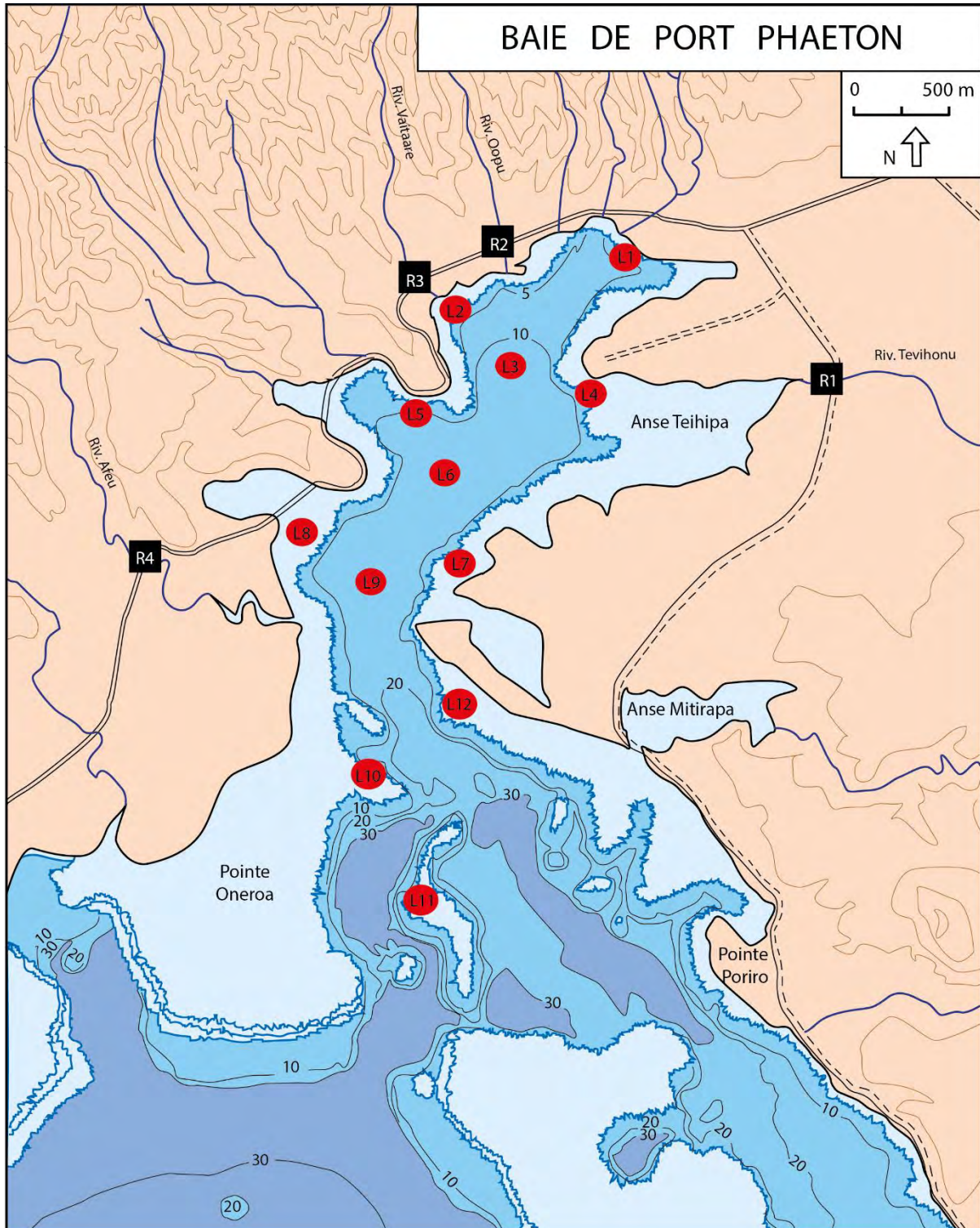


Figure 2 : Localisation des stations d'étude, soit 12 stations lagunaires (cercles rouges) et 4 stations de rivière (carrés noirs).

3. RESULTATS DU BILAN ENVIRONNEMENTAL 2014

Comme pour les rapports des précédents bilans, les principaux résultats sont présentés sous deux formes : 1) des cartes où les résultats obtenus à chaque station sont inscrits dans des rectangles placés sur une carte de la baie (Figure 4 par exemple) ; 2) des cartes où les résultats sont indiqués dans des cercles dont la taille est proportionnelle aux valeurs (Figure 5 par exemple). Dans ce chapitre de résultats, nous avons également convenu de présenter préférentiellement les résultats des mesures réalisées en surface afin de conserver une certaine lisibilité par rapport aux précédents bilans. Nous pensons ainsi améliorer la clarté et la concision de la présentation des résultats. En complément, l'ensemble des résultats bruts issus de tous les bilans complet et intermédiaire (1998, 2000, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2010, 2012 et 2014) est présenté dans des tableaux en annexes du volume principal. Ces tableaux synthétiques permettent d'appréhender la variation spatiale (entre les 16 stations) et temporelle (entre les 11 bilans complets et intermédiaires depuis 1998) de chaque descripteur.

Dans ce « volume résumé », seuls quelques résultats concernant les principaux descripteurs seront présentés. Il s'agit des descripteurs concernant les paramètres hydrologiques (salinité, transparence, MES, sels nutritifs, chlorophylle a, oxygène dissous), les caractéristiques biogéochimiques des sédiments (Carbone organique, azote organique, matière organique, métaux lourds, pesticides), les descripteurs bactériologiques (*Escherichia coli* et entérocoques) et l'état des peuplements benthiques (qui concernent uniquement les stations lagunaires).

Une synthèse des résultats et une conclusion finale feront l'objet du chapitre suivant (4. Synthèse et conclusions). Il s'agira de reprendre les principaux résultats du bilan de juillet 2014, de les comparer à ceux des bilans précédents et de conclure sur l'état général et les perturbations potentielles de la baie de Port Phaéton.

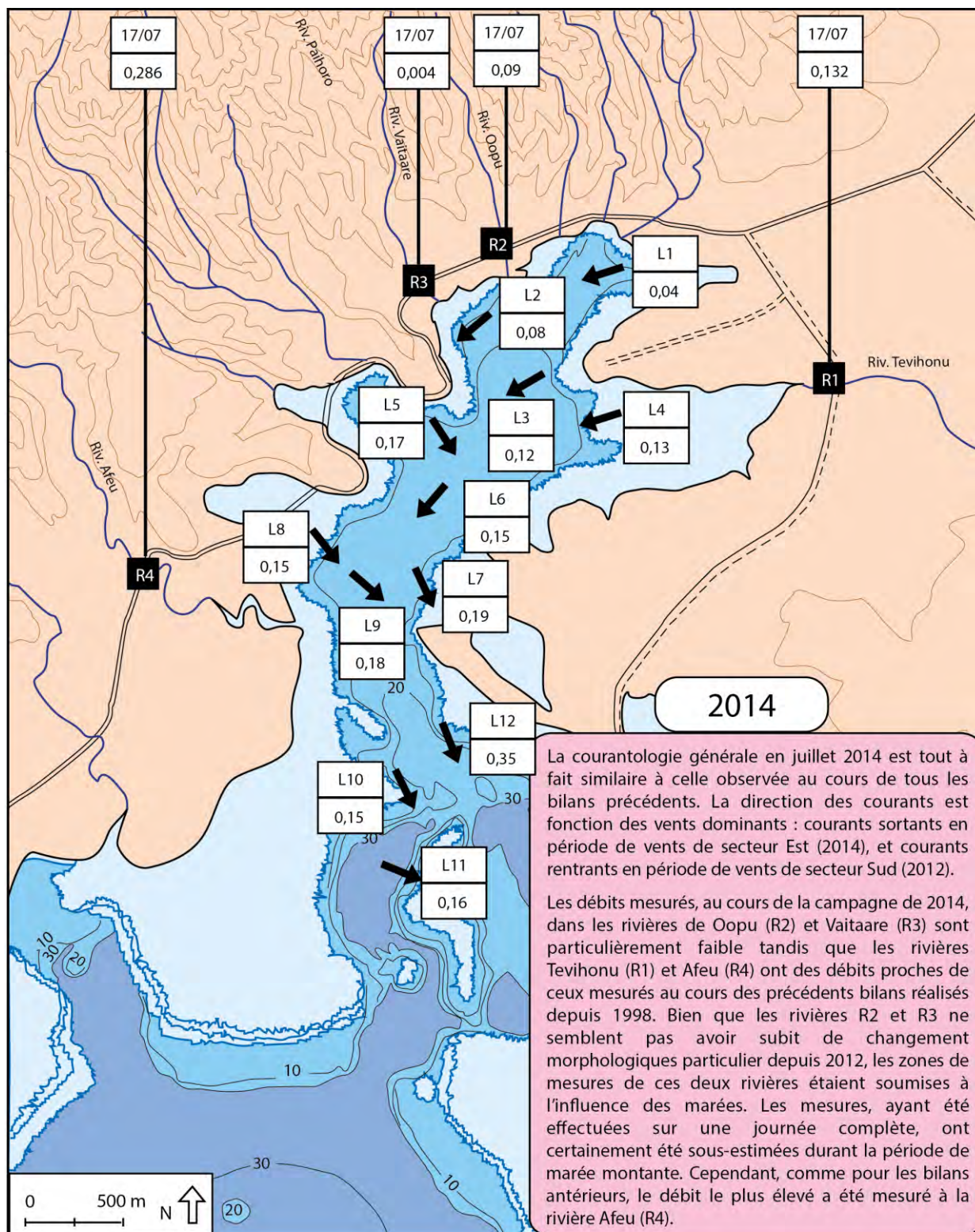


Figure 3 : Courantologie de surface dans la baie de Port Phaéton et débits moyens aux 4 rivières en juillet 2014. Les séries d'observations ont été réalisées le 17 juillet 2014. Les vitesses des courants lagonaires sont exprimées en m.s⁻¹. Les débits instantanés moyens mesurés aux 4 rivières (R1 : Tevihonu, R2 : Oopu, R3 : Vaitaare, R4 : Afeu) sont donnés en m³.s⁻¹.

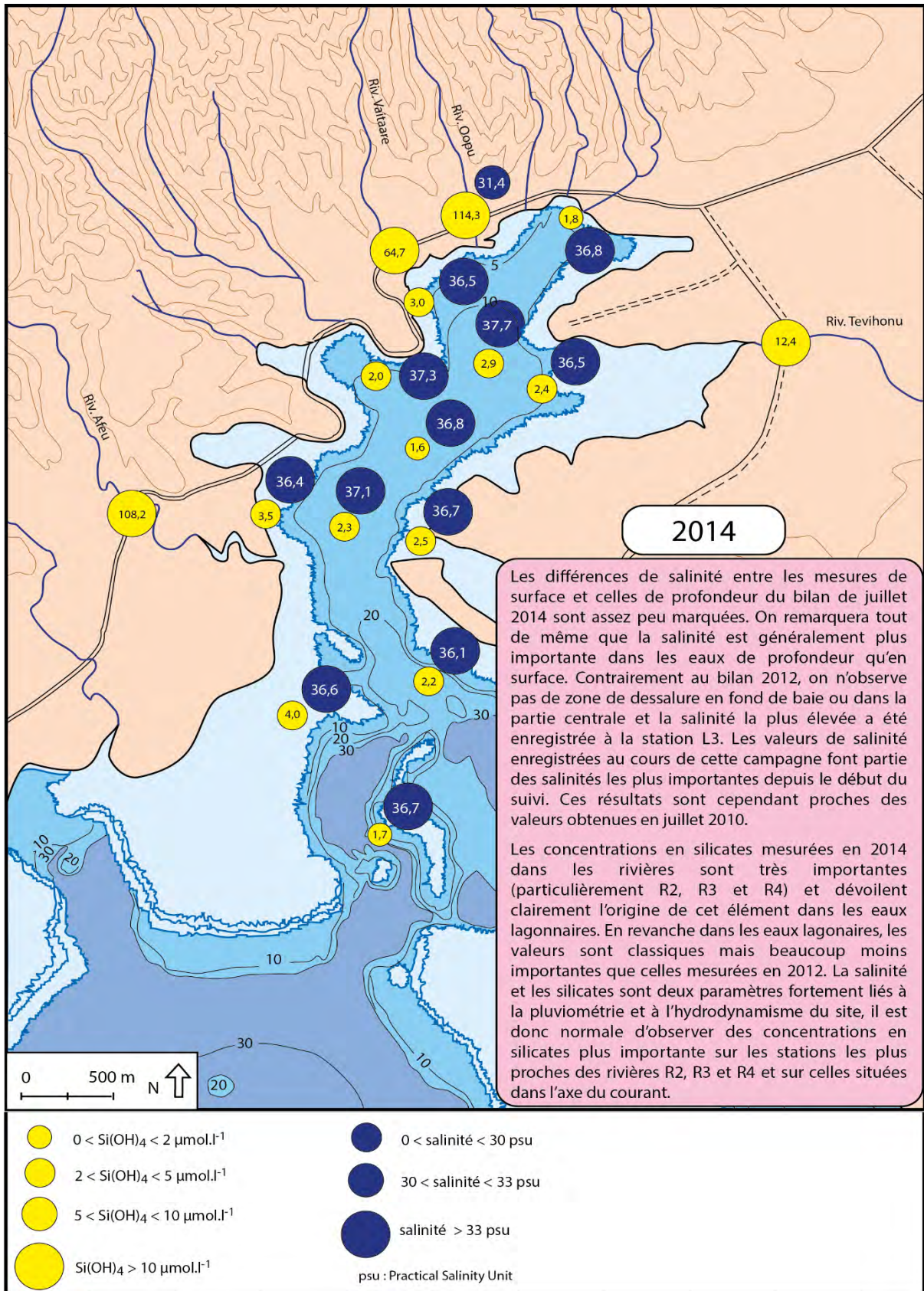


Figure 4: Salinité et concentrations en silicates des eaux de rivières et de la baie de Port Phaéton. Mesures réalisées à la surface en juillet 2014. Salinité en psu; Silicates (Si(OH)₄) en μmol.l⁻¹.

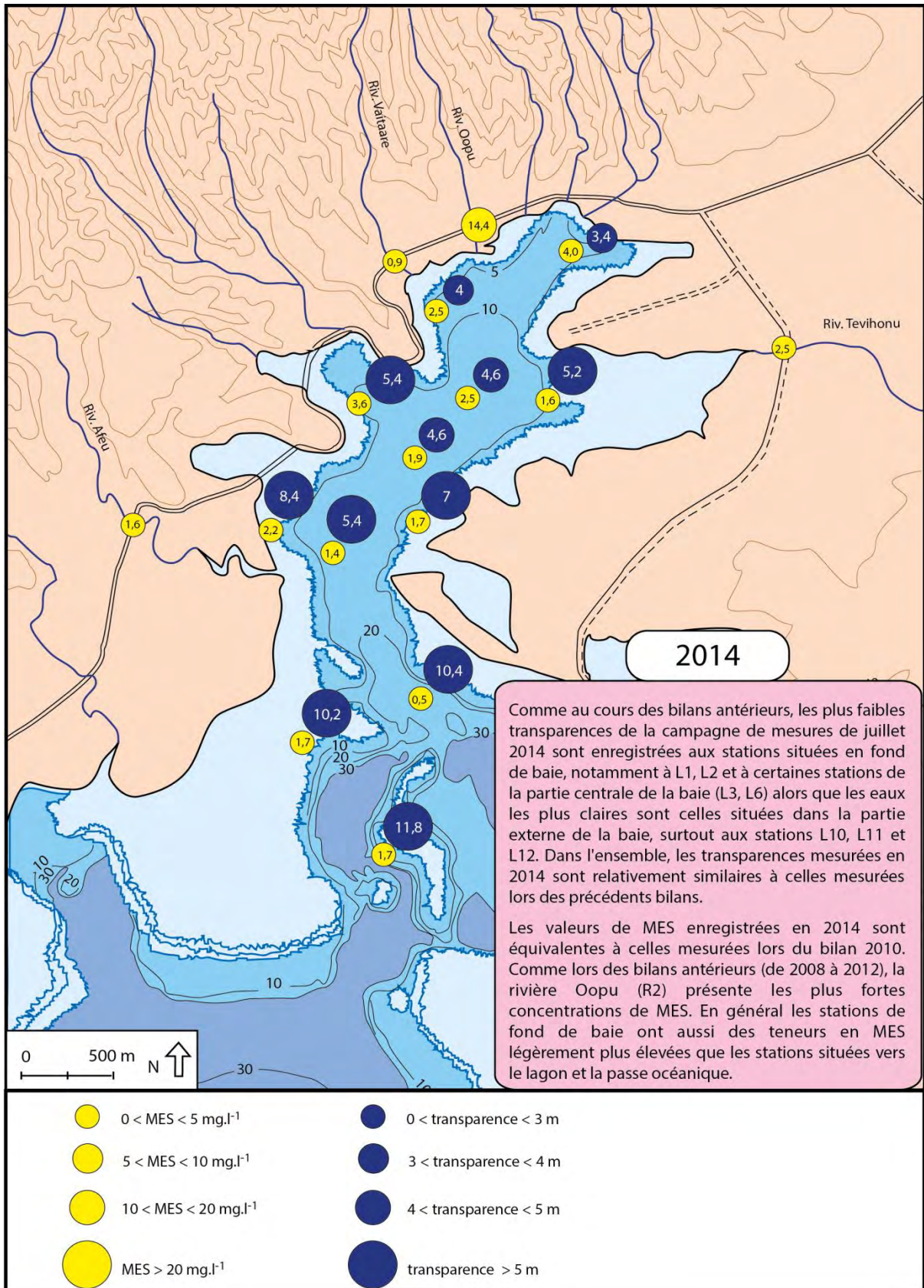


Figure 5 : Matières en suspension (MES) et transparence des eaux de rivières et de la baie de Port Phaéton. Mesures réalisées à la surface en juillet 2014. Matière en suspension en mg.l⁻¹ ; Transparence en mètres.

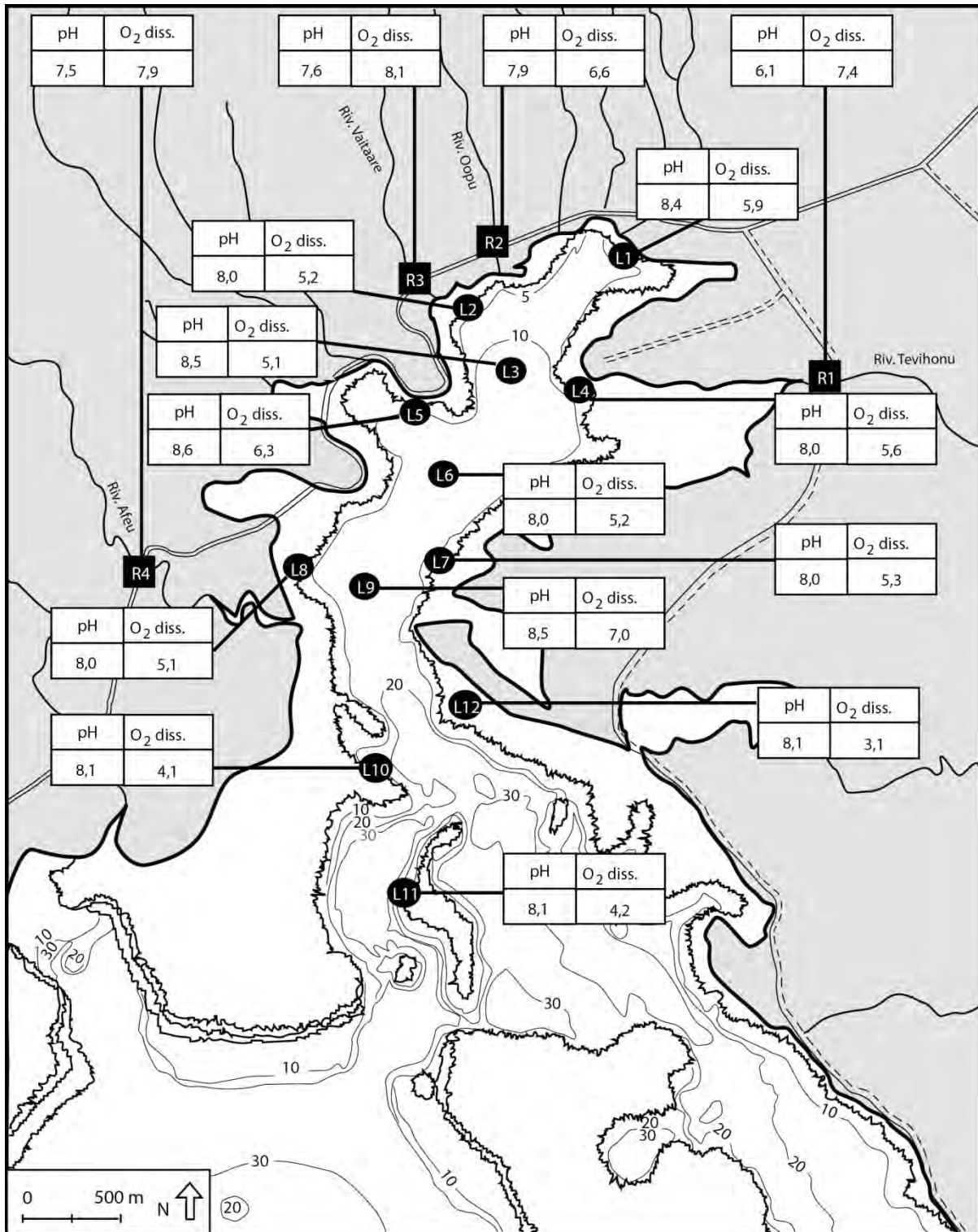


Figure 6 : pH et oxygène dissous des eaux de rivières et de la baie de Port Phaéton. Mesures de surface de juillet 2014 de O₂ dissous en mg.l⁻¹.

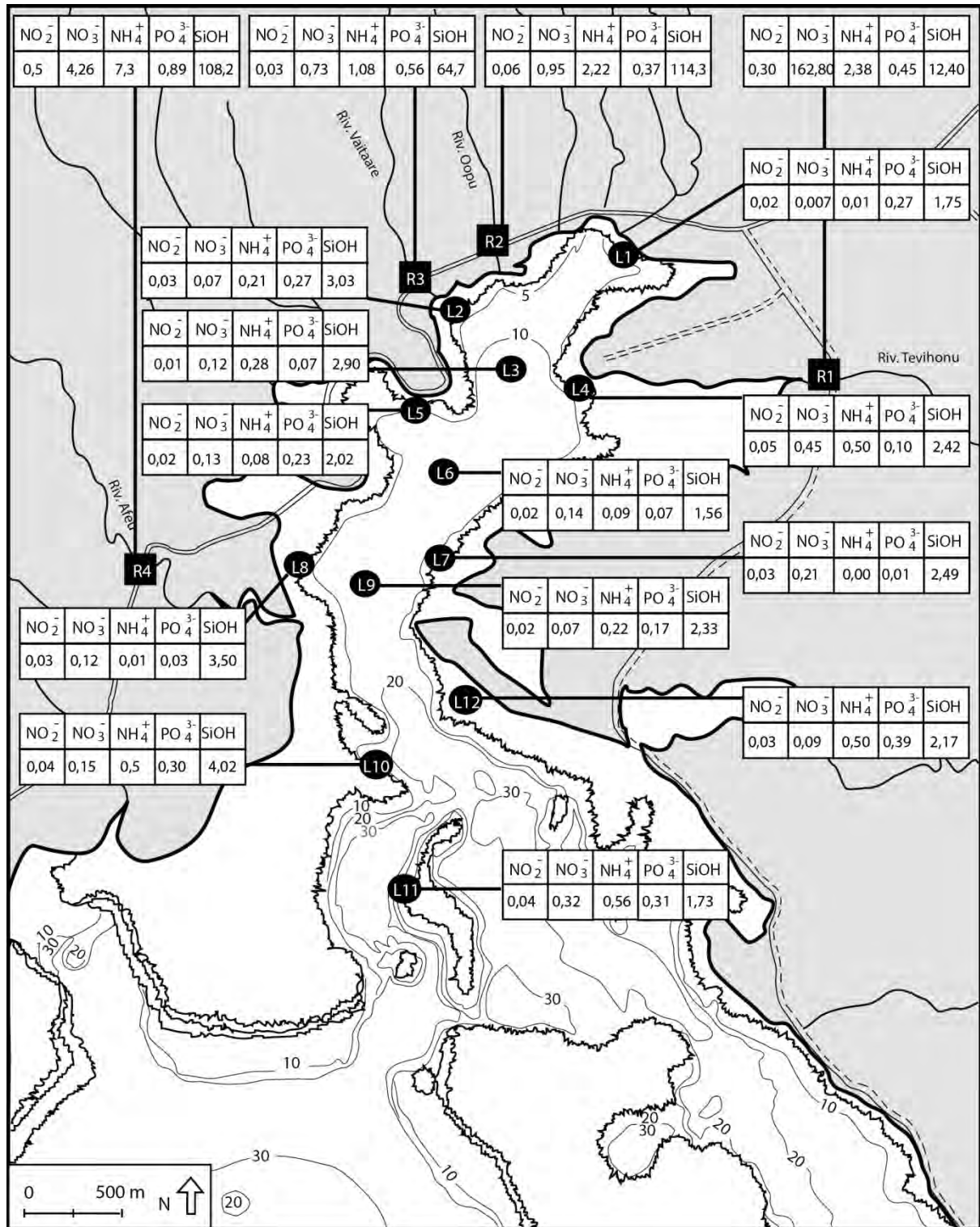


Figure 7 : Concentrations en sels nutritifs ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) dans les eaux de rivières et de la baie de Port Phaéton. Campagne de surface de juillet 2014. NO₂⁻ : nitrites ; NO₃⁻ : nitrates ; NH₄⁺ : ammonium ; PO₄³⁻ : phosphates ; Si(OH)₄ : silicates.

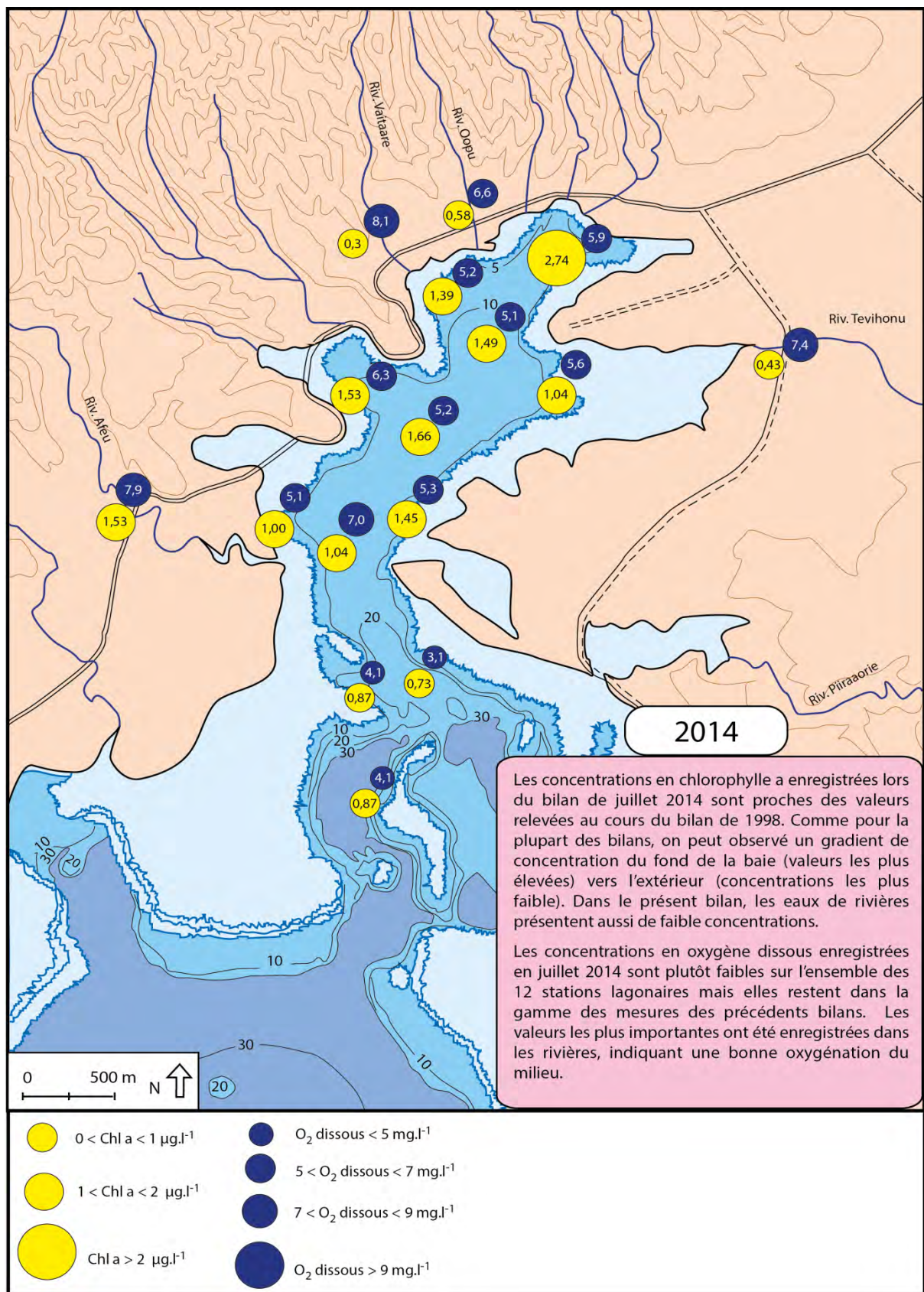


Figure 8 : Chlorophylle a et Oxygène dissous des eaux de rivières et de la baie de Port Phaéton. Campagne de juillet 2014. Les mesures ont été réalisées en surface. La chlorophylle a (Chl a) est représentée en $\mu\text{g.l}^{-1}$ et l'oxygène dissous en mg.l^{-1}

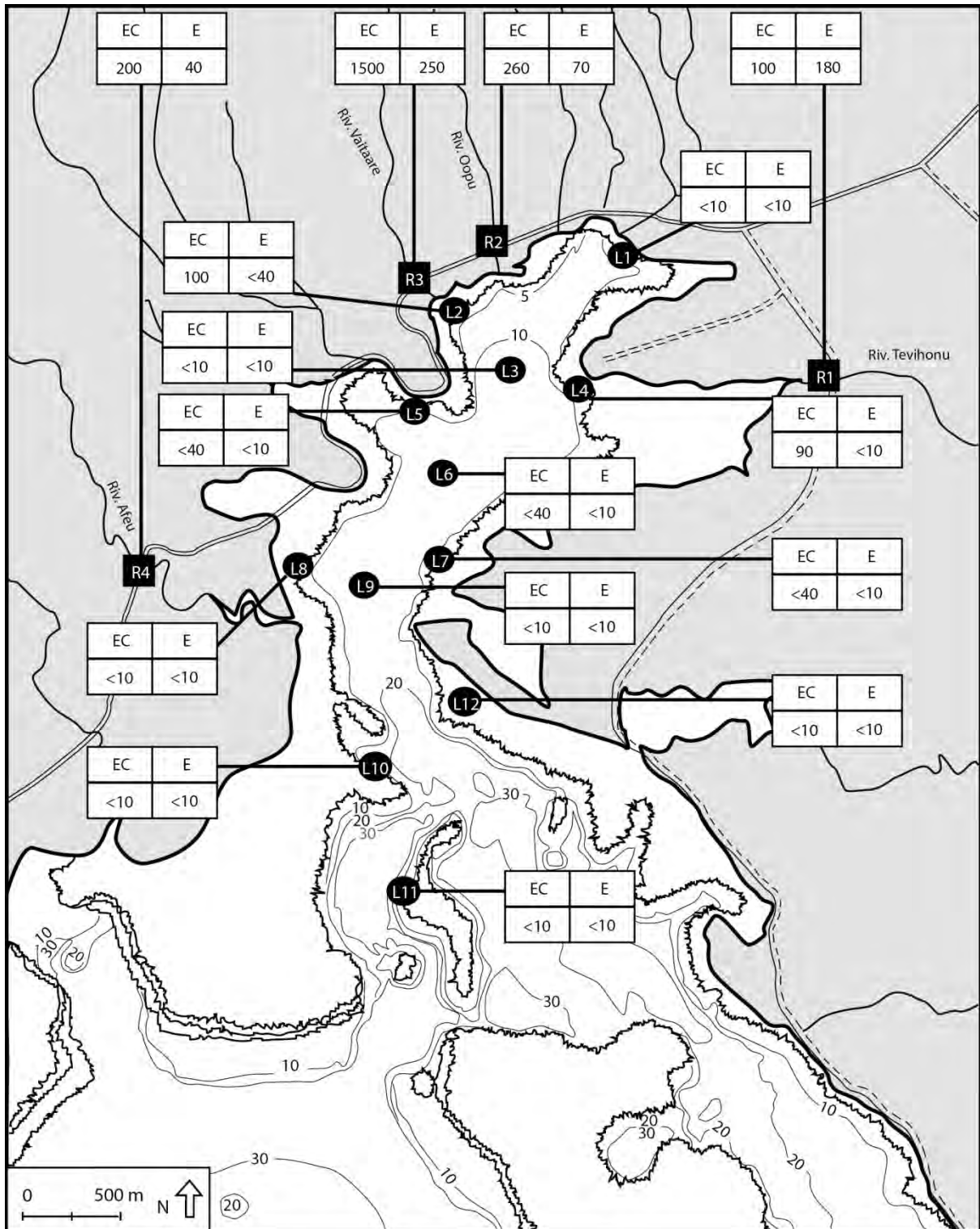


Figure 12 : Charge bactériologique des eaux de rivières et de la baie de Port Phaéton. Campagne de surface de juillet 2014. EC : Escherichia coli ; E : entérocoques ; unité : UFC (Unité Formant Colonie) par 100 ml d'eau.

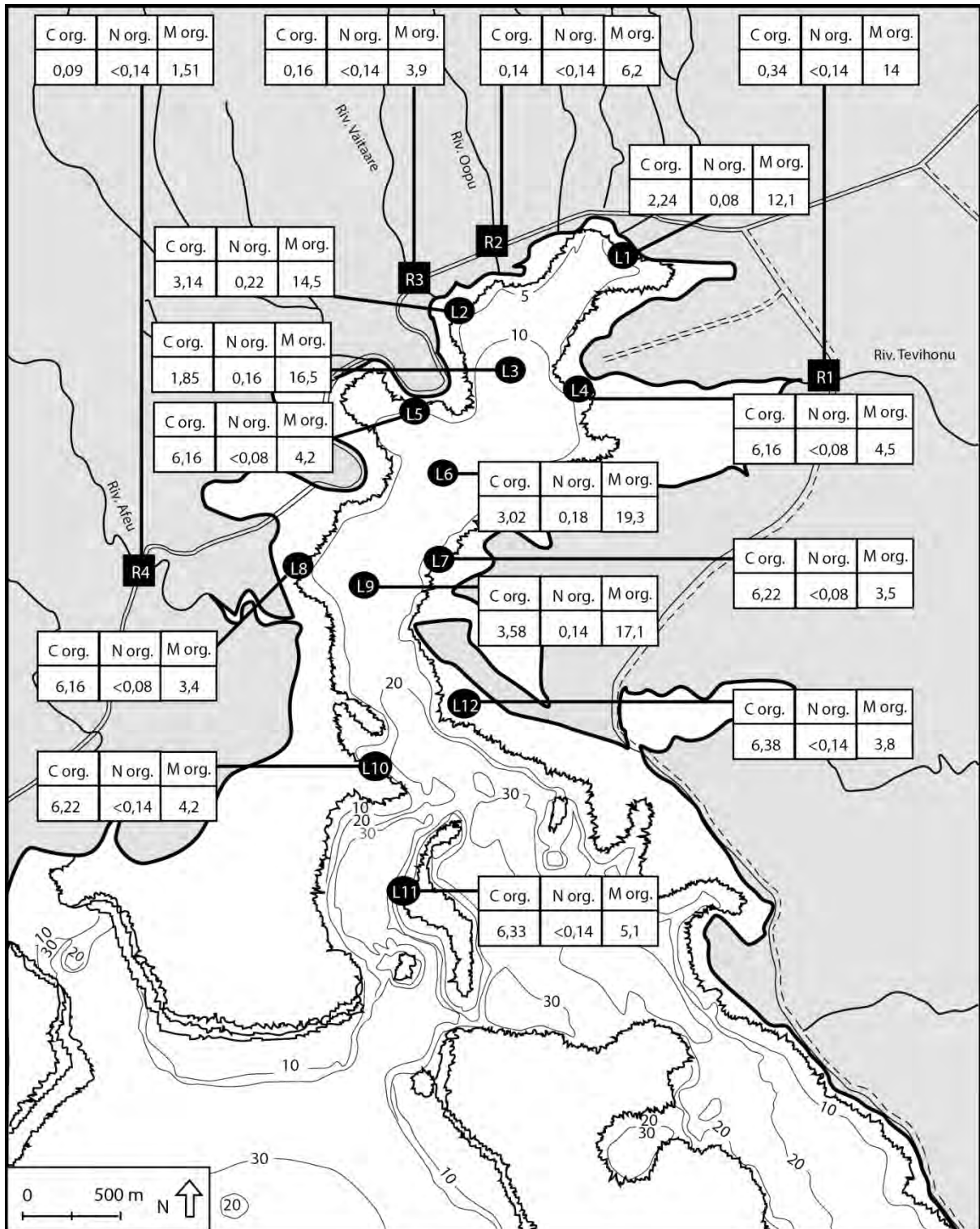


Figure 13 : Composition biogéochimique des sédiments de rivières et de la baie de Port Phaéton. Campagne de juillet 2014. C org. : carbone organique ; N org. : azote organique ; M org. : matière organique ; données en %.

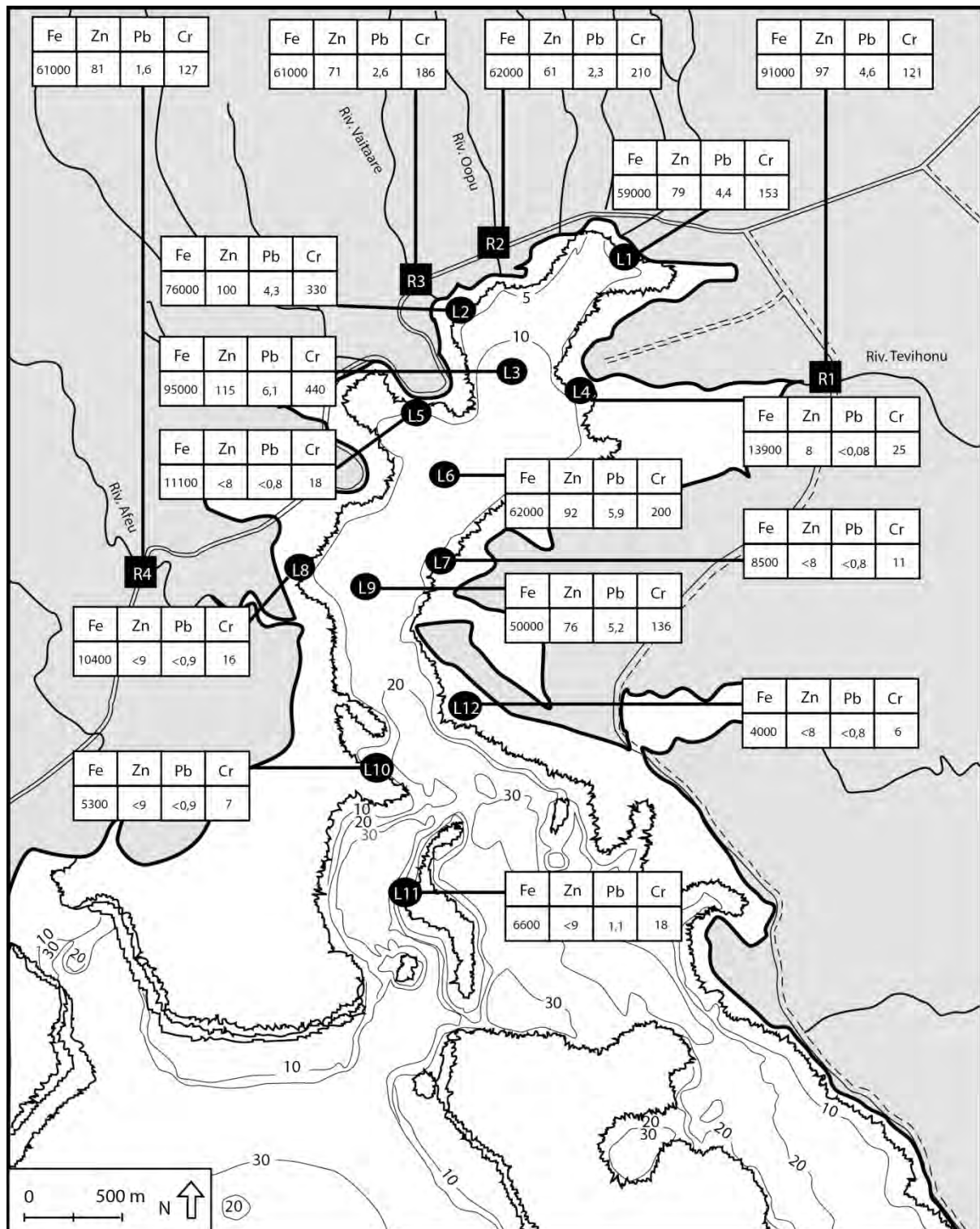


Figure 14 : Concentrations en métaux lourds (fer, zinc, plomb, chrome) dans les sédiments de rivières et de la baie de Port Phaéton. Campagne de juillet 2014. **Fe** : fer ; **Zn** : zinc ; **Pb** : plomb ; **Cr** : chrome ; données en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

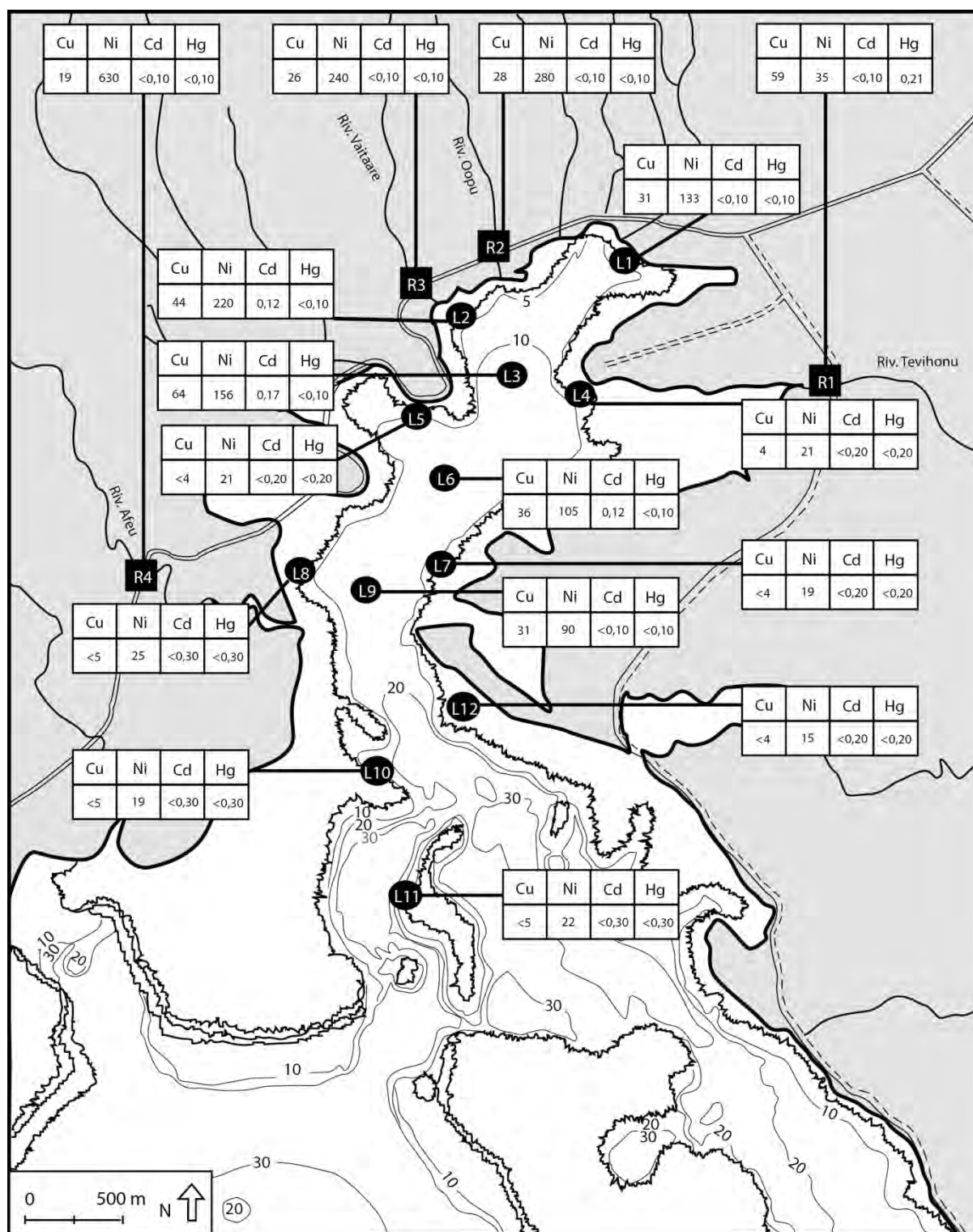


Figure 15 : Concentrations en métaux lourds (cuivre, nickel, cadmium, mercure) dans les sédiments de rivières et de la baie de Port Phaéton. Campagne de juillet 2014. Cu : cuivre ; Ni : nickel ; Cd : cadmium ; Hg : mercure ; données en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

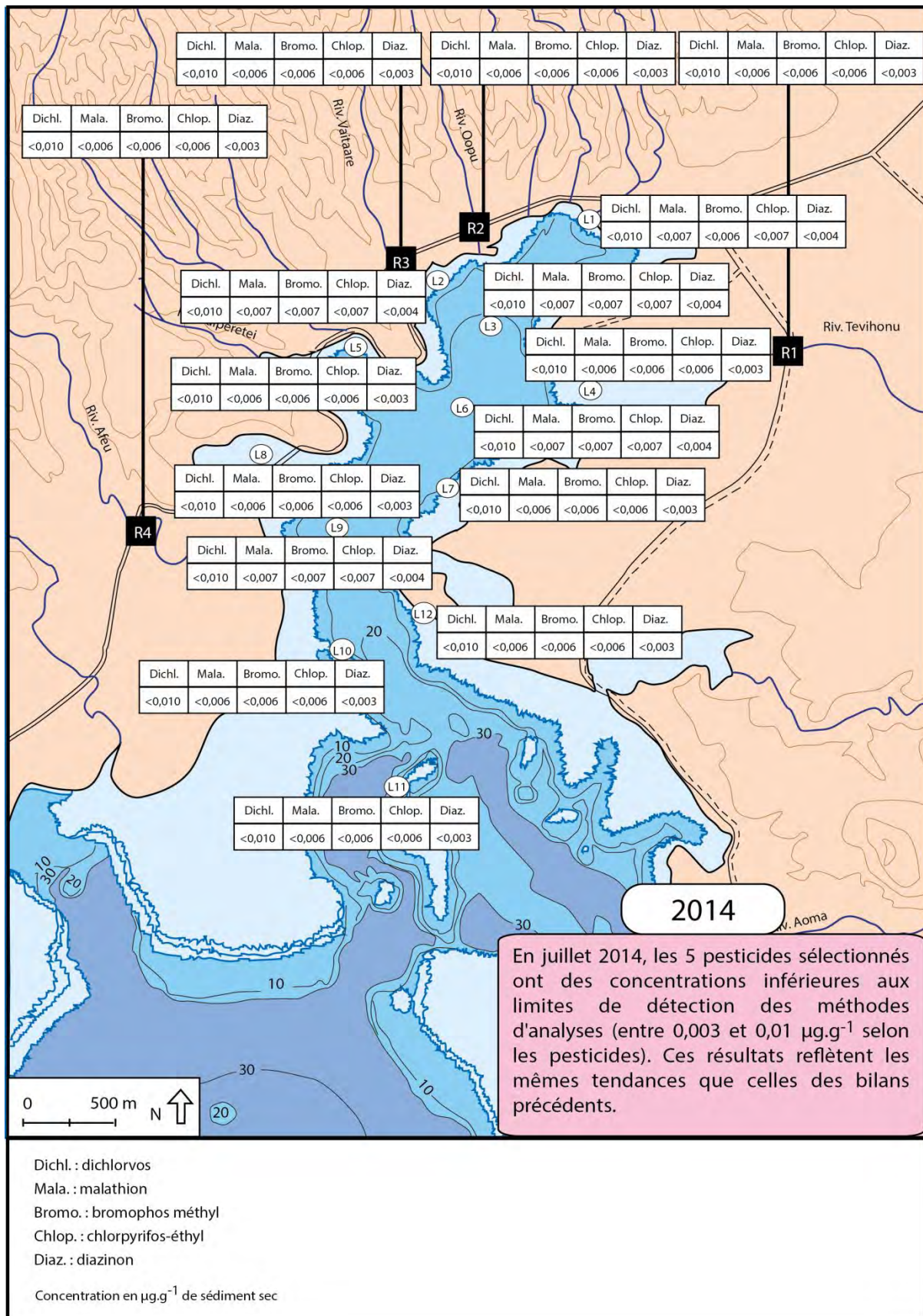
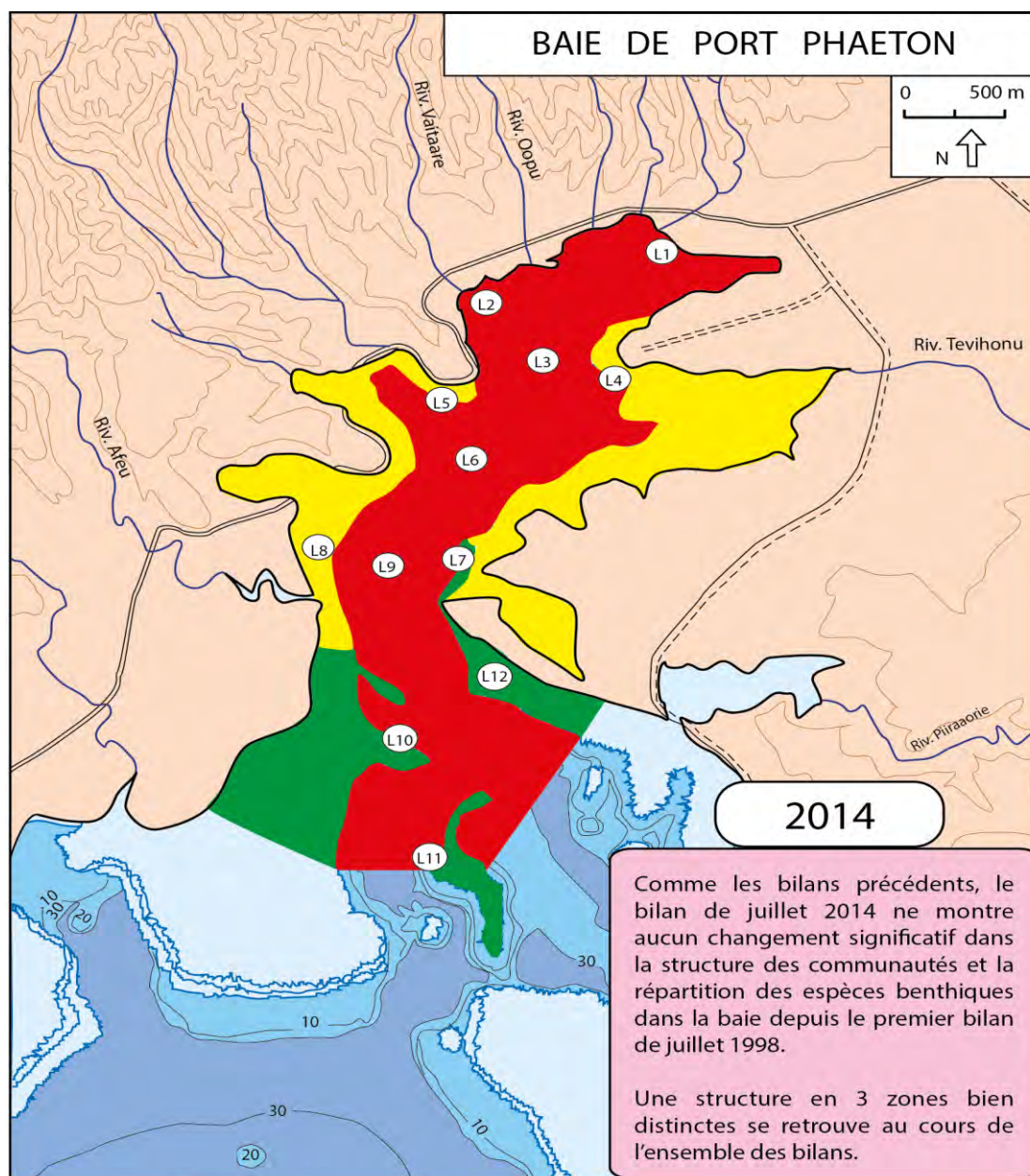


Figure 16 : Concentrations en pesticides dans les sédiments de rivières et de la baie de Port Phaéton. Données en $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de sédiment sec. Campagne de juillet 2014.



Communautés benthiques quasi-absentes
 Communautés moyennement ou peu diversifiées
 Communautés bien diversifiées, notamment pour les coraux

Richesse spécifique	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Coraux et corallimorpha	2	0	0	7	9	0	11	11	0	21	28	12
Algues	2	2	0	5	4	0	6	5	0	5	3	4
Echinodermes	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3	2	4
Mollusques	0	0	0	0	2	0	1	2	0	5	3	2

Figure 17 : Localisation des 3 principaux types de communautés benthiques dans la baie de Port Phaéton. La richesse spécifique des coraux/corallimorpha, des algues, des échinodermes et des mollusques est indiquée dans le tableau ci-dessus. Campagne de juillet 2014.

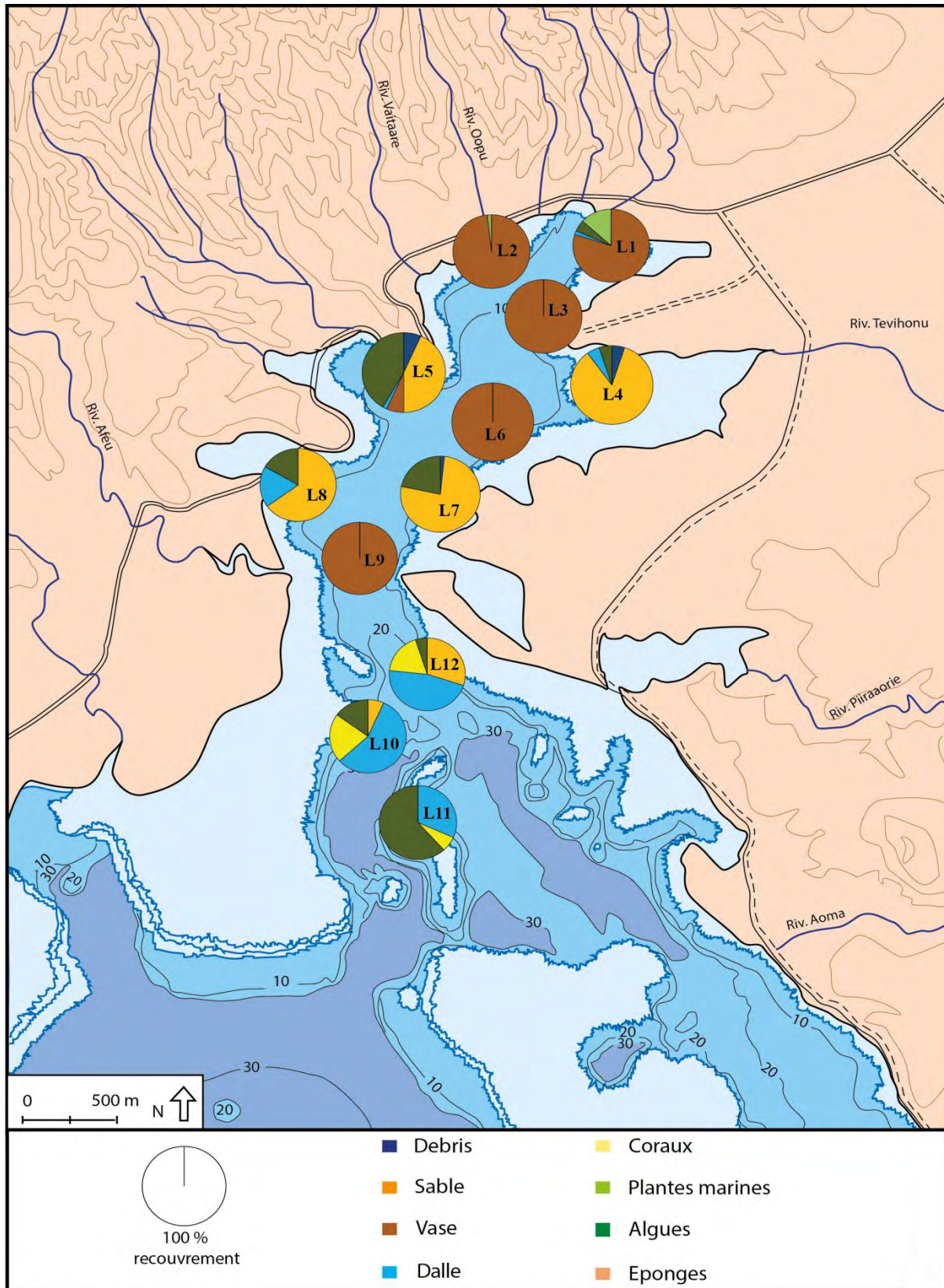


Figure 18: Pourcentage de recouvrement des différents compartiments benthiques de juillet 2014 pour l'ensemble des stations lagunaires.

4. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

4.1. Comparaisons de l'ensemble des bilans depuis 1998

Rappel : il est important de souligner que certaines comparaisons doivent être interprétées avec beaucoup de précautions. En effet, les différences constatées entre les bilans quand elles sont de faible ordre de grandeur, peuvent être expliquées, en dehors des sources de variabilité réelles, « naturelle » ou liées à d'éventuelles perturbations par les activités humaines, par des variations, même légères, dans l'échantillonnage et/ou les méthodes d'analyses. C'est le biais inhérent et incontournable lié aux limites de précision à la reproductibilité et aux seuils de détection des méthodes.

4.1.1. Courantologie de la baie et débits des rivières

Aucun changement significatif de la courantologie générale dans la baie n'est à signaler depuis les premières prospections de juillet 1998. La direction et l'intensité des courants dans la baie sont directement fonction du régime des vents et sont de deux types : 1/ courant sortants en période de vent de secteur Est ; 2/ courant rentrants en période de vent de secteur Sud.

Les mesures effectuées dans les eaux des 4 cours d'eau principaux de la baie de Port Phaéton Tevihonu (R1), Oopu (R2), Vaitaare (R3) et Afeu (R4) lors de la campagne 2014, correspondent à une période relativement sèche ce qui implique des débits faibles.

4.1.2. Colonne d'eau

4.1.2.1. Lagon

Les données collectées au cours du bilan 2014 dans les eaux lagunaires de la baie de Port Phaéton ne révèlent aucune mesure anormale pour l'ensemble des paramètres physico-chimique et varient peu par rapport aux bilans précédents (2012 et 2010). De plus, les eaux de la baie ne présentent aucune zonation particulière pour la plupart des paramètres physico-chimiques, à l'exception des paramètres liés à la turbidité (transparence et matières en suspension). Depuis le bilan de 2010, le plan d'échantillonnage permet de comparer les valeurs obtenues à la surface à celles enregistrées en profondeur. En 2014, on notera que la masse d'eau en profondeur est relativement plus stable, c'est-à-dire que l'on observe moins de variabilité spatiale par rapport, aux mêmes stations en surface en ce qui concerne la température, le pH et la salinité. En ce qui concerne les autres paramètres, on n'observe pas de tendance particulière entre les eaux de surfaces et de profondeur. En surface, on constate beaucoup de variabilité entre tous les bilans (de 1998 à 2014), notamment dans les mesures de température, salinité, transparence, matière en suspension (MES), matière organique particulaire (MOP), chlorophylle a et phéophytine a, bactériologie et pour quelques sels nutritifs. La plupart de ces

variations peuvent cependant être associées aux conditions météorologiques spécifiques à chaque campagne d'échantillonnage.

L'historique des suivis permet de constater que les variations de température sont principalement liées aux fluctuations saisonnières. Ainsi les températures les plus chaudes (28-30°C) sont naturellement mesurées durant l'été austral (Octobre à Mai) et les plus froides (25-27°C) durant l'hiver austral (Juillet à Septembre), avec des températures toujours légèrement plus froides en profondeur.

Les valeurs de salinité et la variabilité spatiale de ce paramètre dans les eaux lagunaires de la baie sont largement influencées d'une part, par l'intensité des précipitations du site au moment de l'échantillonnage et d'autre part, par le régime hydrologique (et donc du vent) associé. En 2014, les valeurs de salinité dans l'ensemble de la baie sont comprises entre 36 et 37 psu, ce qui correspond à des valeurs « normales » d'eau lagunaire. Suite à de fortes précipitations, la baie peut présenter des zones de dessalure marquées, comme précédemment observé dans certains bilans, et lors desquelles la salinité peut descendre jusqu'à 29,6 psu (valeur la plus faible enregistrée en 1998).

Le pH est le paramètre le plus stable de tous les paramètres physico-chimiques. Sur l'ensemble de la baie, depuis le bilan de 1998, le pH varie entre 7,88 (septembre 2004) et 8,63 (juillet 2014). On n'observe aucune tendance temporelle ou variabilité spatiale particulière pour ce paramètre.

En revanche, la turbidité de l'eau, représentée par les mesures de transparence et de matière en suspension, révèle en 2014 une variabilité spatiale marquée puisque les eaux des stations en fond de baie sont plus chargées que les eaux des stations situées plus à l'extérieur. Ce schéma de variabilité spatiale a été régulièrement observé au cours des bilans antérieurs mais il est aussi largement influencé par les conditions météorologiques (pluie, courant et vent). Les stations présentant constamment des eaux turbides avec peu de courant sont propices à une sédimentation importante et donc à l'accumulation de sédiment terrigène potentiellement pollué. Dans l'ensemble, les valeurs de matières en suspension et de matières organiques particulaires sont relativement faibles en 2014. La station L12 présente toutefois la concentration de MOP la plus importante, et on notera à proximité la présence d'une ferme aquacole de crevette (*Litopenaeus stylirostris*) en cage lagunaire. La valeur de MOP obtenue à cette station n'est toutefois pas exceptionnelle et ne peut être reliée que partiellement à la présence de cette ferme. La continuité du suivi permettra de confirmer l'hypothèse d'impact de cette ferme sur ce paramètre.

La chlorophylle a et la phéophytine a présentent un léger gradient spatial avec des concentrations relativement plus élevées à l'intérieur de la baie par rapport aux stations extérieures (L10, L11 et L12). Comme la plupart des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau, la chlorophylle a et la phéophytine a montrent une grande variabilité spatiale et temporelle. Cette variabilité spatio-temporelle est à mettre en relation avec la variation des conditions environnementales. Les plus fortes valeurs (chlorophylle et phéophytine) mesurées

en 2014 restent cependant du même ordre de grandeur que celles des précédents bilans et ne révèlent pas d'augmentation anormale de la biomasse phyplanctonique.

Les prélèvements bactériologiques effectués pour ce bilan 2014, montrent des concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques faibles par rapport aux précédents bilans (2010 et 2012), notamment pour les *E. coli*. En 2014, l'ensemble de la baie présente une eau de baignade de « bonne qualité ». Néanmoins l'historique des suivis révèle des charges bactériologiques importantes en 2008, 2010 et 2012, plaçant momentanément les eaux de certaines stations en « moyenne » et « mauvaise » qualité. Les sources de pollution bactériennes n'ont pour le moment pas été identifiées.

L'analyse des sels nutritifs indique des concentrations relativement faibles en nitrite, nitrate et phosphate, qui sont similaires aux valeurs obtenues en 2012. Le taux de silicate est bien plus faible sur certaines stations en 2014 par rapport au bilan de 2012 mais s'explique par une très faible pluviométrie durant la période d'échantillonnage de juillet 2014 par rapport aux importantes précipitations subies lors de la campagne d'août 2012. Les sources d'apport en nutriment n'ont pour le moment pas été clairement identifiées bien que les données suggèrent que les rivières soient les vecteurs majeurs d'apport en nitrate, ammonium et silicate.

Le bilan des observations de 2014 ne révèle aucune dégradation majeure et significative des caractéristiques physico-chimiques des eaux lagunaires de la baie de Port Phaéton. Cependant étant donné la variabilité temporelle élevée de la plupart des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau, la méthode d'échantillonnage basé sur un prélèvement tous les deux ans ne permet pas d'exclure la possibilité de pollution « momentanée » des eaux de la baie. On peut souligner l'importance d'un tel suivi sur du long terme, en effet les différentes campagnes d'échantillonnage réalisées au cours de ces 16 années de suivi ont permis de prendre en compte différentes conditions météorologiques et de mieux appréhender les variations environnementales « naturelles ». A ce jour, aucun des bilans environnementaux complets et intermédiaires n'ont révélé de perturbation majeure et durable des eaux lagunaires de la baie, ce qui suggère un renouvellement des masses d'eau tout de même suffisante pour maintenir une qualité d'eau en moyenne correcte.

4.1.2.2. Rivières

Les mesures effectuées dans les eaux des 4 cours d'eau principaux de la baie de Port Phaéton Tevihonu (R1), Oopu (R2), Vaitaare (R3) et Afeu (R4) lors de la campagne 2014, correspondent à une période relativement sèche ce qui implique des températures plus élevées comparativement aux campagnes précédentes ainsi que des valeurs de salinité fortes pour la rivière R2 (entrées marines).

Les valeurs de MES, d'oxygène dissous, de pH ainsi que de chlorophylle a et de phéophytine a peuvent être considérées comme normales et n'indiquent pas de modifications ou de changements majeurs par rapport aux campagnes précédentes.

Les teneurs en matière organique particulière sont en 2014, sensiblement plus fortes sur la majorité des rivières et contrastent avec les résultats faibles obtenus depuis 2006.

Les teneurs en nitrates de la rivière R1 sont comme toujours bien au-delà des seuils de normalité pour cette rivière qui présente encore en 2014 une pollution majeure aux nitrates. À noter cependant que la position géographique du lit de cette rivière ne permet pas de relier la source des polluants qu'elle contient à l'activité du CET mais plutôt aux activités agricoles des plaines qu'elle traverse. Cette remarque est générale pour la rivière R1 et permet d'expliquer les valeurs souvent plus fortes observées pour ce cours d'eau pour les autres paramètres.

La qualité bactérienne des eaux de toutes les rivières (densités de E.coli et d'Entérocoques) est préoccupante avec toujours, quel que soit les campagnes, des valeurs fluctuantes mais jamais insignifiantes, indiquant la présence plus ou moins forte de ces bactéries affectant la salubrité de l'eau.

4.1.3. Sédiments

La composition biogéochimique, de même que les concentrations en métaux lourds et en pesticides de juillet 2014 sont assez proches des résultats obtenus en 2012, mais présentent quelques différences avec les bilans antérieurs.

Le taux de matière organique est plus important sur l'ensemble des stations, et plus particulièrement sur les stations lagunaires de fond de baie et en profondeur ainsi que sur les stations de rivière, avec une tendance à la hausse depuis le bilan de 2008. Cependant depuis 2010 celui-ci est relativement stable, les valeurs (lagon et rivière) de 2014 étant similaires aux valeurs obtenues en 2010 et 2012.

Concernant les métaux lourds, depuis le début du suivi (1998) on observe le même schéma de variabilité spatiale pour l'ensemble des métaux lourds analysés, c'est-à-dire une concentration plus importante sur les stations situées au fond de baie et sur les stations profondes localisées dans la partie centrale. Dans les rivières, d'un point de vue relatif, les plus fortes valeurs en fer, en zinc, en cuivre, en plomb sont comme dans la plupart des campagnes mesurées dans la rivière Tevihonu (R1).

En 2014, pour certains métaux lourds, le présent bilan révèle des concentrations plus élevées qu'en 2012, notamment pour le chrome et le nickel. Pour ces deux métaux, certaines stations (uniquement lagunaire pour le chrome, lagunaire et rivière pour le nickel) dépassent les valeurs seuils de risque médian (ERM) pour l'environnement tandis que pour le cuivre, plusieurs stations (lagon et rivière) sont au-dessus des concentrations ERL. Les potentielles sources de pollution sont, pour le moment, difficilement identifiables. Certains éléments, comme le fer, ont clairement une origine naturelle. Provenant du lessivage des roches basaltiques, il est couramment en fortes concentrations dans les rivières d'îles hautes

volcaniques avec des bassins versants de grande taille. D'autres éléments, comme le chrome et le nickel, sont aussi retrouvés dans la zone lagunaire tout autour de l'île (Rapport RST-Réseau de Surveillance du milieu lagunaire de Tahiti- 2010), aussi bien au niveau du récif frangeant que près du récif barrière, ce qui peut donc laisser supposer aussi une origine naturelle. Cependant les concentrations mesurées dans les sédiments de la baie de Phaéton sont largement supérieures aux concentrations des sédiments lagunaires du reste de l'île, à l'exception de la zone de Papenoo. Le plomb, le cuivre et le zinc font partie des éléments qui ne sont retrouvés qu'à proximité des zones industrielles et urbanisées et pour lesquels les concentrations mesurées dans la baie de Phaéton sont supérieures au reste de l'île de Tahiti. Ces éléments sont décelés dans les sédiments depuis les premiers bilans (1998, 2000) et dans des concentrations similaires au bilan de 2014. Leur présence ne peut donc pas être imputé à l'activité du CET. L'occupation du littoral et les activités humaines présentes avant l'implantation du CET tels que recensés dans le bilan environnemental de 1998 (agriculture, entreprise de construction navale : toujours présente aujourd'hui, élevage de poules, zone de myticulture et d'ostréiculture) ainsi que l'urbanisation croissante de la commune de Taravao sont autant de source potentielles. Par contre on soulignera la faible présence du mercure depuis le début des prospections.

Concernant les pesticides, comme lors de la très grande majorité des campagnes précédentes, aucun pesticide ou substance active n'est détectable dans les prélèvements de sédiment lagunaire et de rivière.

4.1.4. Peuplements benthiques

L'état des peuplements benthiques de la baie est particulièrement stable depuis nos premières prospections en juillet 1998. La diversité et la structure spatiale des peuplements de coraux, algues, échinodermes et mollusques à chaque station ne montrent pas de différences significatives sur l'ensemble des bilans, à l'exception des échinodermes qui en 2014 ont disparu de la station L7. La richesse spécifique des échinodermes a aussi légèrement diminuée aux stations L10, L11 et L12 mais revient à une richesse spécifique équivalente au bilan de 1998.

Comme au cours des bilans précédents, trois zones principales sont mises en évidence dans la baie : 1/ les stations situées en fond de baie ou dans la zone profonde de la partie centrale (L1, L2, L3, L6 et L9) se caractérisent par la quasi-absence d'organismes marins ; 2/ les stations L4, L5, L7 et L8, sont peu ou moyennement diversifiées ; 3/ Les stations situées à proximité de la passe sont les plus riches de la baie. La diversité y est relativement élevée pour la plupart des groupes, notamment pour les coraux.

Cette zonation, qui est caractéristique des baies polynésiennes, est corrélée à certains facteurs environnementaux. Les conditions défavorables (turbidité importante, hyper-sédimentation, dessalure occasionnelle, forte concentration en métaux lourds etc...) retrouvées en fond de baie et à certains endroits de la partie centrale ne permettent pas l'établissement d'un grand nombre d'espèces. Seuls les organismes les plus résistants peuvent s'y installer.

L'analyse du recouvrement indique, comme en 2012 et 2010, un faible recouvrement corallien à toutes les stations de la baie et même à celles les plus diversifiées. Les substrats dominants sont, suivant la localisation de la station dans la baie, la vase (fond et partie

profonde), le sable (abord), les algues (L11), la dalle (extérieure). D'importantes variations du recouvrement sont mises en évidence dans les bilans de 2014, 2012 et 2010 et sont probablement dues à l'absence de marqueurs de transect permanents. Malgré ces variations, aucune dégradation des populations coralliennes n'a pu être observée dans la baie depuis 1998.

4.2. Impact potentiel des nouveaux aménagements réalisés depuis 1998

Depuis le premier bilan effectué en juillet 1998, en plus de la mise en activité du CET, plusieurs aménagements importants ont vu le jour dans la baie ou à proximité des rivières que nous étudions. Parmi ces aménagements on peut citer la construction d'une marina en 2004 à la pointe Teonata, une zone d'habitations et de commerces construite en 2005 aux abords de la rivière Oopu (R2) qui a nécessité le déboisement d'une grande surface, la construction d'un centre commercial en 2011-2012 à l'entrée de la commune de Taravao, un changement important du profil de la rivière Tevihonu (R1) entre 2010 et 2012 avec une zone de déboisement encore observée en 2014 et la réalisation du grand chantier de la prison commencé en milieu d'année 2013 sur la pointe Teonetea. On notera aussi la mise en activité depuis 2013 d'une ferme aquacole de crevette (*Litopenaeus stylostris*) avec un élevage en enclos lagonaire dont les dimensions sont néanmoins de taille raisonnable et situé dans la partie extérieure de la baie (proche de la station L12).

Bien qu'aucune dégradation significative de l'environnement n'ait été observée durant toutes ces années de suivi, certains paramètres ont tout même subi quelques variations temporaires. Par exemple, le taux de MES ainsi que la concentration de MOP en 2005 et 2006 étaient relativement hauts, et ce pour l'ensemble des stations lagonaires, par rapport aux années précédentes et suivantes. Cette observation coïncide avec la réalisation de certains travaux effectués sur le littoral (marina et déboisement important) et correspond à une des dégradations potentielles type que provoque ce genre d'aménagement. Ce constat est toutefois à prendre avec précaution puisque les campagnes d'échantillonnage du bilan de 2005 et 2006 ont été réalisées en décembre durant la saison des pluies bien qu'aucune zone de dessalure n'aie pour autant été observée dans les bilans correspondant à ces deux années. Malgré tout, ces taux importants de MES et MOP n'ont eu aucune incidence sur les communautés benthiques de la baie et ne semblent pas avoir affecté les autres paramètres environnementaux. Concernant les aménagements effectués aux abords de la rivière Tevihonu (R1), on constate en 2014 un taux élevé de nitrate dans cette rivière par rapport aux autres rivières et qui se répercute sur la station lagonaire la plus proche, c'est-à-dire L4, pour laquelle le taux de nitrate est le plus élevé des stations lagonaires. Le taux de nitrate enregistré à la station L4 reste cependant dans une gamme de valeur correcte pour une baie ce qui suggère une dilution relativement bonne des eaux issues de la rivière R1.

Il est donc difficile de conclure à l'absence d'effet des aménagements de la baie sur son environnement. Néanmoins, les 16 années de suivi de la baie permettent d'affirmer qu'aucun de ces aménagements n'a eu d'impact négatif durable sur l'écosystème de la baie. Nos bilans depuis 1998 ne révèlent aucune perturbation majeure et aucun changement marquant sur les peuplements benthiques et dans la composition biogéochimique des sédiments.

4.3. Conclusion générale et perspectives

Le présent bilan, et la comparaison avec les bilans antérieurs effectués depuis 1998, met en évidence une relative stabilité des caractéristiques physico-chimiques des eaux de la baie, de la composition biogéochimique des sédiments et de l'état des peuplements benthiques. Aucune des variations observées dans la baie entre 2012 et 2014 ne peut être considérée comme le signe d'une dégradation ou d'une perturbation majeure. Au vu de nos résultats, nous pouvons donc conclure qu'aucune perturbation majeure n'a affecté l'écosystème de la baie et des quatre rivières qui s'y jettent ces dernières années. Cependant, étant donnée la variabilité temporelle élevée de certains paramètres physico-chimique de la colonne d'eau souvent liée aux conditions météorologiques, des pollutions momentanées ne sont pas à exclure.

Seul un suivi régulier effectué sur du long terme permet de mieux appréhender les conséquences des perturbations naturelles ou anthropiques, qui peuvent affecter à tout moment et de manière imprévue l'écosystème de la baie d'une part et de dégager d'éventuelles tendances progressives, plus lente, d'autre part. De ce fait, la stabilité apparente de l'état environnemental de la baie de Port Phaéton ne doit pas remettre en cause la mise en place des bilans et des suivis.

C'est dans ce sens que le CRIOBE et la SEP ont proposé la mise en place d'un suivi « interannuel » comprenant deux types de bilans : des bilans complets effectués tous les deux ans, et des bilans complémentaires intercalés entre les bilans complets et qui ne seront mis en place que si des phénomènes météorologiques exceptionnels ont lieu ou si des dysfonctionnements liés aux aménagements situés à proximité de la baie sont constatés. Ces potentiels bilans interannuels ne concernent que les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des eaux de la baie et des rivières.

Baie de Port Phaéton – Tahiti: Bilan environnemental et suivi du milieu

Etude complète de juillet 2014

Résumé

Une étude environnementale de la baie de Port Phaéton et un protocole de suivi ont été mis en place suite à l'implantation du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Paihoro en 1998. L'objectif de cette étude complète de 2014 est d'établir la situation écologique de la baie de Port Phaéton, et d'estimer l'évolution de l'état de santé de son écosystème marin et de ses principales rivières. En 2014, une seule campagne de mesure a été effectuée mais deux mesures hydrologiques ont été réalisées à chacune des 12 stations lagunaires (surface et profondeur) et seule une mesure a été enregistrée aux 4 stations de rivières. Les descripteurs retenus pour le bilan concernent l'hydrodynamisme (courantologie dans la baie, débit des rivières), les paramètres physico-chimique des eaux (température, salinité, pH, oxygène, matière en suspension, transparence, matière organique particulaire, sels nutritifs, chlorophylle), la bactériologie (*Escherichia coli* et entérocoques), les caractéristiques biogéochimique des sédiments (granulométrie, matière organique, carbone organique, azote organique, métaux lourds et pesticides) et l'état des peuplements macrobenthiques dans la baie (coraux, algues, mollusques et échinodermes).

La courantologie générale dans la baie n'a pas changé depuis nos premières prospections de juillet 1998. Les débits mesurés sont variables entre les quatre rivières et entre les bilans. Les caractéristiques des eaux de rivières et de la baie de Port Phaéton sont relativement stables sur les 16 ans de suivi et témoignent de l'absence de perturbation majeure. Néanmoins, des variations à courte échelle temporelle (d'un bilan à l'autre) sont observées. En 2014, les mesures de température indiquent des valeurs en accord avec les variations saisonnière, la salinité est homogène dans toute la baie (contrairement au bilan 2012), le pH présente des valeurs normales et la transparence des eaux est équivalente au bilan 2012. Les taux de chlorophylle a, de matière organique particulaire et de matière en suspension sont équivalents au bilan de 2010 et inférieures aux valeurs de 2012. L'oxygène dissous est légèrement inférieure aux concentrations de 2012 et 2010 tandis que les sels nutritifs ne présentent aucune concentration anormale. Les analyses bactériologiques révèlent une eau de bonne qualité par rapport aux normes des eaux de baignades, ce qui n'est pas le cas dans tous les bilans (notamment ceux de 2012, 2010, 2008 et 2000), attestant de « pollution bactérienne » momentanée des eaux de la baie. Les eaux de rivières sont par contre constamment exposées à des charges variables d'*E. coli* et d'entérocoques.

Les analyses biogéochimiques du sédiment nous indiquent un schéma de variabilité spatiale maintenu depuis 1998 et qui se traduit par des concentrations en métaux lourds et en matière organique toujours plus important dans les sédiments des stations localisées au fond de la baie ainsi que dans celles situées dans la partie centrale et profonde de la baie. La rivière R1 est aussi celle qui présente toujours les plus fortes concentrations en métaux lourds, à part pour le nickel et le chrome. Les concentrations en métaux lourds sont très variable d'un bilan à l'autre, en 2014 il en ressort néanmoins que le fer est toujours présent en forte concentration (mais d'origine naturelle), le nickel et le chrome dépassent les valeurs seuil ERM sur certaines stations. Le plomb, le cuivre et le zinc sont retrouvés en faible concentration. Les concentrations de cadmium et de mercure sont en dessous des limites de détection, à l'exception des sédiments de la rivière R1 où du mercure a été mesuré mais en faible concentration. Et enfin, comme pour la plupart des bilans, aucun des cinq pesticides suivis (dichlorvos, malathion, bromophos, chlorpyrifos-ethyl, diazinon) n'a été décelé aux 12 stations lagunaires et aux 4 stations de rivières.

L'état des peuplements benthiques de la baie est particulièrement stable depuis les premières prospections en juillet 1998. La diversité et la structure spatiale des peuplements de coraux, algues, échinodermes et mollusques à chaque station ne montrent pas de différences majeures sur l'ensemble des bilans, à l'exception des échinodermes dont la richesse spécifique a, en 2014, globalement diminué.

Le présent bilan, et la comparaison avec les bilans antérieurs effectués depuis 1998, met en évidence une relative stabilité des caractéristiques physico-chimique des eaux de la baie, de la composition biogéochimique des sédiments et de l'état des peuplements benthiques. Aucune des variations observées dans la baie entre 2012 et 2014 ne peut être considérée comme le signe d'une dégradation ou d'une perturbation significative. Au vu de nos résultats, nous pouvons conclure qu'aucune perturbation majeure n'a affecté l'écosystème de la baie et des quatre rivières qui s'y jettent ces dernières années.