

Les lagons vus par satellite

Cécile Dupouy, Jérôme Lefèvre, Guillaume Wattelez, Chloé Martias, Rémi Andreoli et Didier Lille



Nord de la Nouvelle-Calédonie. Récif des Français (à gauche), Récif de Balade (en haut à droite). Les récifs frangeants du nord et autour de l'île de Balabio sont visibles. (Image Landsat 7).

Nous utilisons principalement l'imagerie satellite pour répondre à différentes problématiques en rapport avec le milieu océanique. La Nouvelle-Calédonie est connue pour la richesse de sa biodiversité, en particulier pour son milieu marin. Cette richesse aquatique étant menacée par les nombreuses activités anthropiques et les événements climatiques extrêmes, il convient d'étudier leurs impacts sur ces écosystèmes. Pour ce faire, les scientifiques disposent de plusieurs indicateurs dits biogéochimiques, c'est-à-dire des indicateurs fournissant des renseignements à la fois sur les organismes vivants microscopiques contenant la chlorophylle, les éléments sédimentaires et terrestres et éventuellement des composés dissous dans l'eau.

Les barrières coralliennes se développent à la faveur de conditions favorables : température, degrés de salinité, oxygénation et apports

en nourriture. Les coraux symbiotiques ont besoin d'eaux transparentes très claires permettant la photosynthèse de leurs zooxanthelles. Si les coraux de certaines baies sont parfois florissants, même en condition de grande turbidité, il est admis que trop de sédimentation nuit à leur croissance. Toutefois, les polypes assimilent aussi des organismes vivants, qui doivent eux-mêmes trouver leur source de nourriture.

Si les eaux du large baignant les récifs-barrières sont en général transparentes et peu riches, d'épisodiques enrichissements peuvent survenir et provoquer des blooms phytoplanctoniques, par apports nutritifs ou remontées d'eaux plus profondes. Ainsi, la construction des récifs-barrières résulte d'une « bonne santé » des coraux qui elle-même découle d'une « savante alchimie » entre différentes composantes de l'eau.

Les images satellite nous enseignent que l'océan n'est pas toujours bleu. La sensibilité des capteurs est telle qu'une petite modification de couleur non perceptible pour nos yeux peut être détectée rapidement. Les satellites défilants balayent et « voient » d'un coup une largeur de champ considérable, de plusieurs centaines ou milliers de kilomètres, à des résolutions de 10 m à 250 m (par système de balayage ou par caméras CCD à 700 km de distance).

Comme chaque composante de l'eau (chlorophylle, turbidité et matière organique dissoute) a une couleur particulière, il est possible de déduire la concentration de chaque composante. Il est très utile de pouvoir différencier les différents apports minéraux (grosses particules sédimentant vite, comme les grains de sable ou des latérites fines) provenant des bassins-versants, le phytoplancton vert et riche en chlorophylle, et la partie dissoute. Cette dernière, absorbant fortement la lumière aux longueurs d'onde UV, a un rôle de parapluie solaire pour les coraux tropicaux et peut s'associer avec

des polluants (pesticides) ou des métaux présents en faible concentration dans les eaux du lagon. Les données satellite de la couleur de l'eau permettent ainsi de décrire et de comprendre la dynamique de l'environnement des lagons et des récifs coralliens (turbidité, matière dissoute et chlorophylle).

L'impact de la pluie sur la chlorophylle et la turbidité

Lors de fortes dépressions tropicales ou après des périodes prolongées de pluie, la chlorophylle observée par satellite (quantité de phytoplancton) est multipliée par trois dans les lagons. Cet effet est visible jusqu'à 50 km des côtes (fig. 1, A et B). En utilisant un modèle physique-biogéochimique couplé à trois dimensions et en considérant l'interface entre l'océan et le lagon, le modèle reproduit l'augmentation de la chlorophylle à l'intérieur des passes du récif

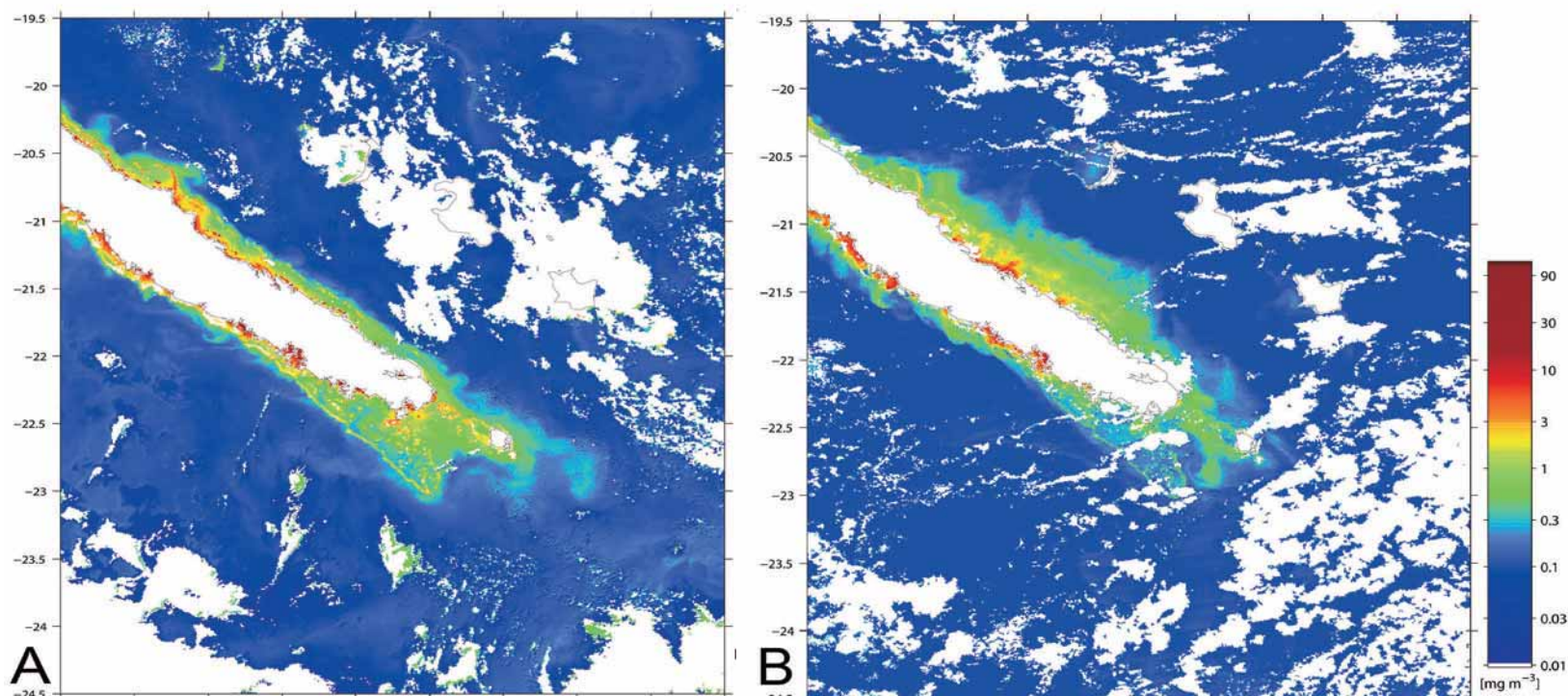


Figure 1 : Distribution de la chlorophylle (mg.m-3) estimée à partir d'images Modis, avant (A) et après (B) le fort épisode pluvieux de mars 2008. © H. Murakami

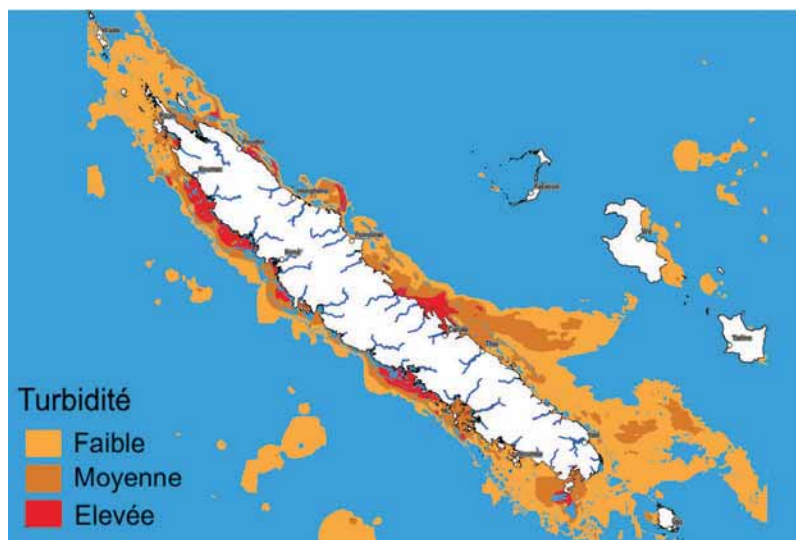


Figure 2 : Turbidité (calculée) après la dépression Finna en décembre 2011. © Bluecham SAS

(FUCHS et al., 2013). La modélisation biogéochimique peut alors être validée par les images satellite Modis de chlorophylle dans les lagons.

Lorsque le lagon est profond (plus de 20 m), la turbidité est mesurable par télédétection, avec une validation issue des mesures *in situ* dans le lagon. Les panaches turbides détectés par les images Modis permettent de cartographier les impacts des bassins-versants. Ces panaches se développent et sont repris par la circulation

océanique. La côte orientale est plus souvent impactée, en raison de la fréquence et de l'intensité des pluies et de la présence du grand massif du sud, de nature ultrabasique et latéritique (fig. 2).

À l'échelle du lagon sud-ouest, la chlorophylle observée par satellite indique que la concentration est plus faible dans les eaux baignant les récifs-barrières que sur la bande côtière. La transparence est donc plus forte sur les massifs de corail. Si on suit la chlorophylle au cours du temps à trois stations (fig. 3, A), une océanique au large de la passe de Dumbéa (OC1), une en milieu de lagon (M33) et une dans une baie (la baie de Dumbéa, GD10), on note que le pic de chlorophylle printanier se produit plus tardivement à l'extérieur de la barrière corallienne (OC1) que dans les eaux du milieu de lagon (M33) ou que dans la baie côtière (GD10) (fig. 3, B). Cependant, les eaux du large peuvent parfois être plus riches que celles de l'intérieur du lagon en raison de remontées d'eaux froides (NEVEUX et al., 2010).

Lorsque les eaux sont peu profondes, la couleur du fond influe trop sur le signal satellite. L'objectif est alors de détecter spécifiquement l'effet dû à la bathymétrie et à la couleur des fonds (MINGHELLI-ROMAN et DUPOUY, 2014). Les composantes de l'eau de mer sont alors accessibles seulement au prix de calculs plus compliqués (MURAKAMI et DUPOUY, 2013 ; WATTELEZ et al., 2016, 2017) comme dans le lagon sud-ouest proche de Nouméa, au niveau des zones d'arrière-récifs et de hauts-fonds (fig. 3A).

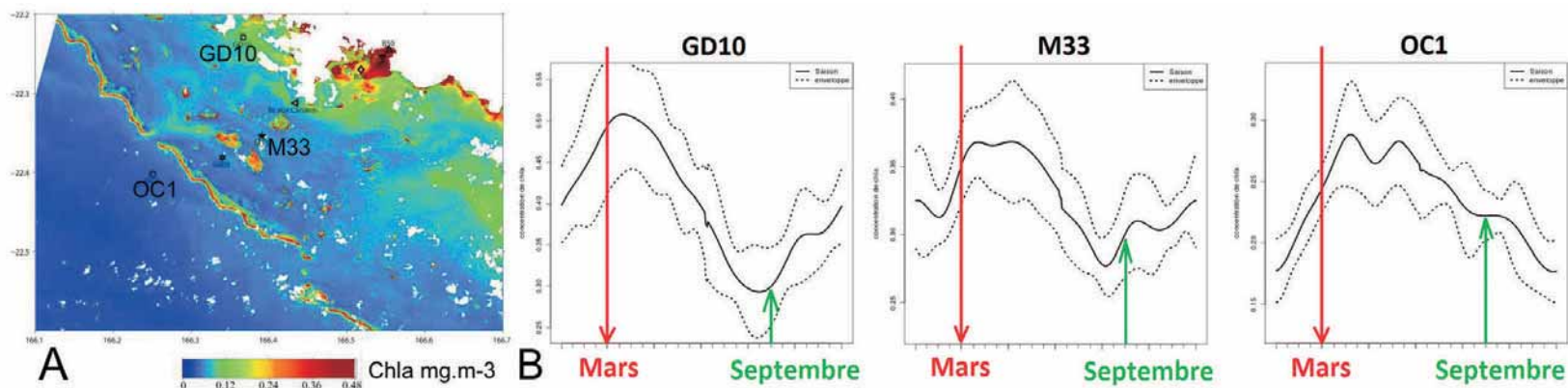


Figure 3 : Chlorophylle dans le lagon de Nouméa. A: Chlorophylle estimée à partir d'image AVNIR à très haute résolution (20 mètres) après correction de la réflexion du fond (MURAKAMI et DUPOUY, 2013). B: Cycle saisonnier de la chlorophylle aux différentes stations (océanique OC1, lagonaire M33 et côtière GD10). Source : DUPOUY et al., 2011

Les efflorescences de cyanobactéries *Trichodesmium*

La cyanobactérie filamenteuse *Trichodesmium* représente une part importante de la chlorophylle au large et à l'intérieur des lagons (DUPOUY *et al.*, 2011). Ces efflorescences peuvent être observées sur des milliers de kilomètres au large de la Nouvelle-Calédonie et entrer par les passes dans les lagons. Elles sont très souvent visibles par satellite autour de la Nouvelle-Calédonie et forment des lignes parallèles au récif-barrière (fig. 4). Les mattes superficielles sont détectables grâce à un signal dans le proche infra-rouge et des anomalies de réflectance (DUPOUY *et al.*, 2011).

La matière organique dissoute colorée

Dans les lagons, la quantité de matière dissoute colorée (MODC), qui protège les coraux des forts éclaircissements UV, est souvent liée aux apports des rivières, comme c'est souvent le cas sur la côte est de la

Nouvelle-Calédonie. Cette matière organique d'origine terrestre est transportée sur de longues distances dans le lagon en fonction des débits des rivières. Elle peut être associée avec les éléments métalliques, ce qui en fait un indice très important pour suivre l'environnement corallien. La matière organique dissoute est détectable par satellite. Le tryptophane, qui est aussi une partie de la matière dissoute, est produit par les massifs coralliens (MARTIAS *et al.*, 2018), mais n'est accessible que par une analyse optique (spectro-fluorescence).

Les cartes de chlorophylle et de turbidité issues de données satellite peuvent être réalisées en continu et à l'avenir en temps quasi réel. Elles nous renseignent sur la composition de l'eau de mer, permettant ainsi une caractérisation précise et peu onéreuse de la qualité des eaux baignant les récifs et les massifs coralliens. Les images nous indiquent l'extension des panaches turbides et de chlorophylle. L'analyse des séries d'images depuis 1998 permet de suivre et d'expliquer l'impact des phénomènes climatiques (saisons, épisodes El Niño...) sur l'environnement des lagons et des récifs.

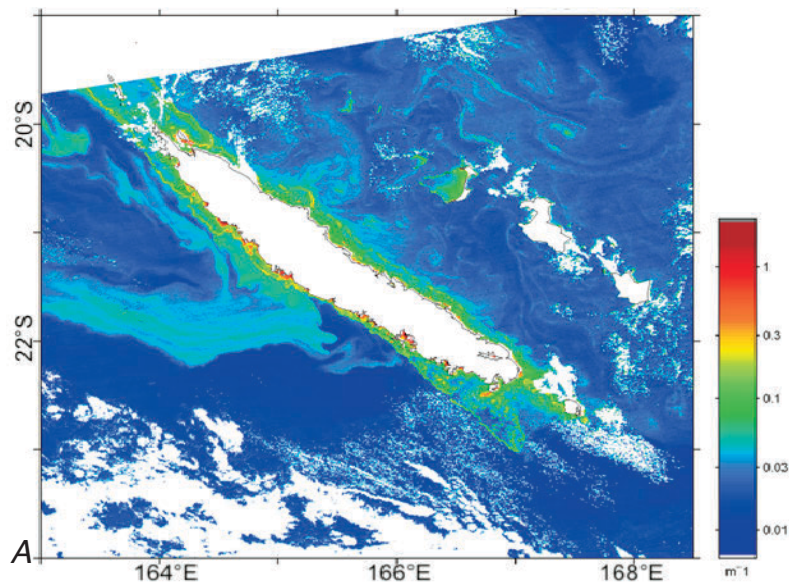


Figure 4 : Efflorescences de la cyanobactérie *Trichodesmium*. A : Autour de la Nouvelle-Calédonie en été, par temps calme (février 2010, image Modis). B : Les eaux roses sont fréquemment observées près des récifs-barrières (baie du Prony). © A.E.L./ B. Moreton



Atolls d'Ouvéa (au centre) et de Beautemps-Beaupré (en haut). © (2000, Image Landsat 7)

Références bibliographiques

DUPOUY C. *et al.*, 2011 A new algorithm for detecting *Trichodesmium* surface blooms in the South Western Tropical Pacific. *Biogeosciences*, 8 : 1-17.

FUCHS R. *et al.*, 2013 Modeling the ocean-lagoon interaction via upwelling processes on the South West of New Caledonia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135 : 5-17.

MARTIAS C. *et al.*, 2018 Characterization and sources of colored dissolved organic matter in a coral reef ecosystem subject to ultramafic erosion pressure (New Caledonia, Southwest Pacific). *Science of Total Environment* : 616-617, 438-452. doi : 10.1016/j.scitotenv.2017.10.261

MINGHELLI-ROMANA A., DUPOUY C., 2014 Seabed mapping in the lagoon of New Caledonia with MerIS images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7 (6) : 2619-2629.

MURAKAMI H., DUPOUY C., 2013 Atmospheric correction and inherent optical property estimation in the southwest New Caledonia lagoon using AVNIR-2 high-resolution data. *Applied Optics*, 52 (2) : 182-198.

NEVEUX J. *et al.*, 2010 Phytoplankton dynamics in the southern New Caledonian lagoon during a southeast trade winds event. *Journal of marine systems*, 82 : 230-244.

WATTELEZ G. *et al.*, 2016 A statistical algorithm for estimating chlorophyll concentration in the Nouvelle-Calédonien lagoon. *Remote Sens.*, 8 (1) : 45.

WATTELEZ G. *et al.*, 2017 Remotely sensed assessment of turbidity with Modis in the oligotrophic lagoon of Voh-Koné- Pouembout area. *New Caledonia, Water*, 9 : 737.

Dupouy Cécile, Lefèvre J., Wattelez G.,
Martias C., Andreoli R, Lille Didier.

Les lagons vus par satellite.

In : Payri Claude (ed.), Moatti Jean-Paul
(pref.). Nouvelle-Calédonie : archipel de
corail. Marseille (FRA), Nouméa : IRD, Solaris,
2018, p. 33-38.

ISBN 978-2-7099-2632-4