

Avant-propos

Stephen Christopher MABERLY¹ et Brigitte GONTERO²

¹ *Lake Ecosystems Group, UK Centre for Ecology & Hydrology (UKCEH),
Lancaster, Royaume-Uni*

² *BIP, CNRS, Aix-Marseille Université, Marseille, France*

Plus de 70 % de notre planète bleue est recouverte d'eau, et la photosynthèse aquatique représente à peu près 50 % du total global de la production primaire nette. La production primaire aquatique est très différente de la production continentale. La productivité aquatique est largement produite par une gamme diverse d'algues eucaryotes provenant de la lignée rouge, mais aussi par des cyanobactéries desquelles proviennent les chloroplastes des eucaryotes. D'autre part, la photosynthèse terrestre est accomplie par des plantes vertes. La productivité aquatique est largement menée par des êtres unicellulaires ou par des colonies microscopiques alors que la productivité terrestre est due à l'activité d'organismes multicellulaires, et de plantes macroscopiques. Une autre distinction entre les systèmes aquatiques et terrestres est que sur la terre, environ trois quarts de la production primaire provient de la diffusion passive du CO₂ dans une feuille. Au contraire, la plupart de la productivité aquatique dépend du transfert actif du carbone vers le site de fixation du CO₂ par l'enzyme de carboxylation primaire (ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase-oxygénase, Rubisco) par ce qu'on appelle des mécanismes de concentration du CO₂ (MCC). Ces mécanismes aident à compenser la limitation de carbone due aux faibles taux de diffusion du CO₂ dans l'eau par rapport à ceux dans l'air. Ces MCC dépendent principalement de l'exploitation active du bicarbonate, qui est une source de carbone inorganique présent dans l'eau mais non dans l'air. La diversité des mécanismes utilisés par différents groupes phylogénétiques de photoautotrophes aquatiques permettant de prendre et de concentrer le CO₂ dans leurs cellules, et de cette manière de promouvoir la productivité, est un des points sur lequel ce livre se focalise.

Planète bleue, photosynthèse rouge et verte,

coordonné par Stephen Christopher MABERLY et Brigitte GONTERO. © ISTE Editions 2023.

La géochimie de la planète Terre a été transformée fondamentalement par l'évolution de la vie il y a peut-être environ quatre milliards d'années, et en particulier par celle des organismes aquatiques capables de photosynthèse oxygénique, il y a plus de 2,4 milliards d'années.

Ces organismes, capables de photosynthèse oxygénique, peuvent décomposer l'eau pour en extraire l'hydrogène nécessaire à la réduction du dioxyde de carbone (CO_2) en composés organiques, libérant par la même occasion de l'oxygène en tant que produit dérivé. C'est ce qui a permis à la Terre de devenir une planète oxygène à faibles concentrations en CO_2 , alors qu'elle était initialement une planète anoxique à hautes concentrations en CO_2 . Le dioxygène (O_2) atmosphérique a permis la production de l'ozone dans l'atmosphère qui absorbe les rayons ultraviolets nuisibles, facilitant ainsi l'évolution de la vie terrestre. Récemment, l'activité humaine a fait augmenter la libération de CO_2 dans l'atmosphère. Entre un quart et un tiers du CO_2 additionnel a été absorbé par les océans, néanmoins, le cycle global du carbone a été perturbé, déclenchant des problèmes de changement de climat critiques pour la vie sur Terre. Si les océans jouent un rôle important dans la régulation de la composition des gaz atmosphériques, en particulier du CO_2 , les eaux continentales, bien qu'occupant une petite surface, représentent, quant à elles, des connexions-clés pour les flux de gaz à effet de serre entre continents, atmosphère et océan. Par conséquent, la compréhension des processus impliqués dans la photosynthèse aquatique et la productivité est fondamentale pour notre capacité à prévoir des changements futurs dans le cycle global du carbone.

Ce livre a été écrit par 20 auteurs provenant de huit pays différents et présentant les informations les plus récentes sur leurs sujets, de manière à rendre ce livre accessible à des non-spécialistes. Les chapitres recouvrent des périodes temporelles allant de l'évolution de la photosynthèse aux problèmes actuels de changement climatique et environnemental, des échelles spatiales qui vont de l'échelle subcellulaire à l'échelle globale et utilisent des disciplines qui incluent la physique, la chimie, la géologie, la biologie et l'écologie. Pour que chaque chapitre puisse être lu indépendamment, nous avons dû nécessairement parfois nous répéter, mais dans l'objectif de construire un livre structuré et unifié, nous avons ajouté des renvois entre les différents chapitres.

Les trois premiers chapitres plantent le décor en présentant des informations concernant la photosynthèse, le cycle du carbone, ainsi que l'évolution et la diversité des organismes aquatiques photoautotrophes. Dans le chapitre 1, Gontero, Lenton et Maberly exposent les grandes lignes des processus impliqués dans la photosynthèse : la capture de l'énergie lumineuse et la fixation du carbone inorganique en carbone organique par la Rubisco. Ils donnent aussi une vue d'ensemble du cycle global du carbone, ses changements au cours des temps géologiques et sa réponse à la récente augmentation du CO_2 atmosphérique. Raven (chapitre 2) retrace l'évolution des organismes aquatiques photoautotrophes, ainsi que l'héritage et l'évolution des différents aspects de la machinerie photosynthétique des procaryotes aux eucaryotes, incluant les plantes d'eau douce et les

herbiers marins. Dans le chapitre 3, Pierella Karlusich, Nef, Bowler et Dorell présentent les aperçus les plus récents sur l'évolution, les relations phylogénétiques et la biogéographie du phytoplancton marin, fournis par le séquençage de l'ADN à haut débit et par un large échantillonnage environnemental.

Les quatre chapitres suivants décrivent les différents aspects du MCC aquatique. Dans le chapitre 4, Rokitta, Kranz et Rost décrivent comment les problèmes d'approvisionnement en carbone inorganique sont contrebalancés par l'acquisition active du bicarbonate et par une capture du CO₂ facilitée dans le but de concentrer le CO₂ autour du site de la Rubisco. Le débat autour des MCC, biophysique *versus* biochimique, est développé au chapitre 5 dans lequel Gontero et Maberly décrivent les mécanismes des MCC biochimiques, de la photosynthèse C₄ et du métabolisme acide crassulacéen, chez les plantes et algues d'eau douce et de mer. Ces deux types de MCC dépendent d'une métalloenzyme, l'anhydrase carbonique qui interconvertit rapidement le CO₂ et le bicarbonate. Dans le chapitre 6, Matsuda, Nawaly et Yoneda présentent les propriétés, les types et les fonctions de cette enzyme ubiquitaire mais structurellement variable. Meyer (chapitre 7) décrit comment la Rubisco peut être concentrée dans des microcompartiments, le carboxysome chez les cyanobactéries et le pyrénolide chez certaines algues eucaryotes, dans l'objectif de concentrer efficacement le CO₂ autour de cette enzyme.

Les deux derniers chapitres élargissent le propos aux aspects écologiques de la productivité aquatique. Dans le chapitre 8, Norici, Gerotto, Beardall et Raven exposent les principales ressources nécessaires pour les photoautotrophes photosynthétiques, les mécanismes impliqués dans leur acquisition et leur assimilation, ainsi que la manière dont la variation de ces facteurs contrôle la productivité du phytoplancton. Dans le chapitre 9, Gao, Zhao et Beardall décrivent comment les producteurs primaires marins ont répondu au changement climatique global, qui inclut les changements de température, l'acidification des océans, l'impact des ultraviolets, ainsi que les interactions entre ces facteurs. Ils évaluent les possibles effets de changements futurs sur l'environnement liés aux activités humaines.

Nous remercions tous les auteurs pour leur contribution experte, leur diligence et leur implication au cours de l'écriture de cet ouvrage.

Nous dédions ce livre au défunt Mario Giordano, collègue et ami pour beaucoup d'entre nous, qui a grandement contribué à l'étude des MCC aquatiques durant sa tragiquement courte carrière.