

Le thon, l'espion qui venait de la mer

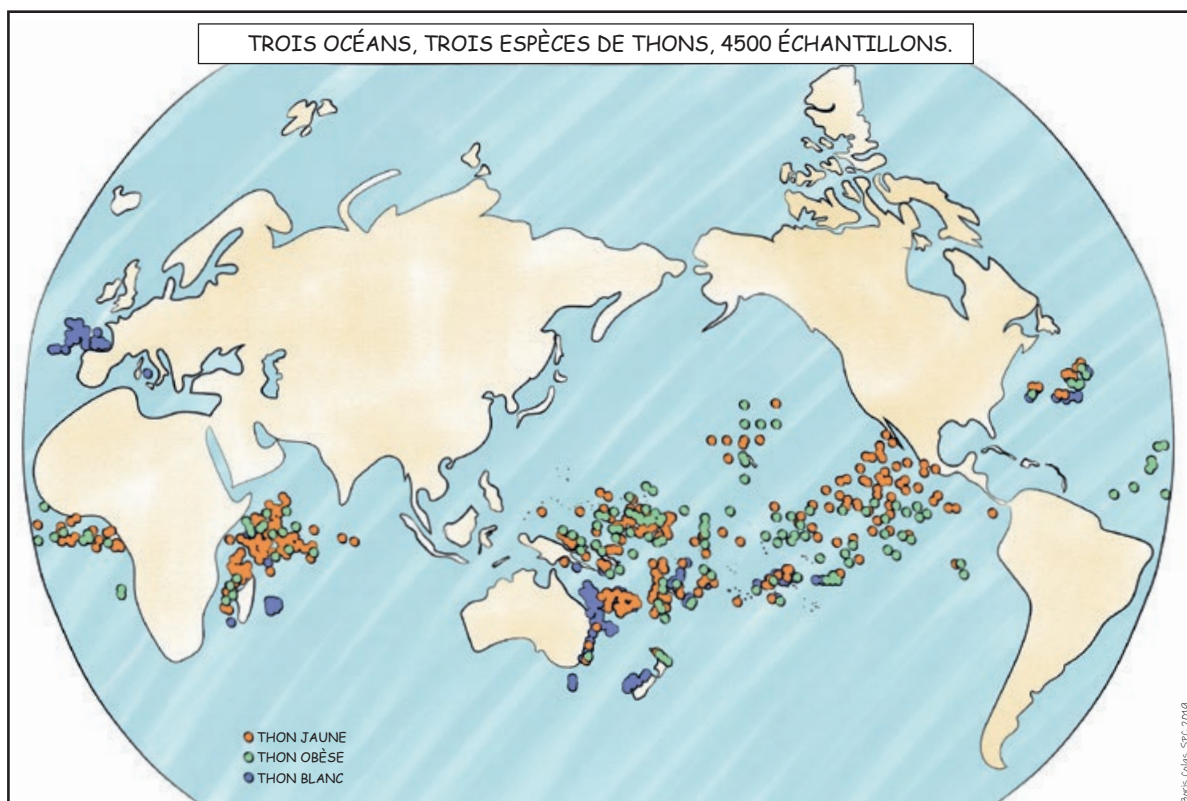
Anne Lorrain¹ et Valerie Allain²

Le thon, prisé de tous pour sa chair, dévoile aujourd'hui une autre facette très appréciée des scientifiques (prouvant une fois de plus qu'il a plusieurs cordes à son arc). L'étude de la composition en carbone de la chair des thons a permis de révéler que depuis 15 ans de profonds changements ont eu lieu dans le cycle du carbone et le phytoplancton à la base des réseaux alimentaires dans l'océan. Cette étude pluridisciplinaire publiée en novembre 2019 (Lorrain et al. 2019) se base sur un large réseau de collaborations internationales ayant permis la mise en commun de 4500 échantillons de muscle de trois espèces de thons prélevés dans les océans Pacifique, Indien et Atlantique entre 2000 et 2016. Ce type d'observations biologiques à si large échelle spatiale et temporelle est rare et de première importance pour valider les prévisions climatiques et leurs conséquences sur les réseaux alimentaires.

Des isotopes pour tracer le cycle du carbone

Le carbone est un élément fondamental qui peut être inorganique comme celui contenu dans le dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique ou bien organique. Le corps humain est constitué de 18% de carbone en poids, c'est le deuxième élément après l'oxygène, et il se retrouve partout dans le corps comme par exemple dans les protéines des muscles, les graisses, l'ADN... Il est donc présent dans les êtres vivants, l'air, l'écorce

terrestre et les océans. L'océan absorbe plus de 90 % de la chaleur associée au réchauffement climatique et plus de 30 % des émissions de carbone provenant de l'utilisation des combustibles fossiles. Les conséquences sur le fonctionnement de l'écosystème et les organismes marins via par exemple l'acidification des océans ne sont pas encore totalement connues. Jusqu'à présent, seules des observations localisées dans certaines régions océaniques apportaient des informations parcellaires à ce sujet. Cette nouvelle étude, réalisée par une vingtaine de chercheurs



Bulle 1

¹ Institut de recherche pour le développement (IRD) et Laboratoire des Sciences de l'Environnement Martin (LEMAR, Université de Brest, IRD, CNRS, IFREMER), France

² Communauté du Pacifique, Programme pêche hauturière, Nouvelle-Calédonie

internationaux, apporte pour la première fois des éléments globaux de compréhension à travers l'analyse des isotopes stables du carbone présents dans 4500 échantillons de thons récoltés dans les océans Pacifique, Indien et Atlantique entre 2000 et 2016 (bulle 1 carte des thons).

Le carbone existe sous différentes formes, appelées les isotopes stables, notamment le ^{12}C et le ^{13}C (prononcés « le carbone 12 » et « le carbone 13 », bulle 2a). Ces isotopes n'ont pas la même masse, le ^{12}C est plus léger que le ^{13}C . A cause de cette différence de masse, le ^{12}C et le ^{13}C réagissent différemment lors de transformations chimiques, physiques ou biologiques. Par exemple, lors du processus d'évaporation de l'eau qui contient du carbone dissous, le carbone léger (^{12}C) a tendance à s'évaporer davantage et la vapeur d'eau contient plus de ^{12}C que l'eau résiduelle qui ne s'évapore pas. Ainsi la répartition du ^{12}C et du ^{13}C n'est pas uniforme sur terre, dans l'atmosphère

ou dans les organismes vivants constitués majoritairement de carbone. La mesure de leurs abondances respectives permet de mettre en lumière ces différents processus et de comprendre le cycle du carbone. Elle permet, par exemple, de retracer les émissions atmosphériques de CO_2 dues aux activités humaines.

Des combustibles fossiles au dîner

Depuis la fin du 19^e siècle, l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon) a relâché dans l'atmosphère du carbone léger enrichi en ^{12}C (ou appauvri en ^{13}C) : c'est ce que l'on appelle communément « l'effet Suess » (bulle 2b). Cette diminution des isotopes lourds dans l'atmosphère se retrouve par diffusion dans l'océan, puis au fil des relations alimentaires jusqu'au thon (bulle 2d). La mesure des abondances relatives des isotopes du carbone (dit aussi mesure des rapports isotopiques) dans les

LE CARBONE EXISTE SOUS PLUSIEURS FORMES, DONT LE ^{12}C ET LE ^{13}C .

LE CO_2 ÉMIS PAR L'UTILISATION DES COMBUSTIBLES FOSSILES CONTIENT PLUS DE ^{12}C QUE DE ^{13}C .

Source: Collins, SFC 22019

AVEC L'AUGMENTATION DES ÉMISSIONS DE CO_2 PAR LES ACTIVITÉS HUMAINES, L'ATMOSPHÈRE CONTIENT DE PLUS EN PLUS DE ^{12}C (EFFET SUESS).

PAR DIFFUSION, L'OcéAN CONTIENT AUSSI PLUS DE CO_2 ET PLUS DE ^{12}C .

Source: Collins, SFC 22019

LE CARBONE DE L'OcéAN EST ABSORBÉ PAR LE PHYTOPLANCTON.

LA QUANTITÉ DE ^{12}C ABSORBÉE VARIE SELON LE TYPE DE PHYTOPLANCTON.

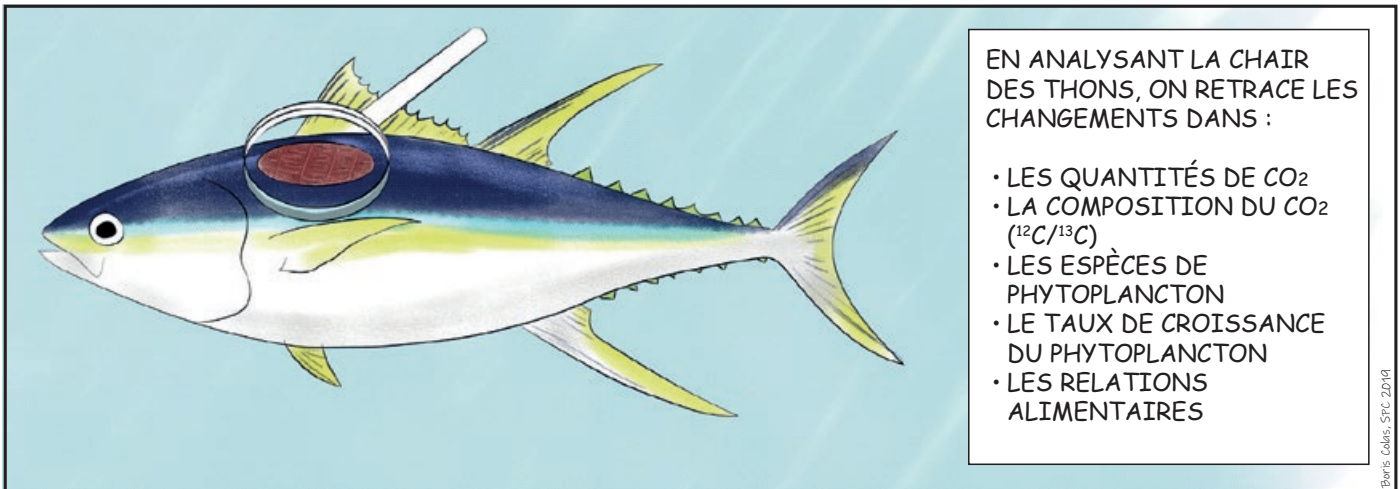
Source: Collins, SFC 22019

LE PHYTOPLANCTON EST À LA BASE DU RÉSEAU ALIMENTAIRE. LES THONS SONT AU SOMMET DE CE RÉSEAU.

LA COMPOSITION EN CARBONE DES THONS REFLÈTE À LA FOIS L'AUGMENTATION DES ÉMISSIONS DE CO_2 DUES AUX ACTIVITÉS HUMAINES, LES CHANGEMENTS DANS LE PHYTOPLANCTON ET LES CHANGEMENTS DANS LE RÉSEAU ALIMENTAIRE.

Source: Collins, SFC 22019

Bulle 2 a, b, c, d (de gauche à droite et de haut en bas)



Boris Colas, STC 2019

Bulle 3

muscles de thon permet ainsi de retracer la part de CO₂ émise par l'homme et absorbée par l'océan. Cependant, la diminution en ¹³C constatée dans les chairs des thons est cinq fois plus importante que celle prévue si elle était uniquement due à l'effet Suess. Le recours grandissant aux énergies fossiles ne suffit donc pas à expliquer la faible valeur de ¹³C observée dans les thons.

Mais qu'est-ce qui fait baisser la composition isotopique des thons ?

Dans notre étude nous avons cherché à déterminer quels étaient les autres facteurs pouvant expliquer la forte diminution du ¹³C dans le thon en examinant toutes les étapes de transformation du carbone dans le cycle marin, de la composition de l'eau jusqu'aux thons.

La composition en carbone des thons dépend ainsi de plusieurs facteurs agissant en synergie, à savoir (bulle 3) :

- la quantité de CO₂ présente dans les océans, majoritairement dépendante des émissions de CO₂ liées aux activités humaines ;
- le type de phytoplancton présent dans les océans et de leur vitesse de croissance ; et
- les différentes relations alimentaires en jeu aboutissant aux thons.

Le carbone de l'atmosphère pénètre dans les océans par diffusion et est absorbé par le phytoplancton qui en a besoin pour se développer. La proportion de ¹²C/¹³C absorbée est variable selon le type de phytoplancton et selon la vitesse de sa croissance (bulle 2c). Le phytoplancton est à la base du réseau alimentaire et il est consommé par des organismes plus gros qui sont à leur tour mangés par des organismes de plus en plus gros jusqu'à arriver aux prédateurs supérieurs comme les thons. La proportion de ¹²C/¹³C dans le phytoplancton se propage ensuite dans tous les niveaux du réseau alimentaire et peut-être modifiée à chaque niveau en fonction des organismes. Ainsi les changements de proportions en ¹²C/¹³C dans les populations

de phytoplancton se répercutent via le biais des réseaux alimentaires jusqu'aux thons situés au sommet (bulle 2d). Des modifications dans le type de relations alimentaires (changements du type de proies ou du nombre de différents maillons du réseau) peuvent aussi jouer sur les proportions en ¹²C/¹³C observées dans les muscles de thon.

Les thons sentinelles des changements climatiques ?

Par une approche de modélisation prenant en compte tous les processus explicités ci-dessus connus pour influencer les valeurs isotopiques (résumés dans la bulle 3), nous démontrons que si tous les facteurs peuvent jouer sur la composition isotopique des muscles de thons, celui qui a le plus d'impact est lié au type de phytoplancton présent dans les océans. Ces résultats suggèrent que des changements profonds dans la structure des populations de phytoplancton, à la base des réseaux alimentaires aboutissant aux thons, ont eu lieu depuis 15 ans. Ces données sont d'une valeur inestimable pour calibrer et valider les modèles climatiques et projeter les effets du changement climatique sur la productivité océanique. Peu de séries biologiques sont en effet disponibles à de telles échelles spatiales et temporelles.

Nous suggérons également que les communautés de phytoplancton deviennent de plus en plus petites car les petites espèces contiennent davantage de ¹²C que les grandes espèces comme les diatomées. Ces changements de communautés ne sont pas improbables car avec le réchauffement climatique, des modifications dans l'organisation des masses d'eau sont prévues (stratification des océans, c'est-à-dire moins de mélange entre les eaux de surface et de profondeur), avec une diminution de la quantité de nutriments présente dans les eaux de surface. Face aux quantités de nutriments disponibles, toutes les espèces de phytoplancton ne s'adaptent pas de la même manière, les espèces de petite taille sont par exemple plus performantes quand les eaux sont pauvres en nutriments, ce qui pourrait expliquer un changement de la structure des populations.

Conséquence sur les transferts énergétiques et la santé?

Un changement dans les communautés de phytoplancton pourrait avoir de fortes répercussions sur les réseaux trophiques, en diminuant par exemple la quantité d'énergie et de nutriments disponible pour les poissons. Des recherches suggèrent en effet que les espèces les plus petites de phytoplancton synthétisent moins d'acides gras polyinsaturés oméga-3 essentiels à la croissance de nombreuses espèces de poissons et bénéfiques pour la santé humaine. Cela ouvre des pistes de recherche intéressantes à creuser pour le futur, les thons étant des sources d'acides gras essentiels à la santé humaine.

De l'importance des séries biologiques à long terme et des collaborations internationales

Cette étude multidisciplinaire regroupant des biologistes, biogéochimistes et physiciens océanographes représente une application jusqu'ici méconnue de l'analyse des isotopes stables dans des grands prédateurs marins comme les thons pour révéler les changements décennaux du cycle du carbone océanique.

Ces mesures doivent cependant être réalisées sur le long terme, c'est-à-dire une trentaine d'année pour affirmer qu'elles sont bien liées au changement climatique et non à une variabilité naturelle.

Quoi qu'il en soit, ces résultats démontrent la pertinence de l'utilisation des thons comme sentinelles des changements environnementaux et appellent à la mise en place et au maintien

sur le long terme des banques de tissus biologiques comme la banque d'échantillons marins de la CPS (<http://www.spc.int/ofp/PacificSpecimenBank>, Smith et al. 2017), véritables trésors d'informations.

En plus de l'aspect temporel sur plus de 15 ans, cette étude est particulièrement robuste de par son ampleur spatiale et le nombre d'échantillons analysés dans les trois bassins océaniques (Pacifique, Atlantique et Indien). Atteindre cette échelle est le fruit d'un réseau de collaborations internationales très large, initié dans le cadre du groupe de travail CLIOTOP en 2009 (Climate Impact on Top predators, <http://imber.info/science/regional-programmes/cliotop>) et regroupant notamment plus de 12 institutions de par le monde (SPC, IRD, CSIRO, Duke University, Geomar, IPSL, IATTC, Division of Marine Fisheries New Bedford Office, Australian River Institute, Seychelles Fishing Authority, AZTI, NIWA).

Bibliographie

Lorrain A., Pethybridge H., Cassar N., Receveur A., Allain V., Bodin N., Bopp L. et al. 2019. Trends in tuna carbon isotopes suggest global changes in pelagic phytoplankton communities. *Global Change Biology*, 0. [<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.14858> (Accessed 12 October 2019)].

Smith N., Donato-Hunt C., Allain V., McKechnie S., Moore B. et Bertram I. 2017. Mise en place de la Banque d'échantillons marins de la Communauté du Pacifique. *Lettre d'information sur les pêches de la CPS* 152: 43–47. [<http://purl.org/spc/digilib/doc/qmkwa> (consulté le 19 décembre 2019)]