

RÉSULTATS DES TIRAGES À PILE OU FACE	GAIN SI L'ON S'ARRÊTE	STRATÉGIE OPTIMALE
	1,00	 S'arrêter
	0,00	 Continuer
	0,50	 Continuer
	0,33	 Continuer
	0,67	 S'arrêter
	0,63	?

© Shutterstock/Petersenier-photography

5. QUAND CONVIENT-IL D'ARRÊTER une séquence de tirages à pile ou face pour maximiser le nombre moyen de faces obtenues ? Cette question d'une simplicité trompeuse reste un problème non résolu. Il est

certain qu'il ne faut pas s'arrêter s'il n'y a pas une majorité absolue de faces. Mais quelle proportion de faces faut-il viser ? On ne le sait pas exactement.

de lancers) au moment où vous vous arrêtez (voir la figure 5).

Si votre premier lancer est une face et que vous vous arrêtez, votre récompense est ainsi de un Krugerrand. Puisque vous ne pourrez jamais avoir plus de 100 pour cent de faces, il est optimal de s'arrêter dans ce cas. Si, en revanche, le premier lancer tombe sur le côté pile, il est préférable de ne pas s'arrêter tout de suite, puisque votre récompense serait nulle. Supposez que le premier tirage soit pile, et le second face. Vous pouvez vous arrêter là et recevoir un demi-Krugerrand, ou bien continuer à tirer. Un peu de réflexion montre qu'il n'est jamais optimal de s'arrêter avec un demi-Krugerrand ou moins. En effet, en vertu de la loi des grands nombres, plus le nombre de lancers est grand, plus la proportion de faces s'approche de 50 pour cent, en oscillant aléatoirement au-dessus et au-dessous de cette valeur. S'arrêter à 50 pour cent n'est tout simplement pas assez ambitieux.

Avec un peu plus de difficulté, on montre que s'arrêter au troisième tirage après pile-face-face est optimal, et que s'arrêter la première fois qu'on observe plus de faces que de piles est optimal pendant un certain temps. Mais s'arrêter la première fois que vous avez davantage de faces que de piles ne reste pas éternellement optimal. Au bout d'un certain temps, on devrait s'arrêter seulement si l'on a deux faces de plus que de piles, puis après un deuxième temps critique, s'arrêter seulement si l'on a trois faces d'avance, et ainsi de suite.

Nombre maximal de lancers du dé	Arrêter si le premier lancer donne :	Gain moyen
1	1, 2, 3, 4, 5 ou 6	3,5
2	4, 5 ou 6	4,25
3	5 ou 6	4,67
4	5 ou 6	4,94
5	5 ou 6	5,13

© Shutterstock/Apple

6. ON CONSIDÈRE LE JEU consistant à lancer N fois ($N < 6$) au plus un dé à six faces, en s'arrêtant quand on veut. On gagne un nombre de pièces égal à ce qu'indique le dernier lancer. Pour N fixé, la stratégie optimale consiste à s'arrêter au premier lancer s'il donne l'un des résultats indiqués, et sinon d'effectuer un nouveau lancer et d'appliquer la stratégie correspondant à $N - 1$ lancers [récurrence à rebours].

La démonstration de ce fait n'est pas aisée, et la liste complète des temps critiques n'est pas connue. La récurrence à rebours ne fonctionne pas pour ce problème puisqu'il n'y a *a priori* pas de fin à la séquence et donc pas de temps futur à partir duquel on puisse raisonner à reculs. Malgré des avancées très récentes de Wolfgang Stadje, de l'Université d'Osnabrück, en Allemagne, la règle optimale exacte pour toutes les séquences de faces et de piles est inconnue.

Néanmoins, le domaine général de l'arrêt optimal, en particulier avec ses applications aux marchés financiers, continue à se développer à vive allure. En fait, certains spécialistes trouvent que ce rythme a été trop rapide et que les modèles informatiques de l'évaluation des options financières et des produits dérivés sont à l'origine de l'actuelle crise économique. Mais ce n'est pas la théorie qui est en cause. Comme d'autres, j'en attribue la responsabilité à la confiance aveugle des décideurs dans les prédictions des modèles informatiques. En fait, de nouvelles idées et découvertes en matière d'arrêt optimal, y compris de meilleures estimations du risque que les modèles mathématiques soient erronés, sont exactement ce dont nous avons besoin – non seulement comme guide pour savoir quand mettre fin aux subventions, par exemple, mais aussi pour faire face à de nombreux autres problèmes cruciaux, notamment quand arrêter d'utiliser des combustibles fossiles ou de stocker des armes nucléaires. ■

Dans tout bon document
il y a un début, un milieu,
et...

EndNote[®] X2



Les nouveautés d'EndNote X2

- Grâce à **EndNote X2** vous pouvez, à partir des références, directement importer le texte intégral, si celui-ci est disponible, en utilisant la commande «**Find Full Text**».
- Les «**Smart Groups**» vous permettront de mieux trier automatiquement vos références par thématique. C'est un bon complément des «**Custom Groups**» et vous pourrez en créer jusqu'à 500.
- Deux nouveaux champs renseignés automatiquement (*date de saisie* et *date de dernière modification*) vont vous permettre de faciliter la gestion de votre base.
- L'accès aux connexions les plus utilisées est grandement facilité grâce à une interface utilisateur repensée.
- La base de données dans laquelle la recherche de références s'effectue est maintenant clairement indiquée, vous permettant ainsi de mieux superviser la construction de votre bibliographie.

Vous avez accès à toujours plus de styles (+ de 3300), de connections (2800) et de filtres (+ de 630).

Encore plus d'informations sur EndNote X2

➔ www.ritme.com/go/endnote

➔ www.scientific-solutions.ch/go/endnote

ENDNOTE X2 EST DISPONIBLE POUR WINDOWS (XP/VISTA) ET MAC OS X



DE LA DECOUVERTE A LA PUBLICATION...

... PASSEZ A LA VITESSE SUPERIEURE

ENDNOTE X2



Ritme Informatique
34, Bd Haussmann 75009 Paris
Tél. : 01 42 46 00 42
Fax : 01 42 46 00 33
www.ritme.com — info@ritme.com

SCIENTIFIC solutions

Scientific Solutions SA
Rue du Midi 2 — CH-1009 Pully-Lausanne
Tél. : 021 711 15 20 — Fax : 021 711 15 21
www.scientific-solutions.ch — info@scientific-solutions.ch

Menaces sur le



thon rouge

Alain Fonteneau et Jean-Marc Fromentin

Surtout pêché pour les marchés japonais du sushi, le plus grand des thons est victime de son succès et est fortement surexploité.

L'ESSENTIEL

- ✓ Le thon rouge est l'un des poissons les plus chers au monde, car c'est une chair de premier choix pour les sushis.
- ✓ Il vit plus de 20 ans, se reproduit surtout en Méditerranée et se déplace dans tout l'océan Atlantique Nord.
- ✓ Il est surtout pêché au moment de la reproduction, là où les thons se rassemblent : le nombre de reproducteurs chute et le renouvellement des générations risque de ne plus être assuré.
- ✓ Les solutions : diminuer la capacité de pêche et contrôler le marché japonais du sushi.

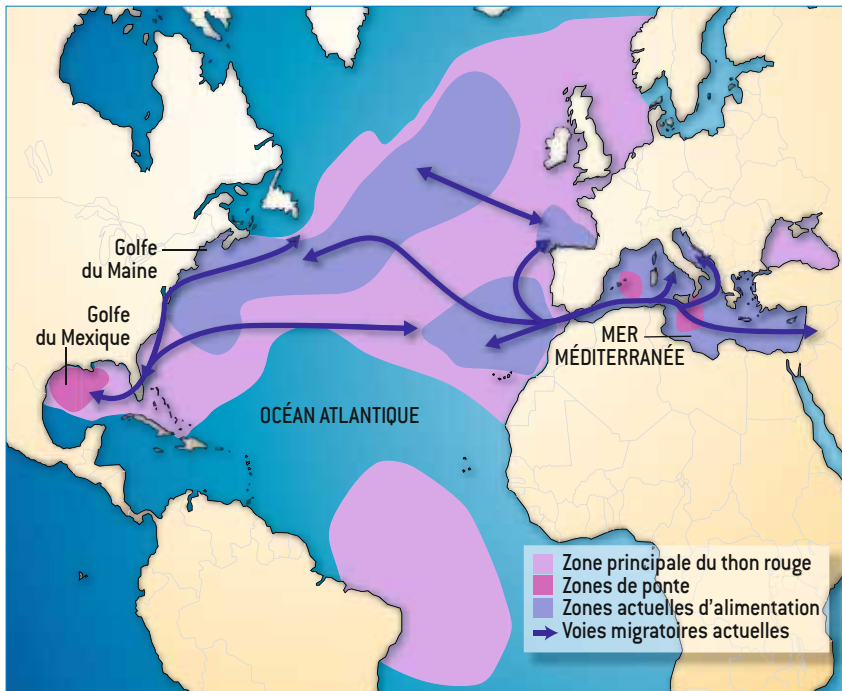
En 2001, un thon rouge de l'Atlantique (*Thunnus thynnus*) de 300 kilogrammes s'est vendu 174 000 dollars sur un marché aux poissons à Tokyo. Et le chef japonais du restaurant le plus cher de New York, le *Masa*, le temple du sushi au thon rouge, propose des menus à partir de 300 euros ! Le thon rouge est l'un des poissons les plus convoités au monde : il représente le tout premier choix pour les sushis – du poisson cru accompagné de riz – et les sashimis – du poisson cru seul. C'est aussi un géant parmi les poissons : ses caractéristiques biologiques sont exceptionnelles et complexes. Après deux millénaires d'exploitation durable, c'est aujourd'hui l'une des espèces de poisson les plus menacées au monde.

Tous les thons ne se ressemblent pas ; le thon en conserve est soit du thon blanc (*Thunnus alalunga*), soit du thon jaune ou albacore (*Thunnus albacares*), soit du thon listao (*Katsuwonus pelamis*). Les deux premières espèces, qui mesurent au plus un mètre et demi de long alors que la troi-

sième fait moins de un mètre, sont pêchées en grande quantité (plus de quatre millions de tonnes par an) dans le monde. Le thon obèse (*Thunnus obesus*) est une espèce de plus grande taille aussi appréciée crue par les Japonais, et il existe un thon rouge du Pacifique (*Thunnus orientalis*), proche du thon rouge de l'Atlantique, mais plus petit... C'est bien le thon rouge de l'Atlantique – le maguro au Japon – qui est actuellement le plus recherché : les menaces d'effondrement qui planent sur cette ressource sont réelles.

Un géant très mobile

Quels sont les risques que le thon rouge de l'Atlantique rejoigne sous peu la morue du Canada dans la liste des stocks de poissons épuisés par la pêche ? Nous tenterons de répondre à cette question en analysant les conclusions des scientifiques et les mesures de gestion décidées et mises en œuvre par la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique, la CICTA, l'organisme



1. LES THONS ROUGES SONT DE GRANDS MIGRATEURS. Ils migrent des zones de ponte, les eaux chaudes de Méditerranée et du golfe du Mexique, vers les régions où ils s'alimentent, telles que le golfe du Maine ou la Méditerranée. Ils peuvent parcourir 7 700 kilomètres en 50 jours, bien qu'ils se reproduisent surtout en Méditerranée, entre mai et juin. Ils reviennent toujours pondre là où ils sont nés.

La CICTA

✓ Depuis 1967, la conservation des thons de l'Atlantique a été confiée à la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique, la CICTA. C'est un organisme international créé sous l'égide des Nations unies et de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (la FAO). La CICTA comprend un secrétariat qui centralise les données de pêche, un comité scientifique qui suit l'état des ressources thonières de l'Atlantique, et une assemblée décisionnelle internationale qui, à partir des travaux scientifiques, construit les mesures de gestion. Ces dernières doivent, *in fine*, être mises en place par les différents pays pêcheurs.

international créé en 1967 et responsable de la conservation de cette ressource.

Le thon rouge de l'Atlantique est l'espèce de thon qui atteint les plus grandes tailles : les thons géants de plus de 500 kilogrammes sont rares, mais le thon rouge peut atteindre plus de 750 kilogrammes et quatre mètres de long. Ces thons sont très recherchés par de nombreux pêcheurs professionnels et sportifs. Le thon rouge peut vivre plus de 20 ans ; sa croissance est rapide, puisqu'en Méditerranée, il atteint 30 kilogrammes à l'âge de quatre ans, et les femelles de cette taille commencent déjà à se reproduire. En revanche, dans l'Atlantique Ouest, la ponte du thon rouge serait plus tardive, quand les femelles auraient huit ans, pesant alors près de 100 kilogrammes.

Tous les thons sont de grands migrants. Le thon rouge en est un parfait exemple, car il effectue en permanence de grands déplacements : les migrations vers les zones de ponte – les eaux chaudes, supérieures à 22 °C, de Méditerranée et du golfe du Mexique – ou les migrations vers les zones d'alimentation dans les régions « trophiques » (souvent dans des eaux froides), telles que le golfe de Gascogne, la mer du Nord, la Méditerranée occidentale et centrale, le golfe du Maine et du Saint-Laurent, le Gulf Stream et par-

fois les zones équatoriales (comme au large du Brésil, voir la figure 1).

Les scientifiques ont mis en évidence les déplacements du thon rouge grâce aux nombreux marquages réalisés sur cette espèce depuis plus d'un demi-siècle. Depuis une décennie, des marques électroniques – de type minibalises ARGOS – sont utilisées pour reconstituer avec plus de précisions les routes migratoires. Le thon rouge se déplace rapidement : il peut parcourir 7 700 kilomètres en 50 jours, soit une vitesse moyenne de 6,4 kilomètres par heure et des pointes à 20-30 kilomètres par heure. En outre, le thon rouge, mais aussi d'autres thons, effectuent de fréquentes plongées jusqu'à un kilomètre de profondeur (mais on en ignore encore les raisons). Toutefois, certains groupes de thons rouges seraient moins mobiles, notamment en Méditerranée. Pourquoi certaines populations ne migrent-elles pas ? Ces « fractions résidentes » sont-elles importantes ? Traduisent-elles une division complexe de la population en différentes sous-populations, chacune ayant des capacités migratoires différentes (voir l'encadré page 38) ?

Quoi qu'il en soit, il est important de bien connaître les déplacements du thon rouge, car ils conditionnent la structure des stocks que les scientifiques choisissent pour évaluer les ressources, puis pour les gérer.

Un thon fidèle à sa région natale

Le thon rouge de l'Atlantique ne se reproduit qu'en Méditerranée – autour de la Sicile et de Malte, entre Chypre et la Turquie, autour des Baléares – et au Nord du golfe du Mexique, et ce, toujours en mai et juin. La ponte est proportionnelle au poids des femelles : si ces dernières sont âgées, elles sont capables de pondre chaque année des dizaines de millions d'œufs (mais les larves n'ont qu'une chance infime d'atteindre l'âge adulte).

En raison de cet important potentiel de ponte, on pourrait penser que le thon rouge résiste à la surexploitation ; mais les effondrements de plusieurs stocks de morues de l'Atlantique – une autre espèce très féconde – ont montré que cette capacité ne suffit pas...

Qui plus est, les nombreux marquages électroniques réalisés depuis dix ans et les connaissances biologiques, chimiques et halieutiques sur le thon rouge montrent

que ce dernier revient probablement pondre là où il est né, à l'instar des saumons, des tortues ou des anguilles. Ce phénomène dit de *homing* (en français, « retour au bercail ») est logique d'un point de vue évolutif : toute espèce ayant une vaste distribution spatiale doit pouvoir se retrouver et se regrouper dans une zone précise à un moment donné pour se reproduire avec succès.

Les thons rouges mangent tout ce qu'ils peuvent attraper, et ils attrapent presque tout ce qui nage, flotte ou rampe sur les fonds marins ; leur alimentation est très variée et même opportuniste. S'ils dévorent de grandes quantités de jeunes harengs, anchois et sardines qui vivent en bancs côtiers sur les plateaux continentaux (mer du Nord, Bretagne, golfe de Gascogne), ils consomment aussi les poissons et les crustacés présents sur le fond de l'Océan, par exemple des lançons (des petits poissons souvent enfouis dans le sable), des hippocampes et même des homards. Ils mangent parfois des méduses, sans oublier les proies classiques des thons en haute mer, telles que les céphalopodes, les crustacés et les poissons pélagiques hauturiers.

Cette variété est classique pour les thons, mais elle est extrême pour le thon rouge. Elle est d'autant plus marquée que ce poisson est le seul capable de vivre dans une large gamme d'écosystèmes chauds ou froids, avec des températures comprises entre 2 et 30 °C. En effet, le thon rouge est doté d'une excellente thermorégulation (la plus efficace parmi les thons) ; les adultes conservent ainsi durant des mois une température interne de 20 °C, même quand ils nagent dans des eaux froides (à 5 °C par exemple). Rappelons que, chez la plupart des autres poissons (à l'exception des requins), la température interne varie avec celle du milieu.

Une ressource exploitée depuis l'Antiquité

Le thon rouge de l'Atlantique n'a pas toujours été considéré comme un mets délicat. Néanmoins, il est exploité de longue date. On sait qu'il était déjà pêché en Méditerranée 7 000 ans avant notre ère, par exemple à Volos et Saliagos, ainsi qu'en mer du Nord et dans la Baltique, où les archéologues ont récemment retrouvé des vertèbres de thons, des hameçons et des pièges à thons. Les civilisations phéni-

cienne et romaine nous ont aussi légué de nombreux textes et images qui décrivent la pêche et les migrations du thon rouge, une pêche et un commerce profondément enracinés durant des siècles dans le bassin méditerranéen.

Les premiers dispositifs de grande envergure pour la capture du thon rouge ont été des filets encerclants, utilisés pendant des siècles en Méditerranée. Ainsi, cette senne de plage permet de capturer les poissons à la surface, en pleine eau, en les encerclant avec un filet (voir la figure 2). La technique du piège fixe utilisant des filets ancrés, la « madrague » (voir la figure 3), apparaît en Sicile dès le XVI^e siècle, puis en Sardaigne, mais seulement au début du XIX^e siècle en Andalousie. Les thons rouges ainsi capturés faisaient déjà l'objet d'un vaste marché international et étaient commercialisés dans toute l'Europe, salés, séchés, fumés ou conservés dans l'huile.

À ce titre, la pêche au thon rouge a été, avec celles du hareng et de la morue, l'une des toutes premières grandes pêcheries d'envergure internationale, impliquant des investissements bancaires importants.

On installait de nombreuses madragues en Méditerranée et sur les côtes du Maroc et de la péninsule Ibérique, près de Gibraltar. L'objectif était de capturer les thons rouges effectuant leurs migrations annuelles de ponte de l'Atlantique Nord vers la Méditerranée. Des chercheurs

✓ BIBLIOGRAPHIE

J.-M. Fromentin, *Lessons from the past : investigating historical data from bluefin tuna fisheries*, *Fish and Fisheries*, vol. 10, pp. 197-216, juin 2009.

J. R. Rooker *et al.*, *Natal homing and connectivity in atlantic bluefin tuna populations*, *Science*, vol. 322, pp. 742-744, 2008.

Le thon rouge : une espèce surexploitée, *Dossier de presse Ifremer*, 2008.

J.-M. Fromentin et J. E. Powers, *Atlantic bluefin tuna : population dynamics, ecology, fisheries and management*, *Fish and Fisheries*, vol. 6, pp. 281-306, 2005.

B. A. Block *et al.*, *Electronic tagging and population structure of atlantic bluefin tuna*, *Nature*, vol. 434, pp. 1121-1127, 2005.

L'aquaculture au secours du thon rouge ?

En 2008, Richard Ellis, chercheur au Muséum américain d'histoire naturelle, développe une idée qui a vu le jour dès la fin des années 1990 : peut-on élever le thon rouge ? Le Japon et l'Union européenne ont mis au point depuis plusieurs années des recherches ambitieuses sur l'aquaculture du thon rouge.

L'objectif de cette aquaculture est double : produire de grandes quantités de thon rouge pour le marché japonais du sashimi, et repeupler en larves ou en juvéniles de thons rouges des océans dépeuplés par la surexploitation. Ces travaux ont conduit à des résultats intéressants, au moins sur le plan scientifique, mais il semble que la production en

masse de thon rouge ne soit pas pour demain...

En effet, il a fallu 25 ans au Japon pour obtenir des œufs de thons rouges éclos en captivité. Cet exemple montre combien l'élevage est complexe. De plus, il est coûteux à mettre en œuvre, car les thons sont voraces et il faut plusieurs kilogrammes de proies pour produire un seul kilogramme de thon.

En outre, il sera toujours difficile de produire en élevage des individus d'une qualité comparable aux thons sauvages capturés en haute mer. Cette différence est due au fait que tous les thons, le thon rouge en particulier, ont été sélectionnés génétiquement par l'évolution comme des

espèces de haute mer et d'écosystèmes tempérés, nageant en permanence sur des milliers de kilomètres et mangeant une nourriture très variée.

L'idée de repeupler l'océan Atlantique à partir de larves ou de juvéniles produits en aquaculture semble aussi hypothétique, tant à cause des difficultés de préserver une diversité génétique de la population, qu'à cause de la difficulté de produire des millions de juvéniles capables de survivre en haute mer ; rappelons que les succès de repeuplement à partir de l'aquaculture ont été surtout enregistrés sur des espèces peu mobiles, notamment les mollusques, mais rarement sur des espèces mobiles.

français ont analysé les captures annuelles de ces madragues sur plusieurs siècles (de 1600 à 1950) : les captures atteignaient 30 000 tonnes en périodes favorables (15 000 tonnes en moyenne). Cependant, ces captures présentent de grandes fluctuations périodiques, qui s'étendent sur une centaine d'années et qui semblent liées aux changements de l'environnement, notamment de la température de l'eau, ce qui modifierait les routes migratoires du thon rouge.

Ces cycles à long terme, mis en évidence sur les pêcheries historiques de Méditerranée et d'Atlantique, conditionnent l'exploitation actuelle du thon rouge. Ainsi, si les captures peuvent être élevées dans les phases de forte biomasse du stock, elles doivent être réduites pendant les périodes de faible productivité. Dans ce contexte, la capture maximale n'est pas fixe, mais variable selon les conditions environnementales.

Toujours plus de pêche

L'exploitation du thon rouge a fortement augmenté au cours du XX^e siècle avec le développement de plusieurs méthodes de pêche dans diverses régions de la Méditerranée et de l'Atlantique Nord. À partir des années 1940, apparaissent les flottilles de canneurs (des navires pêchant avec des cannes et de l'appât vivant) et de ligneurs (des navires pêchant avec des lignes de traîne) dans le golfe de Gascogne et dans le détroit de Gibraltar, ainsi que des flottilles de senneurs encerclant des bancs de thons, d'abord en mer du Nord et en Norvège (dans les années 1935-1970), puis en Méditerranée (depuis 1950) et le long des côtes américaines (depuis 1960). Ensuite, en haute

mer, les flottilles de palangriers – surtout des navires japonais équipés de palangre, une très longue ligne de fil de pêche où sont fixés plusieurs milliers d'hameçons – ont exploité tout l'Atlantique à partir de la fin des années 1950. Et c'est sans compter sur les pêcheurs sportifs (considérant ce poisson imposant comme un digne adversaire), très actifs en mer du Nord, aux États-Unis, au Canada et en Méditerranée depuis le début du XX^e siècle, et la pêche récréative, liée au développement de la plaisance.

Quoi qu'il en soit, ces captures très diversifiées et de plus en plus importantes ont augmenté la pression halieutique, c'est-à-dire les quantités prélevées sur le stock de thon rouge, d'abord sur les individus de petite taille (les juvéniles), puis sur les gros reproducteurs. Les zones de pêche

au thon rouge exploitées par les palangriers depuis 50 ans sont variables. Par exemple, on s'interroge toujours sur les raisons qui ont conduit le thon rouge dans une zone équatoriale, autour du Brésil, dans les années 1960, où 30 000 tonnes ont été capturées en six ans.

Une partie de ces mystères dépendrait de la dynamique spatiale de cette espèce. Ainsi, la fin brutale des grandes pêcheries de thon rouge qui ont été très actives dans la mer du Nord jusqu'en 1962 (et qui exploitaient un mélange de thons provenant de Méditerranée et d'Atlantique Ouest) ne semble pas due à un effondrement local des stocks de thon rouge, mais plutôt à un changement de leurs routes migratoires en réaction au refroidissement de l'Atlantique Nord du début des années 1960 ; s'ajoute à cela



2. LA SENNE est un grand filet encerclant qui permet de capturer les poissons à la surface, en pleine eau. Ici, en Méditerranée, un senneur, le bateau équipé de ce filet.

LES FERMES À THONS ROUGES

La surcapacité des flottilles de pêche légales et illégales menace le thon rouge, notamment en Méditerranée où cette espèce se trouve piégée comme dans une nasse en mai et juin lors de sa reproduction. Depuis une dizaine d'années, se sont multipliées des fermes à thons rouges (*voir ci-contre*) ; ces derniers sont capturés par des senneurs en période de ponte, et donc en mauvais état physiologique, puis ils sont gardés en mer en bassins où ils sont nourris et engraisés pendant plusieurs mois. Ils sont ensuite vendus à un excellent prix sur le marché japonais du sashimi. Ces fermes ont augmenté la valeur marchande des thons rouges de Méditerranée, et favorisé l'accroissement et la modernisation des flottilles de senneurs, la cause majeure de la surexploitation actuelle du thon rouge. Le développement de ces fermes a également contribué à fausser les données de pêche enregistrées à la CICTA, car, comme des poissons vivants y sont retenus, ils ne sont pas comptabilisés. La mise en place d'observateurs dans les fermes permet depuis peu de réaliser ce comptage.





3. LA MADRAGUE est un filet ancré au fond de l'eau. Ici, il s'agit de la phase finale de la pêche, au moment où l'on relève le filet de fond pour récupérer les poissons.

une surexploitation des populations de harengs dans la région, les jeunes harengs étant, en mer du Nord, la nourriture favorite des thons rouges.

En conséquence, les zones de pêche du thon rouge de l'Atlantique sont variables ; un tel phénomène a rarement été observé pour une autre espèce de thons, et, malgré de nombreuses recherches, le thon rouge demeure imprévisible. Cela complique quelque peu la gestion, mais il faut tout de même en tenir compte pour réglementer la pêche et préserver cette ressource.

Toutes les évaluations de ressources thonières, dont le thon rouge, reposent essentiellement sur les données de pêche, en particulier celles relatives aux quantités et aux tailles des thons capturés, selon les zones et les saisons, et aux efforts de pêche déployés (à savoir le nombre, la taille et la performance des bateaux de pêche). Contrairement à d'autres espèces de poissons (la morue, le hareng ou l'anchois), les suivis à bord de navires scientifiques sont inutilisables pour estimer les biomasses des ressources thonières de haute mer, car les thons sont trop mobiles et dispersés dans de vastes zones. Seuls les programmes de marquage permettent d'obtenir des informations scientifiques indépendantes de la pêche, mais ces dernières ne suffisent pas, et les évaluations thonières dépendent encore largement de la qualité des données de pêche.

Malheureusement, les données sur le thon rouge fournies à la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (CICTA) par les pays

pêcheurs sont de mauvaise qualité, surtout depuis une dizaine d'années, suite à la mise en place de quotas en 1996 et au développement des fermes d'engraisement (voir l'encadré page ci-contre). À partir de données de marché et de capacité de pêche active (soit le nombre de navires en activité), les scientifiques estiment que les captures récentes de thon rouge en Méditerranée et en Atlantique Nord seraient très supérieures aux captures officiellement déclarées : environ 50 000 tonnes contre 30 000 à 32 000 tonnes déclarées.

Compte tenu de ces différents facteurs, peut-on estimer la pression halieutique réelle ? Pas si facile. On sait que les captures ont brusquement augmenté de 1992 à 1995 (voir la figure 4), pour deux raisons : d'une part, les senneurs européens, devenus plus efficaces, réalisèrent d'importantes prises, associées à des conditions environnementales favorables. D'autre part, comme on décida en 1996 d'instaurer des quotas et que leur attribution fut décidée selon les prises historiques, certains pays ont révisé leurs statistiques pour augmenter les chiffres artificiellement... *In fine*, la hausse ne refléterait pas totalement la réalité.

La deuxième composante nécessaire pour évaluer les stocks de thon rouge est une bonne connaissance de la biologie et des déplacements de l'espèce ; mais, comme nous l'avons évoqué, ces données restent insuffisantes. Dans ce contexte, le comité scientifique de la CICTA peut difficilement estimer de façon fiable et précise la biomasse de thon rouge. Cela étant,

ces limites ne remettent pas en question le diagnostic de surexploitation.

La communauté scientifique est en effet unanime : la capacité de pêche internationale actuelle – les données la concernant sont fiables – est largement excessive. De plus, aujourd'hui, elle s'exerce surtout lors de la reproduction des thons, quand ces derniers sont le plus vulnérables à la pêche, car concentrés dans quelques régions de Méditerranée. En outre, des indicateurs de certaines pêcheries bien suivies par les scientifiques confirment la tendance à la baisse du nombre total de reproducteurs. Enfin, l'expansion spatiale des pêcheries fait qu'il n'existe aujourd'hui plus aucun refuge pour le thon rouge, et ses caractéristiques biologiques, notamment sa longévité et sa maturité tardive, le rendent plus fragile à l'exploitation qu'un thon tropical. Si rien n'est fait pour le protéger, sa biomasse risque d'atteindre un seuil biologique critique – en d'autres termes, les reproducteurs ne seront plus assez nombreux pour assurer le renouvellement des générations – et cela risquerait d'avoir des conséquences irréversibles.

Le diagnostic est sans appel : la surexploitation du stock de thon rouge est forte. De sérieuses menaces d'effondrement pèsent sur le stock à moyen terme.

Nos enfants mangeront-ils du thon rouge ?

La CICTA a pris conscience de ces menaces depuis quelques années ; elle a décidé diverses mesures de gestion qu'elle a mises en œuvre au niveau international pour limiter les activités halieutiques sur le thon rouge. Toutefois, les scientifiques ont toujours considéré que ces mesures restaient insuffisantes et qu'elles étaient de surcroît peu ou pas appliquées, notamment dans certains pays méditerranéens.

En outre, comme nous l'avons mentionné, les captures réelles sont supérieures aux captures déclarées et légales ; et la taille des poissons capturés est souvent inférieure aux tailles limites autorisées. On utilise souvent des engins de pêche illégaux, ainsi que des avions de prospection – pour repérer les thons –, pourtant interdits. Cet échec flagrant de la gestion du stock est dû à la conjonction de multiples causes, la principale étant sans doute la difficulté de gérer des stocks partagés par différents pays pêcheurs ; la logique à court terme

Stocks et sous-populations de thon rouge

Le concept de stock désigne une unité géographique d'évaluation et de gestion des ressources halieutiques, qui est définie par les scientifiques. Ce concept est différent de celui de sous-populations biologiques qui représente des fractions de la population plus ou moins isolées et adaptées à un environnement particulier, par exemple les thons rouges qui sont nés en Méditerranée ou dans le golfe du Mexique.

Les scientifiques ont constaté les migrations transatlantiques du thon rouge depuis longtemps, grâce aux marquages classiques. Mais la CICTA a décidé en 1981 de gérer la population de thons rouges de l'Atlantique, en supposant qu'il existait deux stocks distincts, un dans l'Atlantique Est, l'autre dans l'Atlantique Ouest, séparés par le 45° parallèle Ouest.

Cette frontière légale reste artificielle et elle montre aujourd'hui ses limites : le stock Ouest

reste faible, malgré les quotas très bas mis en œuvre depuis 1981. Ce bas niveau serait dû à la baisse du stock méditerranéen qui migre de façon saisonnière dans l'Atlantique Ouest.

Une politique de gestion de la ressource tenant compte des migrations et de la structure biologique des sous-populations est donc indispensable pour bien la gérer.

ter la quasi-totalité de l'effort de pêche, ce qui est risqué. Enfin, certaines pêcheries asiatiques et de pays méditerranéens sont encore peu, voire pas du tout, contrôlées.

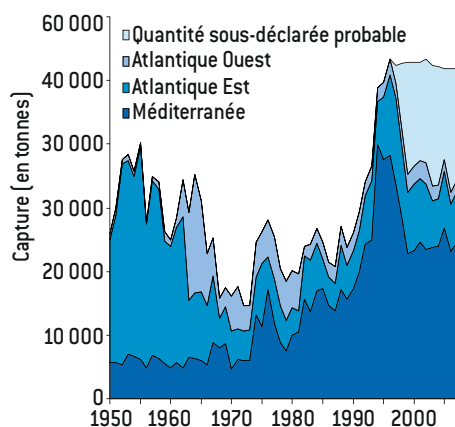
En conséquence, il faut réduire la capacité de pêche au thon rouge à l'échelle internationale (un effort local, même à l'échelon européen, ne serait pas suffisant). Les scientifiques considèrent que cette capacité est aujourd'hui deux à trois fois supérieure à la productivité naturelle du stock, c'est-à-dire la quantité de poissons que l'on peut pêcher sans mettre en danger la population.

De plus, l'effondrement du stock de thon rouge risquerait d'être irréversible. Le thon rouge joue probablement un rôle écologique majeur dans l'Atlantique Nord et en Méditerranée : la disparition de centaines de milliers de tonnes d'un tel prédateur du sommet de la chaîne alimentaire pourrait avoir des conséquences écologiques importantes en Méditerranée, même si elles sont difficiles à prévoir.

Des règles simples... à appliquer

La conservation du thon rouge est donc un défi urgent pour la communauté internationale. Fort heureusement, le potentiel de survie du thon rouge est facilité par deux facteurs ; tout d'abord, la majorité des captures a lieu en Méditerranée, une mer de petite taille qu'il est potentiellement plus facile de contrôler qu'un océan. Ensuite, la majorité des captures est vendue sur le marché japonais du sashimi et du sushi. Le seul contrôle de ce marché serait tout aussi déterminant. De plus, on pourrait souhaiter le retour de pêcheries artisanales orientées sur des marchés locaux. Celles-ci ont en effet montré par le passé qu'elles étaient viables et durables.

Il est encore possible de sauver le thon rouge. Mais des actions importantes sont urgentes, notamment celles visant à la préservation des reproducteurs. Il faut également accepter le fait que la récupération du stock reproducteur sera lente, à cause de la longévité de l'espèce et donc des délais biologiques nécessaires à son renouvellement. Enfin, il faudrait que les politiques publiques deviennent plus actives quant au suivi des pêcheries et de la recherche. Sans des progrès importants dans ces deux domaines, il sera difficile d'améliorer la précision du diagnostic scientifique, ni notre compréhension de la biologie et de l'écologie de cette espèce fascinante. ■



4. LES CAPTURES DE THON ROUGE

officiellement déclarées depuis 1950 ont augmenté jusqu'en 1996, date à laquelle ont été mis en place les quotas. Les prises déclarées ont ensuite été limitées, mais celles-ci seraient inférieures aux captures réelles d'environ 30 pour cent.

de rentabilisation des flottes existantes, longtemps subventionnées par les États, l'exporte alors sur la conservation des ressources et des écosystèmes pour les générations futures.

Il résulte de ce contexte une situation qui devient critique et qui a provoqué les alertes lancées depuis 2006 par les scientifiques de la CICTA et par les Organisations non gouvernementales (notamment WWF et Greenpeace). Une prise de conscience s'opère peu à peu, et les décisions prises en 2006 et en 2008 par la commission de la CICTA sont plus contraignantes, même si elles restent en deçà des recommandations des scientifiques.

Elles se traduisent par une augmentation de la taille minimale des thons autorisés à la pêche, un allongement de la période de fermeture de la pêche, et un quota plus faible (fixé à 22 000 tonnes contre 30 000 tonnes auparavant). De plus, l'Union européenne a renforcé les contrôles et encadre beaucoup plus les opérations de pêche de ses flottilles depuis 2008.

La situation n'est donc pas désespérée, d'autant que les reproducteurs, certes peu nombreux, semblent encore assurer le renouvellement des générations. Les canneurs basques dans le golfe de Gascogne qui visent chaque été les thons rouges juvéniles présentent des rendements assez stables. En outre, on constate depuis deux ans de fortes concentrations de juvéniles sur les côtes françaises et italiennes de Méditerranée. Mais un effondrement du stock reproducteur provoquerait une rapide baisse du nombre de juvéniles.

Toutefois, deux problèmes persistent. D'abord, les nouvelles réglementations font que le stock de reproducteurs va suppor-

LES AUTEURS



Alain FONTENEAU est directeur de recherche à l'IRD et Jean-Marc FROMENTIN est cadre de recherche à l'Ifremer.

Le nouveau site de Pour la Science est en ligne !

www.pourlascience.fr

Avec son nouveau site Internet, *Pour la Science* vous offre plus de contenu, plus de services, plus d'interactivité.

➤ Vous êtes abonné à *Pour la Science* ?

Retrouvez l'intégralité de votre magazine en ligne et téléchargez les articles de votre choix. Réagissez aux articles et posez vos questions à des experts. Découvrez chaque jour des contenus inédits.

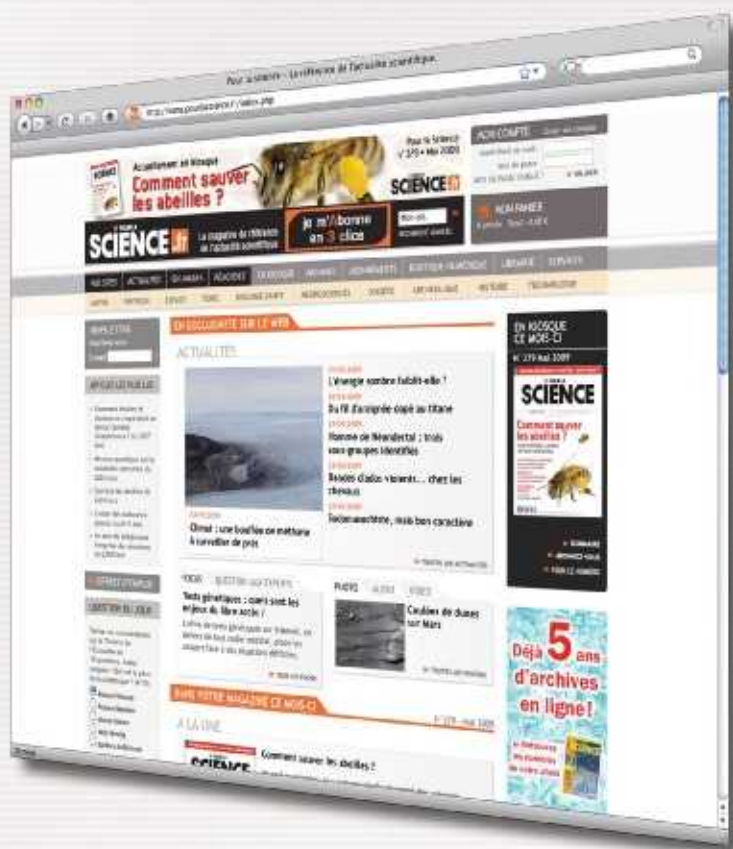
➤ Vous n'êtes pas encore abonné à *Pour la Science* ?

Découvrez chaque jour des actualités scientifiques, des articles originaux, des photos, des vidéos...
Achetez les articles de votre choix.

➤ Abonnez-vous en ligne en trois clics !

L'abonnement « papier » vous donne accès au magazine imprimé et à tous les contenus web.
L'abonnement « web » vous donne accès à votre magazine au format numérique.

➤ Et bientôt l'accès en intégralité aux archives !



À bientôt sur

POUR LA
SCIENCE.fr

Les cratères de météorites

Pierre Vincent

Les cratères d'impacts météoritiques sont produits par des explosions, qui laissent des signatures géologiques et minéralogiques caractéristiques.

En 1995, de retour à N'Djamena, la capitale tchadienne, après une mission au Tibesti, je découvre par hasard une image satellitaire de l'Ennedi. Sur ce plateau gréseux situé au Nord-Est du Tchad, on distingue une structure circulaire d'une quinzaine de kilomètres de diamètre dotée d'un important relief central. Un astroblème ? En d'autres termes, un cratère d'impact météoritique ? L'étude en France de photos aériennes réalisées par l'Institut géographique national et l'armée de l'air confirme l'intérêt d'une mission sur le terrain afin de tester cette hypothèse. Grâce à Alain Beauvilain, un géographe bon connaisseur du Tchad, où il réside alors, elle a lieu l'année suivante. La structure n'est qu'à 35 kilomètres au Nord-Est de la palmeraie de Fada, mais la présence d'une zone minée nous empêche d'y parvenir avant cinq jours. Nous constatons sur place que les roches du relief central

– des brèches – plaident en faveur d'un impact, mais n'en constituent pas une preuve suffisante. Outre d'éventuels restes de météorite – mais ils sont toujours absents dans les grands cratères –, la seule preuve irréfutable de la réalité d'un impact est la présence d'un métamorphisme de choc, c'est-à-dire d'une transformation des minéraux ou des roches due aux pressions et aux températures extrêmes d'un impact.

Pressions extrêmes

Or, de retour à Clermont-Ferrand, nous découvrons que nombre des échantillons rapportés du Tchad contiennent des quartz choqués. On désigne ainsi des cristaux de quartz, qui, sous l'influence de la pression énorme ayant brièvement régné pendant un choc, ont acquis le long de certains plans cristallins de très fines lamelles amorphes (non cristallines).

Depuis, le cratère de Gweni-Fada a été homologué par la base internationale de données des impacts maintenue par le Centre de sciences spatiale et planétaire de l'Université du Nouveau-Brunswick au Canada. Il suffit de taper les mots-clés *Gweni Fada crater* dans le logiciel *Google Earth* pour le contempler.

Du reste, l'importance des images satellitaires dans la découverte de possibles cratères à la surface de la Terre ne cesse de se confirmer. En 2005, Arthur Hickman du Service géologique australien a découvert à l'aide de *Google Earth* une structure ronde à l'Est de l'Australie. Sur le site internet, elle est déjà présentée comme un « probable cratère météoritique nouvellement découvert », et il suffit d'y taper *Hickman crater* pour l'observer. Elle est actuellement en voie d'homologation, après la découverte sur place d'impactites, c'est-à-dire de roches transformées par un impact météoritique...