



Thons Rouges

État des connaissances scientifiques

Résumé

Les trois espèces de thon rouge sont présentes dans les océans du monde entier, depuis l'équateur jusqu'aux mers subpolaires. Une série d'adaptations physiologiques a permis au thon rouge d'occuper une aire de répartition particulièrement étendue, qui figure parmi les plus vastes qui soient pour un poisson donné. Certaines pêcheries ciblant les thons rouges existent depuis l'Antiquité, approvisionnant essentiellement de petits marchés locaux. L'évolution récente de mondialisation des marchés de poissons, ajouté au développement de la pêche industrielle et aux prix élevés pratiqués sur le marché mondial des sushis, ont conduit l'exploitation des thons rouges à des niveaux qui ne sont plus durables. En conséquence, les populations mondiales ont considérablement diminué, pour descendre dans certains cas jusqu'à 3 % du niveau de la population d'origine. La menace de surpêche est aggravée par des caractéristiques de leur cycle biologique telles que leur maturité tardive et leur longue durée de vie, ce qui signifie que la reconstitution des populations épuisées sera un processus très lent. Une meilleure connaissance de la biologie inhérente au thon rouge permettra aux scientifiques de comprendre jusqu'à quel point la pression halieutique peut être supportée et à quelle vitesse les populations peuvent se reconstituer. En fin de compte, la reconstitution des populations de thon rouge dépend de la volonté des gestionnaires de promulguer des mesures de gestion valables d'un point de vue scientifique et de la capacité des gouvernements à mettre en œuvre les règles adoptées.

Thons Rouges

État des connaissances scientifiques

Andre Boustany, Ph.D.*

Introduction

De toutes les espèces de thon au monde, aucune n'est aussi importante, aucune n'a autant de valeur intrinsèque que les espèces de thon rouge. Les thons rouges se divisent en trois espèces : le thon rouge de l'Atlantique (*Thunnus thynnus*), le thon rouge du Pacifique (*T. orientalis*) et le thon rouge du sud (*T. maccoyii*). Ces trois espèces sont fortement recherchées dans le cadre du commerce international de sushis et figurent systématiquement parmi les poissons les plus chers au monde (Collette *et al.* 2011). Cette valeur économique a incité les pêcheries du monde entier à exploiter les populations de thon rouge à des niveaux qui ne sont pas durables. Actuellement, les trois espèces de thon rouge font partie des espèces de thon les plus surexploitées au monde. Ce document résume l'état à ce jour de la littérature scientifique sur les caractéristiques du cycle biologique du thon rouge, sa répartition géographique, ses cycles de vie, l'histoire et la gestion de la pêche.

Les caractéristiques biologiques spécifiques aux thons rouges

Les espèces de thon rouge partagent toutes de nombreuses caractéristiques biologiques telles que leur grande taille, leur maturité tardive et une meilleure aptitude à maintenir la chaleur de leur corps par rapport aux autres thons. Toutefois, il existe aussi de grandes différences entre ces trois espèces, et même parmi les populations d'une même espèce. Par exemple, on estime que l'âge médian de maturité sexuelle (c'est-à-dire l'âge auquel la majorité des poissons d'une population est capable de se reproduire) varie de 5 ans pour le thon rouge de l'Atlantique Est à 15 ans pour le thon rouge de l'Atlantique Ouest et le thon rouge du sud. Ces estimations sont particulièrement importantes car les différences dans les paramètres de cycle biologique peuvent avoir un fort impact sur le bon état des populations et sur la réaction de celles-ci à la surexploitation.

Le bon état d'une population est déterminé par des évaluations périodiques menées par les scientifiques sur base des dernières données relatives aux

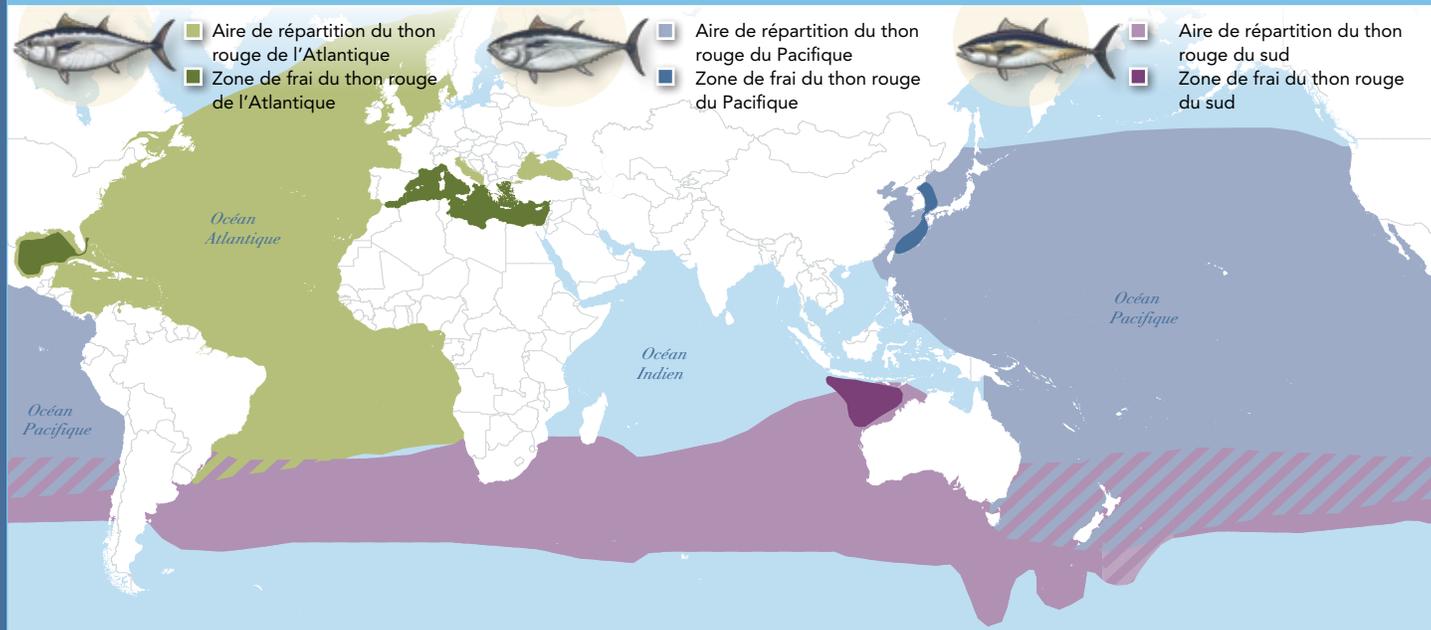
*cf. biographie en quatrième de couverture

taux de capture ainsi que des paramètres biologiques de l'espèce évaluée. Les espèces ou populations qui arrivent plus rapidement à maturité sont généralement plus capables de résister à la pression halieutique, puisque davantage de poissons atteignent l'âge de frai avant d'être capturés (Jennings *et al.* 1999). Les poissons matures ou adultes aptes à se reproduire sont nécessaires pour maintenir les niveaux de population : la capture d'un trop grand nombre de poissons immatures ou juvéniles appauvrit également le nombre de poissons adultes. L'âge de maturité influence aussi la capacité d'une population à se remettre de la surexploitation. Chez les espèces et populations qui se reproduisent pour la première fois à un âge plus avancé, l'écart entre deux générations successives est plus important, et la population croît bien plus lentement que celles dont les poissons se reproduisent pour la première fois à un âge plus précoce (Hutchings et Reynolds 2004).

Il est nécessaire de mener des recherches supplémentaires sur d'autres facteurs biologiques importants tels que les lieux et moments du frai, la structure de la population et les schémas de déplacement saisonnier. La compréhension de ces facteurs améliorera les estimations essentielles à la reconstitution et au maintien de niveaux corrects pour ces populations. Une meilleure connaissance de la structure de la population, de ses schémas migratoires et de ses zones de frai permettra d'établir des quotas de pêche régionaux plus satisfaisants sur le plan scientifique. Sans connaître ces paramètres biologiques essentiels, une pêche excessive risque d'être pratiquée sur une sous-population ou sur des concentrations de poissons en période de frai, lorsque les poissons sont particulièrement exposés. Bien qu'il soit possible de gérer une pêche sans données exactes, les mesures de gestion doivent être plus prudentes pour tenir compte de l'incertitude des évaluations réalisées sur la base de ces données.

La manière dont évolue avec l'âge l'efficacité de la reproduction, c'est-à-dire le nombre de juvéniles produits par poisson adulte, a également des conséquences sur la capacité des populations de thon

FIGURE 1. On trouve les THONS ROUGES dans tous les océans de la planète.



rouge à se remettre de la surexploitation. Dans le cas de toutes les espèces de thon rouge, les poissons les plus vieux sont susceptibles de jouer le rôle le plus important dans l'efficacité de la reproduction de la population toute entière. Comme pour de nombreuses espèces de poissons marins, le nombre d'œufs produits est bien plus conséquent chez les poissons les plus grands qui peuvent produire environ 5 millions d'œufs pour une taille de 190 cm contre 25 millions d'œufs pour une taille de 250 cm (Farley et Davis 1998, Sawada *et al.* 2005, Chen *et al.* 2006, Baglin 1982). L'abondance d'œufs produits augmente avec la taille et l'âge du poisson ; c'est pourquoi l'impact de ces poissons plus âgés et plus grands sur l'efficacité totale de la reproduction de la population est bien plus important que ce que leur nombre au sein de la population peut laisser supposer.

Localisation des thons rouges

Le thon rouge est présent dans les océans du monde entier, depuis l'équateur jusqu'aux océans subpolaires (Bayliff 1994, Mather *et al.* 1995, Farley et Davis 1998, Block *et al.* 2005) (figure 1). Les trois thons – de l'Atlantique, du Pacifique et du sud – de ce complexe d'espèces ont la capacité de maintenir leur corps à une température supérieure à celle de l'eau dans laquelle ils évoluent, caractéristique absente chez la plupart des autres espèces de poissons (Carey et Lawson 1973, Sharp 1978, Collette *et al.* 2011). Cela est rendu possible par le fait qu'ils possèdent un réseau hautement développé de vaisseaux sanguins spécialisés et qu'ils atteignent une taille plus grande que celle des autres espèces de thon.

En conséquence, ils ne sont pas autant limités sur le plan géographique par des facteurs environnementaux tels que la température de l'eau et occupent donc l'aire de répartition environnementale la plus grande de tous les thons.

Une grande variété de méthodes de recherche – y compris l'étiquetage, la génétique, et l'étude de signatures chimiques dans des parties de leurs corps – ont été employées pour mieux comprendre la distribution du thon rouge et ses schémas de déplacement. Le thon rouge du sud se répartit de l'océan Indien à l'océan Austral et au sud de l'Atlantique ; le thon rouge de l'Atlantique pouvait autrefois être trouvé dans l'Atlantique, du Brésil au milieu de la Norvège ; le thon rouge du Pacifique, quant à lui, occupe tout le Pacifique Nord, ainsi que le Pacifique Sud jusqu'au niveau de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande (Collette et Nauen 1983, Bayliff 1994, Mather *et al.* 1995, Farley et Davis 1998) (figure 1). Les grands adultes de toutes les espèces de thon rouge ont la capacité d'étendre leur zone de répartition jusque dans des eaux plus froides, tandis que les juvéniles se limitent à des températures plus chaudes et donc à une zone géographique plus petite (Itoh *et al.* 2003b, Kitagawa *et al.* 2004, Block *et al.* 2005).

Distribution du thon rouge de l'Atlantique

Dans la partie occidentale de l'océan Atlantique, le thon rouge pouvait se rencontrer de la côte Nord-Est du Brésil jusqu'à Terre-Neuve au Canada et, dans sa partie orientale, du nord de l'Afrique au milieu des côtes norvégiennes (Mather *et al.* 1995) (figure 2).

Cette aire de répartition s'est réduite au cours des dernières décennies, et il n'y a plus de thon rouge au large du Brésil ou en mer du Nord.

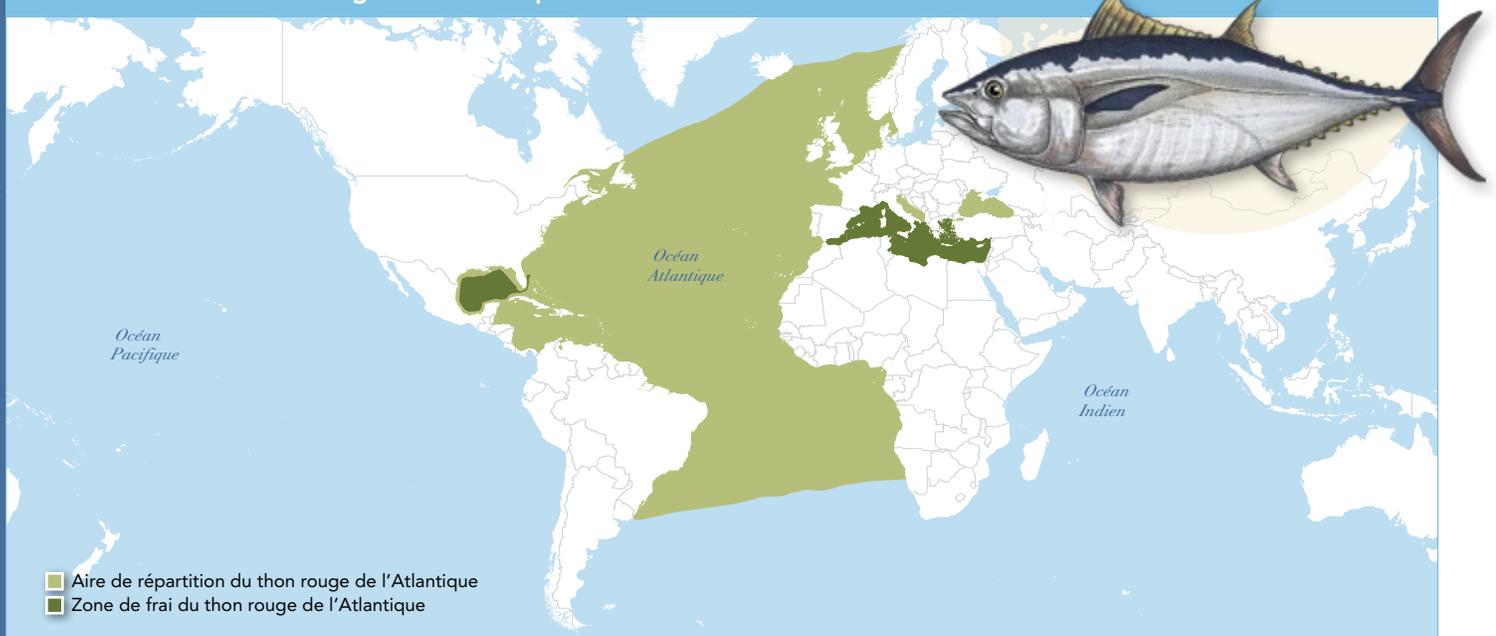
Le thon rouge de l'Atlantique (*T. thynnus*) est la seule espèce de thon rouge ayant plusieurs zones de frai – d'une part en Méditerranée, d'autre part dans le golfe du Mexique et au large des Bahamas (Mather *et al.* 1995). La saison du frai a lieu en Méditerranée de mai à août et dans le golfe du Mexique d'avril à début juillet (Dicenta et Piccinetti 1980, Cort et Loirzou 1990, Richards 1990). Des larves et des poissons adultes reproducteurs ont été découverts aux Bahamas et dans le détroit de Floride, mais ces régions sont probablement une extension de la zone de frai du golfe du Mexique (Richards 1990). D'autres zones de frai ont été évoquées en dehors de ces régions mais, à ce jour, il n'y a pas été découvert de larves ou de poissons en phase finale de reproduction (Lutcavage *et al.* 1999, Goldstein *et al.* 2007, Galuardi *et al.* 2010). De récentes études génétiques ont confirmé que le thon rouge du golfe du Mexique et celui de Méditerranée constituent des populations distinctes sur le plan génétique, nécessitant dès lors une gestion séparée (Carlsson *et al.* 2007, Boustany *et al.* 2008).

La gestion séparée de ces deux populations de thon rouge présente des difficultés lorsque l'on tient compte des schémas migratoires et de la distribution des populations. Bien que les poissons de Méditerranée et du golfe du Mexique ne se mélangent pas dans les zones de frai, les scientifiques ont la preuve du haut degré de mélange entre populations au niveau des zones d'alimentation dans tout l'Atlantique Nord

(Block *et al.* 2001, Block *et al.* 2005, Rooker *et al.* 2008). Étant donné que la pêche pratiquée dans ces régions peut capturer des poissons de l'une ou l'autre population, l'établissement de limites de capture appropriées pour chaque population devient plus compliqué. Les recherches ont montré qu'un fort pourcentage, peut-être même la majorité, des juvéniles de l'Atlantique Nord-Ouest provenaient de la population méditerranéenne (Block *et al.* 2005, Boustany *et al.* 2008, Rooker *et al.* 2008). On connaît moins bien le nombre de poissons de la population du golfe du Mexique qui nagent vers l'Atlantique Est, mais il a été observé à plusieurs reprises que des poissons faisant l'objet d'un suivi passaient de la zone de gestion occidentale à la zone de gestion orientale (Mather *et al.* 1995, Lutcavage *et al.* 1999, Block *et al.* 2005, Walli *et al.* 2009).

Dans l'Atlantique Nord-Ouest, les petits poissons sortent du golfe du Mexique après leur naissance et restent généralement dans les eaux côtières chaudes de la côte Est des États-Unis pendant les premières années de vie (Mather *et al.* 1995). Leurs déplacements suivent généralement les eaux chaudes vers le nord au printemps et à l'été, pour repartir vers le sud en hiver (Block *et al.* 2001, Galuardi *et al.* 2010). En grandissant, ces poissons commencent à occuper une aire de répartition de plus en plus grande, élargie non seulement vers le nord, mais aussi vers le large (Lutcavage *et al.* 1999, Block *et al.* 2005, Walli *et al.* 2009, Galuardi *et al.* 2010). Les poissons les plus vieux et les plus grands, qui sont également les plus aptes à maintenir une température

FIGURE 2. Le THON ROUGE DE L'Atlantique se trouve dans tout l'océan Atlantique et se reproduit en Méditerranée et dans le golfe du Mexique.



corporelle élevée dans les eaux froides, ont le territoire le plus vaste et peuvent se rencontrer dans des eaux très au nord, en particulier dans le golfe de Saint-Laurent au Canada et vers le Bonnet flamand, au milieu de l'Atlantique Nord (Block *et al.* 2005, Galuardi *et al.* 2010).

On estime que certains thons rouges demeurent en Méditerranée pendant plusieurs années après leur naissance (Mather *et al.* 1995). Toutefois, une certaine partie de ces poissons quittent la Méditerranée et passent dans l'Atlantique Nord-Est, essentiellement dans les eaux côtières de l'Espagne et du Portugal et dans le golfe de Gascogne pendant les cinq premières années de leur vie (Rodríguez-Marín *et al.* 2003). Comme pour le thon rouge de l'Atlantique Nord-Ouest, le thon rouge de l'Atlantique Nord-Est étend son territoire au fur et à mesure qu'il vieillit, passant dans les eaux au large de la Norvège et de l'Islande et dans le milieu de l'Atlantique Nord (Stokesbury *et al.* 2004, Carlsson *et al.* 2004, MacKenzie et Myers 2007, Fromentin 2009). Les poissons adultes entreprennent ensuite une migration de retour vers leurs zones de frai durant leurs saisons de reproduction respectives.

Distribution du thon rouge du Pacifique

Le thon rouge du Pacifique (*T. orientalis*) occupe la plus vaste aire de répartition des trois espèces de thon rouge (figure 3). Le thon rouge du Pacifique se rencontre dans tout le Pacifique Nord, depuis la mer de Chine orientale jusqu'aux côtes pacifiques des États-Unis et du Mexique (Collette et Nauen 1983,

Bayliff 1994). Le frai se déroule en mer de Chine orientale et au large des îles Ryukyu au printemps ; il s'étend jusqu'à la mer du Japon pendant les mois d'été (Bayliff 1994, Inagake 2001). Bien qu'il semble y avoir des différences quant au moment, au lieu et à l'ampleur de la reproduction des poissons dans le Pacifique Ouest, on pense qu'il n'y a qu'une seule population de thon rouge dans le Pacifique (Bayliff 1994, Rooker *et al.* 2001).

Les poissons juvéniles se déplacent vers le nord en suivant les hausses de température et viennent finalement s'installer dans des aires d'alevinage dans la mer du Japon et dans le courant de Kuroshio (Inagake *et al.* 2001, Itoh *et al.* 2003a). La plupart des thons rouges du Pacifique restent dans le Pacifique Ouest, mais une petite partie d'entre eux traversent l'océan pour atteindre les eaux le long des côtes Ouest des États-Unis et du Mexique (Bayliff 1994, Inagake *et al.* 2001). Une relation a été établie entre les poissons migrant vers le Pacifique Est et des concentrations de sardines dans le Pacifique Ouest (Polovina 1996, Chavez *et al.* 2003). Ces migrations vers l'est sont généralement le fait de juvéniles qui peuvent traverser le Pacifique en un peu moins de deux mois (Itoh *et al.* 2003a). Une fois parvenu dans les eaux côtières de l'ouest de l'Amérique du Nord, le thon rouge se déplace le long de la côte en fonction des pics saisonniers d'algues et de sardines à sa disposition (Domeier *et al.* 2005, Kitagawa *et al.* 2007, Boustany *et al.* 2010). Ces poissons resteront dans le Pacifique Est pendant plusieurs années avant de retourner dans l'ouest à l'état adulte (Bayliff 1994, Boustany *et al.*

FIGURE 3. Le THON ROUGE DU PACIFIQUE occupe l'aire de répartition la plus étendue des trois espèces de thon rouge

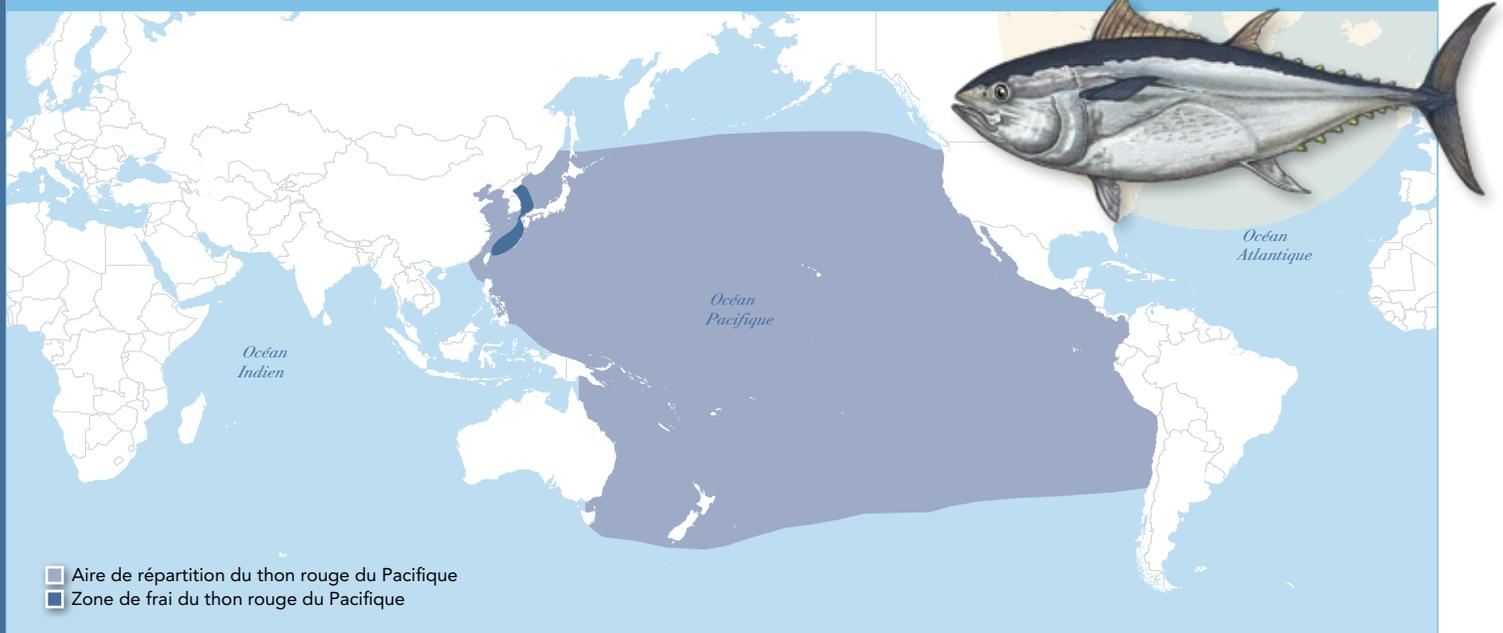
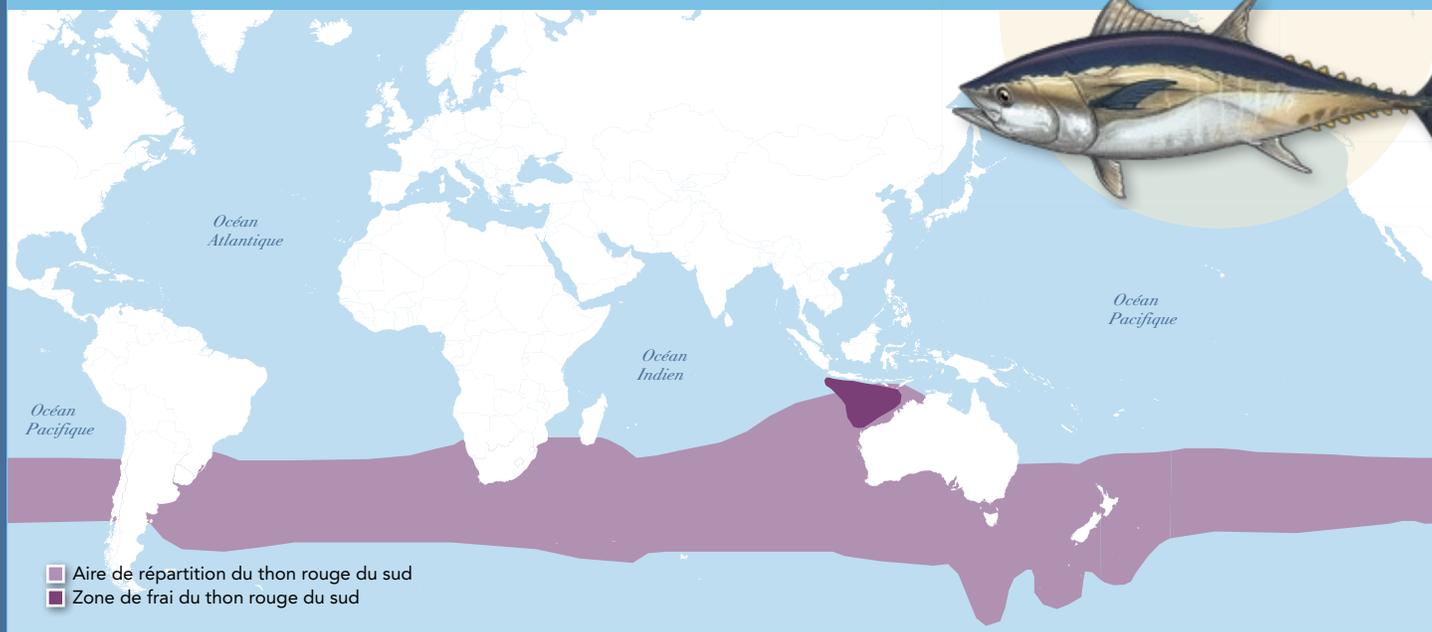


FIGURE 4. Le THON ROUGE DU SUD se rencontre dans les extrémités sud des océans Pacifique, Indien et Atlantique.



2010). La plupart des poissons adultes restent ensuite dans le Pacifique Nord-Ouest, bien qu'une petite fraction voyage à l'occasion vers le Pacifique Nord-Est ou le Pacifique Sud au large des côtes de l'Australie et de Nouvelle-Zélande (Smith *et al.* 1994).

Distribution du thon rouge du sud

Le thon rouge du sud (*T. maccoyii*) se rencontre dans les extrémités sud des océans Pacifique, Indien et Atlantique (Collette et Nauen 1983, Commission pour la conservation du thon rouge du sud [CCTRS], 2010) (figure 4). Les thons rouges du sud n'ont, selon les connaissances actuelles, qu'une seule zone de frai entre le nord-ouest de l'Australie et Java, en Indonésie, et ils ne formeraient qu'une seule et même population (Proctor *et al.* 1995, Yukinawa 1987, Farley et Davis 1998). L'essentiel du frai a lieu entre septembre et avril, mais de faibles taux de reproduction sont observés toute l'année à l'exception du mois de juillet (Grewe *et al.* 1997, Farley et Davis 1998).

Les thons juvéniles migrent généralement au cours de leur première année vers la Grande Baie australienne où l'on estime que les schémas de déplacement suivent les pics saisonniers de nourriture disponible (Shingu 1967, Ward *et al.* 2006). Après l'âge d'environ 5 ans, le thon rouge du sud passe moins de temps dans les eaux côtières du sud de l'Australie et commence à occuper une zone plus importante, du Pacifique à l'Atlantique en passant par l'océan Indien (CCTRS 2010). Le thon rouge du sud commence à se reproduire entre 8 et 15 ans, et peut atteindre l'âge de 42 ans (Farley et Davis 1998, CCTRS 2010).

Cycle de vie du thon rouge

Tous les thons se reproduisent dans des zones présentant des eaux de surface chaudes (Schaefer 2001). Chez les espèces de thon tropical, telles que le thon albacore, le thon à nageoires noires ou le thon obèse, les adultes vivent dans des eaux adaptées à leur reproduction ou à proximité de celles-ci, ce qui explique pourquoi le frai de ces espèces peut avoir lieu tout au long de l'année si elles ont accès à des ressources suffisantes (Nishikawa *et al.* 1985, Fonteneau et Marcille 1988, Schaefer 1998, Schaefer 2001).

Par contre, les thons rouges adultes passant la majeure partie de leur vie loin de leurs zones de frai plus chaudes, ils effectuent de longues migrations entre les eaux chaudes et les eaux froides. Le moment et le lieu de reproduction visent à maximiser la survie des larves. Le thon rouge se reproduit dans des régions à faible variabilité interannuelle de la température de l'eau, afin d'éviter une succession de plusieurs années caractérisées par un faible taux de reproduction et une extinction localisée des poissons (Royer et Fromentin 2007). Cette faible variabilité est particulièrement importante pour les thons rouges qui pondent un nombre considérable d'œufs à fort taux de mortalité. De ce fait, même de petites variations dans le taux de survie des œufs et des larves peuvent avoir des impacts colossaux sur le nombre total de poissons dans la population (Cushing 1968).

Outre la température, les remous peuvent également avoir un impact important sur les chances de réussite du frai du thon rouge (Garcia *et al.* 2005, Teo *et al.* 2007b, Inagake 2001). On observe plus

fréquemment le frai dans les régions dont la température de surface de la mer est modérée (24 à 27 °C), probablement car ces régions offrent les conditions nécessaires à la survie des larves sans être pour autant trop chaudes pour les adultes (Inagake 2001, Teo *et al.* 2007b). De plus, des remous modérés, qui peuvent attirer et retenir les larves dans des régions adaptées à leur survie, semblent également être préférés comme habitat de reproduction (Garcia *et al.* 2005, Inagake 2001, Teo *et al.* 2007b). La reproduction a lieu sur une période qui va de deux semaines à plusieurs mois pour un même poisson, avec une fréquence de ponte tous les un à quatre jours (Farley et Davis 1998, Block *et al.* 2005, Chen *et al.* 2006, Teo *et al.* 2007a).

Cycle de vie du thon rouge de l'Atlantique

Dans l'océan Atlantique, l'âge auquel le thon rouge commence à se reproduire peut varier considérablement. On estime que le thon rouge atteint l'âge adulte à l'âge de seulement 3 à 5 ans en Méditerranée, et pas avant l'âge de 8 ans dans le golfe du Mexique et aux Bahamas (Rodriguez-Roda 1967, Discenta *et al.* 1980, Baglin 1982). En Méditerranée, l'âge minimum de reproduction a été évalué en étudiant des poissons dans leurs zones de frai et au cours de leur période de frai : il se peut donc que l'on ait sous-estimé l'âge moyen auquel les poissons parviennent à l'âge adulte pour l'ensemble de la population (Rodriguez-Roda 1967). En effet, de nombreux poissons dans ces tranches d'âge peuvent ne pas être revenus dans leurs zones de frai et ne sont donc pas échantillonnés si l'on emploie cette méthodologie. Les données du marquage électronique, qui n'ont pas permis de constater le passage de poissons de moins de 8 ans dans la Méditerranée depuis l'Atlantique Nord, semblent appuyer l'hypothèse selon laquelle une certaine proportion des populations méditerranéennes parvient à maturité bien après l'âge de 5 ans (Block *et al.* 2005). La composition des captures en terme de taille dans plusieurs pêcheries de la Méditerranée tendrait également à suggérer qu'un grand nombre de ces poissons commencent à se reproduire à l'âge de 8 ou 9 ans (Heinisch *et al.* 2008). Cependant, l'analyse génétique montre qu'il peut y avoir de multiples populations en mer Méditerranée, et il est possible que chaque population se reproduise pour la première fois à un âge différent.

Dans l'Atlantique Ouest, l'âge de maturité du thon rouge est généralement considéré comme plus élevé que celui du thon rouge de l'Atlantique Est (Mather *et al.* 1995, Nemerson *et al.* 2000). Baglin (1982) a suggéré que peu de poissons de moins de 8

ans étaient adultes, mais n'a pas estimé un calendrier complet de reproduction pour la population dans son ensemble. Cette étude examinait des échantillons de poissons de 165 cm ou moins (moins de 8 ans) hors des zones de frai et a constaté qu'aucun n'était adulte, tandis que les poissons du golfe du Mexique faisaient 205 cm ou plus (taille moyenne à 243 cm) et tous étaient considérés comme adultes (Baglin 1982). En terme de taille, la distribution des poissons échantillonnés par l'étude Baglin dans le golfe du Mexique correspond bien à la distribution des captures des palangriers et à la taille des poissons suivis électroniquement et entrant dans le golfe du Mexique (Nemerson *et al.* 2000, Block *et al.* 2005, Diaz et Turner 2007, Galuardi *et al.* 2010). Pris ensemble, ces résultats suggèreraient que l'âge au-dessus duquel la majorité de la population arrive à maturité (soit l'âge auquel plus de 50 % de la population a commencé à se reproduire) est plus élevé, se situant à plus de 12 ans. Par ailleurs, de nouvelles études des taux de croissance du thon rouge de l'Atlantique Ouest ont montré des taux de croissance plus lents, indiquant que les poissons d'une taille donnée sont plus âgés qu'on ne le pensait auparavant (Restrepo *et al.* 2010). Si l'on tient compte de ces résultats, il semblerait que la reproduction la plus précoce dans le golfe du Mexique se produise vers l'âge de 8 à 10 ans et que la majorité des poissons ne se reproduisent pas avant l'âge d'environ 15 ans (Diaz 2011). Outre l'âge élevé de sa maturité, le thon rouge de l'Atlantique Ouest a une longue durée de vie (estimée jusqu'à 32 ans, pour une taille maximale de 320 cm et un poids maximal de 680 kilogrammes), ce qui donne une population caractérisée par de longues générations (Mather *et al.* 1995, Nielson et Campagna 2008).

Cycle de vie du thon rouge du Pacifique

On estime que le thon rouge du Pacifique arrive à maturité entre 3 et 5 ans, mais ces estimations n'ont été réalisées que sur étude des poissons présents dans les zones de frai (Bayliff 1994, Chen *et al.* 2006, Tanaka *et al.* 2006). C'est pourquoi ces estimations ne tiennent pas compte de poissons au-dessus de 5 ans qui peuvent ne pas être arrivés à maturité, ce qui conduit à une éventuelle sous-estimation de l'âge moyen de maturité de la population totale. Les thons rouges du Pacifique ont une grande longévité et peuvent probablement atteindre l'âge de 26 ans pour un poids maximal de 450 kg. La majorité des captures effectuées dans les zones de frai concerne des poissons de plus de 160 cm, ce qui indique que l'âge de 5 ans doit être considéré comme l'âge minimum de maturité

et non comme l'âge auquel la majorité de la population commence à se reproduire (Collette et Nauen 1983, Sawada *et al.* 2005, Itoh 2006, Shimose *et al.* 2009).

Cycle de vie du thon rouge du sud

Le thon rouge du sud arrive à maturité bien plus tard que le thon rouge du Pacifique (CCTRS 2010). Les estimations les plus précoces donnent l'âge de 8 ans, tandis que des études employant des techniques directes de détermination de l'âge ont estimé l'âge de maturité entre 11 et 15 ans (Gunn *et al.* 2008, CCTRS 2010). Des éléments indiquent que les taux de croissance individuelle et les paramètres de la population tels que l'âge moyen de maturité se sont modifiés sous la pression halieutique. L'analyse des retours d'information du marquage et des otolithes indique que les taux de croissance des poissons ont augmenté entre les années 1960 et 2000 dans le même temps où la population se réduisait (Polacheck *et al.* 2004, CCTRS 2010). Ceci a été attribué à la diminution de la compétition entre thons rouges pour les ressources alimentaires. De plus, l'âge moyen du thon rouge du sud dans les zones de frai est passé d'environ 19 à 21 ans dans les années 1990 à 14 ou 15 ans au cours de la première décennie du 21^{ème} siècle (CCTRS 2010). Cette donnée est particulièrement importante car les poissons des classes d'âge et des tailles les plus élevées contribuent généralement de manière bien plus importante aux générations futures que ne le font les poissons reproducteurs plus petits et plus jeunes (Scott *et al.* 1999). Pour le thon rouge du sud, la majorité des poissons dans les zones de frai se situaient entre 15 et 25 ans, avec une longévité atteignant les 40 ans (Farley *et al.* 2007, Gunn *et al.* 2008, CCTRS 2010). Bien que le thon rouge du sud ait tendance à avoir une taille maximum plus petite que celle des thons rouges du Pacifique ou de l'Atlantique, il peut atteindre 245 cm et plus de 260 kg (Nakamura 1990).

Historique de la pêche au thon rouge

Les pêcheries de thon rouge se sont pour la plupart développées en trois principales phases. Les premières pêcheries, datant de milliers d'années, employaient des techniques artisanales de petite échelle telles que des pièges, des lignes à main et des filets côtiers. Ces pêcheries fournissaient du poisson frais, fumé ou salé aux marchés locaux. Puisqu'elles étaient généralement limitées aux eaux côtières, le nombre de captures était souvent peu élevé. La deuxième phase de développement de la pêche au thon rouge a consisté en des pêcheries plus grandes et plus industrialisées : des navires à senne coulissante et des canneurs qui produisaient des poissons

pour la mise en conserve, et des palangriers qui fournissaient des poissons à destination du marché japonais de sashimis surgelés. Bien que ces pêcheries continuent d'exister, une grande part de l'effort de pêche a changé ces dernières années. La dernière étape du développement des pêcheries mondiales de thon rouge a consisté dans l'expansion des flottes de senneurs fournissant des poissons vivants aux élevages de thons. L'élevage implique la capture de jeunes poissons ensuite placés dans des cages en pleine mer où ils sont nourris et élevés avant d'être tués. Ces poissons alimentent le marché des sashimis frais, principalement basé au Japon mais qui s'est récemment étendu à d'autres pays. Étant donné que le prix du thon rouge sur le marché des sashimis est bien plus élevé que le prix du thon en conserve, l'émergence et la mondialisation de ce marché a considérablement changé l'économie des pêcheries mondiales de thon rouge et a encouragé la surexploitation du thon rouge (Issenberg 2007).

Pêcheries du thon rouge de l'Atlantique

Océan Atlantique Est et mer Méditerranée

Les premières pêcheries connues de thon rouge se sont développées en mer Méditerranée. On a trouvé des preuves de capture du thon rouge dès 4000 ans avant notre ère au moyen de filets de plage et de lignes et hameçons (Sara 1980, Fromentin 2009). Ces méthodes de pêche ont ensuite été remplacées par des pièges fixes qui, aux environ de 2000 ans avant notre ère, permettaient aux Phéniciens et aux Romains de capturer des milliers de tonnes de thon rouge (Porch 2005). L'emploi de cette technique n'a que relativement peu changé dans toute la mer Méditerranée et l'océan Atlantique proche jusqu'à l'arrivée de méthodes de pêche modernes à la fin des années 1900 (Mather *et al.* 1995). Bien que les captures aient fluctué, probablement en fonction de la variabilité environnementale, les pièges et les communautés qui se créaient autour se sont maintenus jusqu'à une époque avancée du 20^{ème} siècle (Ravier et Fromentin 2004, Fromentin et Powers 2005).

Dans les années 1950, de grandes pêcheries de sennes coulissantes au thon rouge ont été développées en mer du Nord, avant tout par des pêcheurs norvégiens. Ces captures constituèrent rapidement la pêcherie la plus importante de l'Atlantique Est et de la mer Méditerranée (Miyake *et al.* 2005) (figure 5). La pêche à la senne coulissante est particulièrement efficace car les filets sont déployés autour de bancs entiers de poissons. Jusqu'à 18 000 tonnes de thon rouge ont été débarquées chaque année en mer du Nord, mais ces captures n'étaient pas durables

et, en 1963, le nombre de captures s'est effondré et n'est jamais remonté (Fromentin et Powers 2005, MacKenzie et Myers 2007, Fromentin 2009). Le total des captures est resté relativement faible (moins de 15 000 tonnes) dans l'Atlantique Est et en Méditerranée tout au long des années 1960 et au début des années 1970 (Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique [CICTA] 2010) (figure 5).

Dans les années 1980 et 1990, le marché du thon rouge, dans un premier temps destiné à une consommation essentiellement locale en Europe, est devenu un grand marché d'exportation vers le Japon. L'augmentation simultanée des opérations d'élevage, qui permettaient une meilleure synchronisation du marché et une augmentation des prix, a rendu les pêcheries de mer Méditerranée nettement plus rentables (Fromentin et Powers 2005, Fromentin 2009). Ceci a également stimulé une importante pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN) au thon rouge en Méditerranée. L'augmentation des captures par les flottes de senneurs en Méditerranée a fait passer le total des débarquements de l'Atlantique Est et de la Méditerranée de 11 000 tonnes en 1970 à environ 60 000 tonnes en 2006, un record sans précédent (figure 5). On estime que le nombre de captures a considérablement baissé depuis 2006, mais des déclarations déficientes de la part des principales pêcheries de Méditerranée et la poursuite de la pêche INN rendent les estimations de captures incertaines (CICTA 2010).

Atlantique Ouest

Les pêcheries de thon rouge de l'océan Atlantique Ouest ne sont pas aussi anciennes que celles de l'Atlantique Est. Les premières pêcheries connues de thon rouge étaient des pêcheries de petite envergure utilisant pièges et harpons en Nouvelle-Angleterre et au Canada au début du 20^{ème} siècle (Bigelow et Schroeder 1953). Au milieu du 20^{ème} siècle, la pêche sportive se développe le long de la côte Est des États-Unis et du Canada (Farrington 1949). La pêche sportive au thon rouge dans le détroit de Floride et près des Bahamas était particulièrement importante. Ces pêcheries ciblaient les grands thons rouges qui quittaient les zones de frai du golfe du Mexique, ainsi que les thons rouges géants dans leurs riches zones d'alimentation estivales au large de la Nouvelle-Écosse, au moment où ils atteignaient leur poids maximum (Farrington 1949). Bien que ces pêcheries aient été petites en terme de nombre de captures, elles ont contribué à améliorer les connaissances traditionnelles historiques sur la taille, la vitesse et la puissance des thons rouges. Par exemple, c'est

à Bimini dans les Bahamas qu'Ernest Hemingway décrit les batailles épiques entre pêcheurs et thons rouges, qu'il couronna « roi de tous les poissons ».

Les premières pêcheries commerciales de grande envergure ciblant le thon rouge dans l'Atlantique Ouest ont été la pêcherie japonaise à la palangre au large du Brésil et la pêcherie états-unienne à la senne coulissante au large de la Nouvelle-Angleterre, lesquelles se sont toutes deux développées à la fin des années 1950 (Mather *et al.* 1995). Les captures japonaises au large du Brésil se sont élevées à plus de 12 000 t par an en 1964 mais, à la fin de cette décennie, le thon rouge disparaissait de cette zone pour ne jamais y revenir (Fromentin 2009). Simultanément au développement de la pêcherie au large du Brésil, la pêcherie états-unienne à la senne coulissante ciblant des thons rouges de petite et moyenne taille (moins de 91 kg) se développait en Nouvelle-Angleterre, avec un pic en 1962 à plus de 5 000 t (Miyake *et al.* 2004). Le nombre important de débarquements de ces deux pêcheries a fait monter le nombre total de captures de l'Atlantique Ouest à près de 20 000 t en 1964, niveau qu'ils n'ont plus jamais atteint depuis (Fromentin et Powers 2005, Porch 2005).

Les années 1970 constituent une période de transition au cours de laquelle les engins et les pays pêcheurs ont changé (figure 5). Les palangriers japonais se sont déplacés vers le golfe du Mexique et l'Atlantique Nord, une pêcherie de senne coulissante plus petite s'est maintenue en Nouvelle-Angleterre et la pêcherie commerciale de ligne à main le long de la côte Est des États-Unis et du Canada est devenue une source importante de débarquements (Mather *et al.* 2005). Outre les modifications concernant la zone de pêche et le type d'engin, c'est à cette époque que le marché du thon rouge s'est modifié, cessant d'alimenter la demande de thon en conserve pour exporter des sashimis vers le Japon. La nette augmentation des prix a maintenu une forte pression halieutique et le nombre de débarquements est demeuré entre 5 000 t et 7 000 t par an jusqu'à ce que des quotas plus stricts et une interdiction de la pêche au thon rouge dans sa zone de frai du golfe du Mexique au début des années 1980 limite les captures à 2 500 t ou moins jusqu'à ce jour (Mather *et al.* 1995, Fromentin et Powers 2005, CICTA 2010) (figure 5).

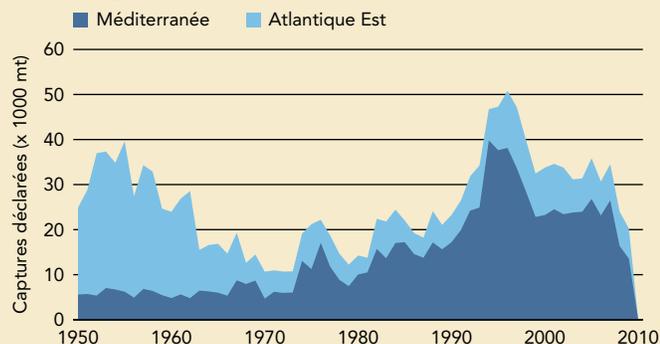
Pêcheries du thon rouge du Pacifique

Est de l'océan Pacifique

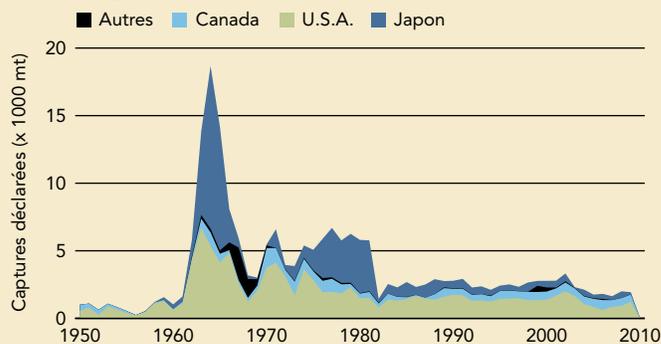
Alors que beaucoup a été écrit au sujet de la longue relation entre humains et thons rouges de l'Atlantique, les pêcheries de thon rouge de l'océan Pacifique datent d'aussi longtemps, si ce n'est plus. Dans le

FIGURE 5. DÉBARQUEMENTS DÉCLARÉS DE THON ROUGE pour les quatre unités de gestion depuis 1950*

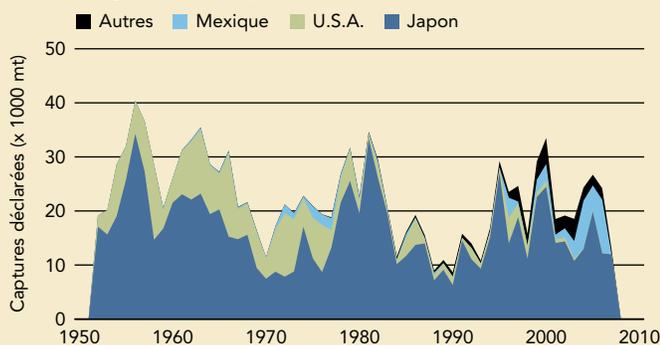
Thon rouge de l'Atlantique Est



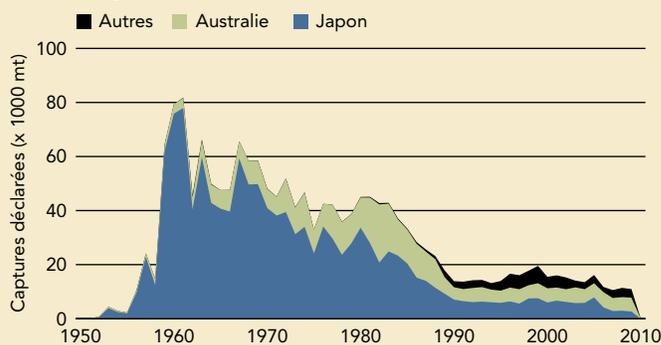
Thon rouge de l'Atlantique Ouest



Thon rouge du Pacifique



Thon rouge du sud



*Note : il semblerait que les captures de thon rouge du sud ainsi que celles effectuées en Méditerranée aient été considérablement sous-déclarées ces dernières décennies.

Pacifique Est, des ossements de grands thons rouges (dépassant les 160 cm) ont été retrouvés dans des sites archéologiques de communautés indigènes de Colombie britannique au Canada et du nord de l'État de Washington aux États-Unis. Ces restes datent d'au moins 3000 ans avant notre ère, et les anciens des tribus décrivent des pêcheries de thon rouge actives jusqu'au milieu du 19^{ème} siècle (Crockford 1997). Les premières pêcheries sportives de thon rouge peuvent également être observées dans le Pacifique Est. À la fin du 19^{ème} siècle, les premières captures de grands thons rouges (plus de 100 kg) au moyen de lignes à main ont lieu au large de la côte de l'île de Santa Catalina, dans le sud de la Californie. Les pêcheurs de ces poissons se sont rapidement regroupés au sein du Catalina Island Tuna Club, premier club de pêche récréative au monde, définissant des règles de « fairplay pour la pêche sportive ».

Si les premiers rapports mentionnent des apparitions fréquentes de thons rouges dans le Pacifique Est, les rencontres récentes de grands thons rouges se sont faites sporadiques et moins nombreuses (Foreman et Ishizuka 1990). La pêche commerciale, essentiellement au moyen de sennes coulissantes,

s'est développée dans le Pacifique Est à partir de 1914 et s'est nettement étendue à la fin des années 1950 (Bayliff 1994). Ces pêcheries ciblaient essentiellement de petits poissons (moins de 100 cm), bien que de plus grands poissons aient été occasionnellement pris lorsqu'ils étaient disponibles (Hanan 1983). Les captures effectuées dans le Pacifique Est, avant tout au large du sud de la Californie aux États-Unis et au large de la Basse-Californie au Mexique, ont connu un pic de presque 18 000 t en 1965 avant de décliner dans les années 1980 et au début des années 1990 (Bayliff 1994) (figure 5). Étant donné que la disponibilité du thon rouge dans le Pacifique Est dépend du thon rouge traversant l'océan d'ouest en est, les captures ont connu de grandes fluctuations tout au long du 20^{ème} siècle, avec des variations de plus de 5 000 t dans les années qui ont suivi (Hanan 1983) (figure 5). À la fin des années 1990, les captures de thon rouge ont recommencé à augmenter dans l'est du Pacifique, atteignant jusqu'à 10 000 t en 2007 (Comité scientifique international pour les thonidés et les espèces apparentées de l'océan Pacifique Nord [CSI] 2008) (figure 5). Là aussi, cette augmentation s'est produite parallèlement à

une modification du marché de thon rouge, poisson initialement capturé pour les conserveries et désormais pris vivant pour rejoindre des élevages au Mexique qui alimentent le marché japonais du sashimi frais (Commission interaméricaine du thon tropical [CITT] 2010). Plus de 90 % des captures du Pacifique Est concernent des thons rouges faisant entre 60 et 100 cm de taille et d'environ 1 à 3 ans d'âge (CITT 2010).

Ouest de l'océan Pacifique

De même que pour les captures du Pacifique Est, la pêche au thon rouge est probablement pratiquée depuis 6000 ans par les communautés côtières du Japon (Muto *et al.* 2008). Les captures s'effectuaient dans le cadre de pêcheries côtières au harpon ou à la ligne à main et le nombre de débarquements était probablement peu élevé car les pêcheries se limitaient aux eaux côtières. Des pêcheries plus modernes utilisant des pièges, des filets dérivants et des lignes à main se développent à la fin du 19^{ème} siècle au Japon, en Russie, en Corée et à Taïwan. Bien que ces pêcheries aient été très différentes des flottes modernes, on estime que les débarquements se situaient entre 3 000 t et 50 000 t par an, le plus grand nombre de captures étant relevé en 1935, suivi d'un fort déclin dans les années 1940 et 1950 (Muto *et al.* 2008).

Après la fin de la deuxième guerre mondiale, les flottes japonaises de senneurs et de palangriers ciblant le thon rouge dans le Pacifique Ouest se développent considérablement, et les débarquements varient entre 10 000 t et 35 000 t par an tout au long de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle et dans la première décennie du 21^{ème} siècle (Miyake *et al.* 2004) (figure 5). La plus grande pêcherie de thon rouge dans le Pacifique est la pêcherie japonaise utilisant des sennes coulissantes qui prend entre 2 000 t et 25 000 t par an depuis 1952 (CITT 2010). Cette flotte cible de petits poissons (âgés de moins de 1 à 3 ans) essentiellement en mer du Japon et en mer de Chine orientale (Miyake *et al.* 2004).

De plus, les palangriers japonais et taïwanais ciblent de plus grands poissons dans tout le Pacifique Ouest, spécialement dans les zones de frai (CITT 2010, Miyake *et al.* 2004). De petites pêcheries de lignes de traîne et de filets dérivants ciblent également le thon rouge dans le Pacifique Ouest, mais les débarquements de ces pêcheries sont minimes comparés à ceux des pêcheries nettement plus grandes de sennes coulissantes et de palangres. Puisque les pêcheries les plus grandes de thon rouge dans le Pacifique Ouest ciblent les poissons les plus petits, on estime que jusqu'à 93 % du total des poissons débarqués ont moins de 3 ans (Itoh 2001).

De petites captures de thon rouge du Pacifique sont également recensées dans le Pacifique Sud, essentiellement au large de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande (Miyake *et al.* 2004). Malgré la petite quantité de poissons capturés dans ces pêcheries, les captures sont généralement composées de poissons adultes très grands (Itoh 2006).

Pêcheries du thon rouge du sud

Les thons rouges du sud n'ont pas été pêchés depuis aussi longtemps que les thons rouges de l'Atlantique ou du Pacifique, et il n'existe aucune donnée comparable quant aux débuts d'une pêche artisanale. En fait, les premières pêcheries de thon rouge se sont développées dans les années 1950 (Hayes 1997, Sharp 2001), lorsque les palangriers japonais ont commencé à cibler des thons rouges du sud adultes dans leurs zones de frai entre l'Indonésie et l'Australie ; les captures ont augmenté jusqu'à près de 60 000 t en 1961 (Miyake *et al.* 2004) (figure 5). Ces captures ont ensuite progressivement diminué et la flotte japonaise a commencé à étendre ses opérations de pêche au sud de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et de l'Afrique du Sud dans les années 1970 et 1980 (Sharp 2001). Les captures ont continué à décliner tout au long des années 1980 et ont finalement été limitées par des quotas plus stricts mis en place dans les années 1990 pour enrayer l'appauvrissement de la population (Safina 2001) (figure 5).

Les pêcheries australiennes utilisant des canneurs, des lignes de traîne et des sennes coulissantes se sont également développées dans la région au sud de l'Australie dans les années 1950. Elles ciblaient des thons rouges plus petits que ceux ciblés par la pêcherie japonaise à la palangre, l'essentiel des produits étant destiné aux conserveries australiennes. Les captures de ces pêcheries ont augmenté pour finalement atteindre plus de 20 000 t en 1982 (CCTRS 2010) (figure 5). De même que pour la pêcherie japonaise à la palangre, les captures de la pêcherie australienne ont considérablement diminué dans les années 1990 lorsque les mesures instaurant des quotas sont entrées en vigueur. À la même époque, le marché du thon rouge a cessé d'approvisionner les conserveries pour approvisionner les élevages de thons au sud de l'Australie (CCTRS 2010).

Les captures totales de thon rouge du sud sont demeurées assez faibles (environ 14 000 t par an) au cours des années 1990, alors que les principaux pays ciblant le thon rouge – à savoir l'Australie, le Japon et la Nouvelle-Zélande – se sont imposés des limites au moyen d'un accord sur les quotas (Hayes 1997, CCTRS 2010) (figure 5). Pourtant, les captures effectuées par d'autres nations ont commencé à

augmenter à la fin des années 1990, faisant grimper le total des débarquements à plus de 20 000 t en 1999 avant qu'ils ne diminuent à nouveau au début du 21^{ème} siècle (Miyake *et al.* 2004). Toutefois, il semblerait que les captures des deux dernières décennies aient pu être considérablement sous-déclarées (CCTRS 2010). En comparant le nombre de captures déclarées par les navires japonais de pêche à la palangre au nombre de poissons livrés sur les marchés, on estime que les captures réelles équivalaient au double de ce qui a été déclaré aux agences de gestion (Polacheck et Davies 2007).

Gestion et état des populations de thon rouge

La gestion du thon rouge est complexe. Comme pour la majorité des poissons pélagiques ou de haute mer, il est géré par des organisations régionales de gestion de la pêche (ORGP). Les ORGP constituent le cadre au sein duquel les États membres s'accordent sur des mesures de protection et de gestion, dont la mise en œuvre est réalisée à l'échelle nationale. Les ORGP servent également de mécanisme pour surveiller le respect des mesures par les États membres et pour rassembler les informations relatives aux pêcheries. Quatre ORGP sont chargées de la gestion des pêcheries de thon rouge ; leurs membres sont des pays qui pêchent le thon rouge et d'autres espèces pélagiques dans une zone océanique donnée, et comprennent à la fois des États côtiers et des pays pêchant en eaux lointaines. Le mode d'organisation diffère d'une ORGP à l'autre, mais les décisions sont généralement prises par consensus. Par conséquent, l'adoption de changements majeurs dans la gestion des pêcheries est un processus graduel et souvent difficile.

Outre les différences dans la structure de chaque ORGP, il existe également des différences dans la manière dont les évaluations scientifiques des populations sont menées et utilisées. Certaines ORGP, telles que la CITT, maintiennent une équipe permanente de scientifiques qui effectuent l'essentiel des recherches et procèdent à l'évaluation des populations. D'autres, comme la CICTA, s'appuient sur les États membres qui fournissent des informations scientifiques et des chercheurs pour effectuer les évaluations de population ; ils ne conservent qu'une équipe administrative et technique à temps plein. La Commission pour la conservation du thon rouge du sud (CCTRS) dispose d'un président indépendant pour son comité scientifique et d'un panel scientifique indépendant qui complète le groupe de scientifiques nommés par les gouvernements membres. Au final, les décisions quant aux quotas nationaux et globaux, aux limites de taille et à d'autres sujets ne sont pas prises par

les scientifiques mais par les représentants des États membres qui constituent la commission de l'ORGP. En général, la commission demande aux comités scientifiques des recommandations scientifiques qu'elle peut décider de suivre ou non.

Comme dans toute recherche, il existe généralement une série d'incertitudes relatives aux paramètres biologiques utilisés dans le processus d'évaluation de la population, et cette incertitude peut avoir de grands impacts sur le résultat des évaluations. Par exemple, l'âge adulte peut être estimé entre 5 et 10 ans, selon le mode de calcul de ce nombre. Si on utilise une estimation de 5 ans, les évaluations de population présenteront des taux de croissance plus élevés pour la population que lorsqu'on utilise une estimation de 10. L'hypothèse d'une première reproduction à l'âge de 5 ans va, dans la plupart des modèles, donner un résultat plus optimiste et suggérer que des taux de captures plus élevés pourraient être autorisés.

L'incertitude est même plus grande pour les paramètres biologiques difficiles à mesurer mais qui auront un impact sur les résultats de l'évaluation de la population. Par exemple, la mortalité naturelle – ou le nombre de poissons qui meurent au cours d'une année donnée pour des causes autres que la pêche – est extrêmement difficile à estimer ; pourtant les suppositions à ce sujet ont un impact important sur les rendements du modèle, par exemple sur le nombre total et le poids des poissons estimés figurer dans une population. De ce fait, les scientifiques présenteront souvent aux gestionnaires une série de probabilités représentant cette incertitude, plutôt qu'un seul total admissible de captures. Bien que les gouvernements se soient tous engagés à suivre le principe de précaution, l'adoption par les États membres de quotas de précaution (au bas de la fourchette des estimations) dépend généralement davantage de l'économie et de la politique que de la fiabilité de la science sur laquelle ils reposent.

Outre les questions relatives à la science des évaluations de populations et à l'obtention de consensus sur des quotas de captures globaux et nationaux, le respect et l'application de ces quotas constituent également un défi. Au final, les États membres sont chargés de faire appliquer par leurs propres flottes les règles adoptées. Sachant qu'il existe de grandes différences d'un membre à l'autre d'une même ORGP en termes de volonté politique et de capacité à surveiller et faire appliquer les règles, le respect de ces dernières varie beaucoup d'un pays à l'autre. En outre, les avantages économiques de la surpêche peuvent inciter les États à fermer les yeux sur celle-ci même lorsqu'ils ont les moyens de la contrôler.

Gestion du thon rouge de l'Atlantique

Le déclin des captures de thon rouge de l'Atlantique précipite la création de la CICTA en 1969 (CICTA 2006). Elle compte actuellement 48 États membres ainsi qu'un certain nombre de parties non contractantes (CICTA 2010). Du fait de la disparité des captures entre l'est et l'ouest de l'Atlantique Nord, ainsi que des différences dans leurs cycles biologiques, la CICTA a supposé que les thons rouges de l'Atlantique Est et ceux de l'Atlantique Ouest appartenaient à des populations distinctes (National Research Council [NRC] 1994). La frontière utilisée par la CICTA pour délimiter ces populations se situe dans le centre de l'Atlantique, à environ 45 degrés de longitude ouest ; le thon rouge a jusqu'à présent été géré en supposant un faible niveau de chevauchement entre ces populations – environ 2 à 4 % par an (NRC, 1994). Bien que de récentes études génétiques aient confirmé que les populations de l'est et de l'ouest de l'Atlantique sont isolées sur le plan de la reproduction, on pense aujourd'hui qu'il existe un plus haut niveau de chevauchement que ce que l'on supposait entre ces deux populations, avec jusqu'à 50 % des poissons de certaines régions de l'Atlantique Ouest provenant de l'Atlantique Est (Block *et al.* 2005, Rooker *et al.* 2008, Boustany *et al.* 2008). Cette donnée a des conséquences importantes sur la gestion du thon rouge de l'Atlantique Ouest : on estime que l'ordre de grandeur de la population de l'est est supérieur à celui de la population de l'ouest, ce qui signifie que même de petits changements dans le nombre de poissons migrant d'est en ouest peuvent occasionner de grosses différences en terme d'abondance du thon rouge de l'Atlantique Ouest (CICTA 2010).

Un autre sujet d'inquiétude lié au mélange des populations et au processus d'évaluation porte sur le fait que les thons rouges de l'Atlantique Est et de la Méditerranée sont actuellement évalués comme une seule population, alors que les informations génétiques suggèrent que deux populations distinctes, voire plus, se reproduisent en Méditerranée (Carlsson *et al.* 2004, Boustany *et al.* 2008, Riccioni *et al.* 2010). L'évaluation de plusieurs populations de Méditerranée comme une seule population peut masquer le déclin de populations plus petites si le nombre des captures dans les populations les plus grandes demeure élevé.

De grandes incertitudes existent également quant aux données utilisées pour l'évaluation des populations de l'Atlantique Est (Advanced Tuna Ranching Technologies [ATRT] 2010, CICTA 2008). La sous-déclaration, à la fois du total des captures et des captures de

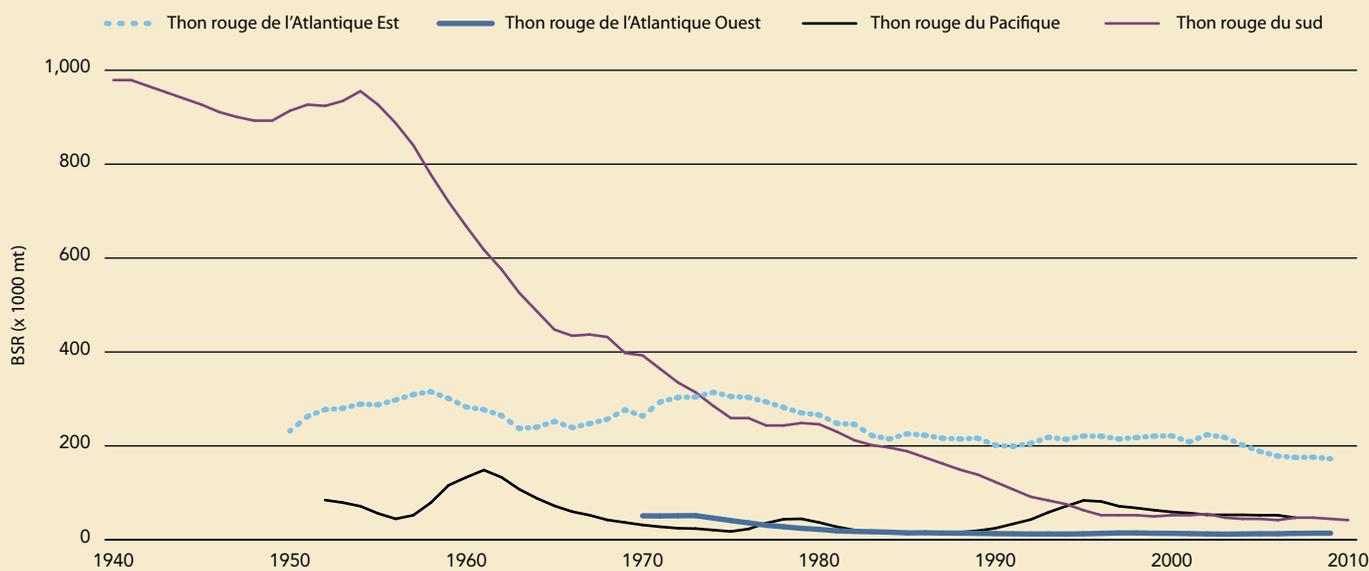
poissons en dessous de la taille minimale, complique le travail des scientifiques lorsqu'ils cherchent à réaliser des évaluations et des projections précises des populations. Toutefois, les plus grands problèmes de la gestion du thon rouge dans l'Atlantique Est concernent le respect des mesures de gestion.

Par la combinaison de quotas fixés par les gestionnaires au-dessus des avis scientifiques, d'une part, et le non-respect de ces quotas, d'autre part, les captures ont dépassé de plus de 400 % certaines années les niveaux recommandés par les scientifiques (Hurry *et al.* 2008). Dans l'Atlantique Ouest, la modification des hypothèses quant au lien entre le nombre de poissons adultes et celui de poissons juvéniles a poussé la CICTA à suivre une stratégie de gestion dont l'objectif est de maintenir la taille de la population à un niveau stable, plutôt que de chercher à lui faire retrouver des niveaux qui soutiendraient des pêcheries plus productives (Safina et Klinger 2008).

La population de l'Atlantique Est est évaluée à environ 35 % de la biomasse adulte (c.-à-d. le poids de tous les poissons adultes de la population) pour permettre des rendements de pêche maximaux, et les taux de pêche ont été deux fois supérieurs à ceux qui permettraient de redresser la pente du déclin de la population (CICTA 2010) (figure 6). La biomasse adulte, souvent appelée par les gestionnaires de la pêche « biomasse du stock reproducteur » (BSR), est une manière courante de mesurer le bon état relatif des populations de thon rouge dans le temps. Dans l'Atlantique Ouest, il a été estimé que la BSR a décliné de 81 % depuis 1970, est restée à ces niveaux peu élevés pendant plus de trois décennies et ne présente quasiment pas de signe d'augmentation de la population (CICTA 2010) (figure 6). Cependant, étant donné que les captures les plus nombreuses de l'Atlantique Ouest ont été réalisées avant 1970, il est probable que le déclin constaté dans les populations non exploitées est bien plus important que les 81 % estimés par la CICTA (Mather *et al.* 1995, Porch 2005).

Au vu des problèmes majeurs de la gestion du thon rouge de l'Atlantique, caractérisée par une accélération du déclin de la taille de la population à l'est et l'absence de reconstitution des stocks pendant 30 ans à l'ouest, il a été proposé d'inclure le thon rouge de l'Atlantique dans les annexes de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES), ce qui aurait interdit les échanges internationaux à des fins commerciales. Étant donné que la majorité des thons rouges, ainsi que la quasi-totalité des thons vendus à prix fort sur les marchés mondiaux du sashimi, sont

FIGURE 6. La BIOMASSE DE STOCKS REPRODUCTEURS (BSR), ou biomasse adulte, a connu des fluctuations avec le temps.



commercialisés à l'international, une telle inscription aurait réduit de manière considérable les forces du marché conduisant à la surexploitation. La menace de cette inscription a fait monter la pression pour que la pêche illicite et l'absence de déclarations soient mieux contrôlées. Reste à voir si les mesures adoptées ou la meilleure application des taux de captures auront un impact sur le bon état des populations de thon rouge.

Cependant, on a récemment observé un succès de reconstitution de grandes espèces pélagiques gérées par des organismes internationaux : il s'agit de l'épuisement, puis de la reconstitution des stocks d'espadon de l'Atlantique Nord. Suite à la surexploitation, à l'importance des captures de juvéniles et à la pêche dans les zones de frai, la taille de la population d'espadon de l'Atlantique Nord a considérablement diminué entre 1980 et 2000 (CICTA 2010). La baisse des quotas globaux, l'augmentation des tailles minimales légales et la fermeture de zones visant à protéger les juvéniles et les adultes reproducteurs ont permis aux populations d'espadon, après avoir connu ces premiers déclinés, de se reconstituer à un niveau où on les considère désormais comme tout à fait restaurés. Si l'on suit ce cadre pour les espèces de thon rouge, il est encore possible d'en restaurer les populations.

Gestion du thon rouge du Pacifique

Jusque récemment, le thon rouge du Pacifique est passé à travers les failles du système de gestion des ORGP du Pacifique. En tant que thon tempéré, le thon rouge du Pacifique ne relève pas de la

compétence des deux principales ORGP en charge des autres grandes espèces de thon occupant des zones similaires : la CITT ou la Commission des pêches du Pacifique central et occidental (CPPCO). En tant que telle, une gestion formelle – comprenant des évaluations complètes de la population, une surveillance stricte des captures et des allocations strictes de quotas – n'a pas été mise en place pour le thon rouge du Pacifique depuis aussi longtemps que pour les autres espèces de thon rouge. Les évaluations de population du thon rouge du Pacifique sont menées par le CSI et les recommandations de gestion qui en découlent sont gérées par la CITT et la CPPCO pour les pêcheries relevant de leurs compétences respectives.

Les populations de thon rouge du Pacifique ont été évaluées pour la dernière fois entre 3 % et 26 % de la biomasse non exploitée, ce qui indique que le thon rouge du Pacifique était surpêché (Ichinokawa *et al.* 2010) (figure 6). Néanmoins, ces estimations reflètent un haut degré d'incertitude car on en sait peu sur les sources de mortalité autres que la pêche et qui peuvent avoir de grandes conséquences sur l'issue des résultats du modèle d'évaluation de la population (CSI 2008, CITT 2010). Tout comme pour les autres espèces de thon rouge, les captures importantes effectuées avant l'existence d'un véritable système de surveillance rendent extrêmement difficile l'estimation de la taille de la population originelle (Miyake *et al.* 2004, Muto *et al.* 2008). Cependant, même comparée aux estimations de la biomasse adulte réalisées lorsque des données

satisfaisantes étaient disponibles, l'abondance de 2007 était estimée à moins de 50 % du pic enregistré en 1960 (Ichinokawa *et al.* 2010) (figure 6). Une source majeure d'inquiétude réside dans le nombre extrêmement élevé des captures de poissons juvéniles qui ne se sont pas encore reproduits ; jusqu'à 93 % des poissons capturés dans le Pacifique Ouest et plus de 90 % des poissons capturés dans le Pacifique Est ont une taille et un âge inférieurs aux tailles et âges de maturité initialement recensés (Itoh 2001, CITT 2010). On pense que les taux récents de mortalité liée à la pêche ont été supérieurs aux niveaux durables (CSI 2008).

Gestion du thon rouge du sud

Le déclin des captures de thon rouge du sud dans les années 1970 a poussé l'Australie, la Nouvelle-Zélande et le Japon, principaux pays de pêche, à établir un système de quotas en 1982 (Edwards 2001). En 1994, la CCTRS a été instituée lorsque la taille du stock a continué à décliner et que d'autres pays de pêche ont commencé à cibler le thon rouge du sud (Safina 2001). Malgré la mise en place de quotas stricts, la surexploitation par les États membres et l'augmentation de la pression halieutique par les non-membres ont limité les éventuels gains des mesures de protection et la taille de la population a continué à décliner (CCTRS 2010).

Au cours des décennies suivantes, la Corée du Sud et l'Indonésie ont rejoint la Commission et Taïwan devint membre participant. D'autres pays s'y sont ajoutés en tant que non-membres coopérants. Les non-membres coopérants adhèrent aux mesures de gestion mais ne peuvent pas voter au sein de la commission (CCTRS 2010). La gestion du thon rouge du sud a constitué une source importante de contentieux, à tel point que l'Australie et la Nouvelle-Zélande ont assigné le Japon devant un tribunal dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, alléguant son non-respect des quotas de pêche adoptés (Romano 2001). Les sous-déclarations ultérieures de captures par les États membres ont conduit à la poursuite du déclin de la biomasse adulte au cours des dernières décennies. La dernière évaluation de la population a montré que le stock reproducteur de thon rouge du sud est resté à des niveaux extrêmement faibles tout au long de ces dernières décennies et qu'il est actuellement estimé entre 3 % et 7 % du niveau antérieur au début de l'exploitation du stock (CCTRS 2010) (figure 6). Les récentes mesures de gestion et les réductions supplémentaires de quotas, notamment pour les États membres ayant pratiqué la surpêche par le passé, devraient permettre une modeste reconstitution

de cette population avec le temps (CCTRS 2010). Toutefois, les caractéristiques du cycle biologique du thon rouge du sud, en particulier leur longue durée de vie et leur maturité tardive de reproduction, signifient que toute reconstitution de l'espèce prendra probablement du temps.

Conclusion

De nombreux défis attendent le thon rouge dans les années à venir, même si des mesures positives de gestion ont été prises. Bien que les populations mondiales de thon rouge demeurent à des niveaux particulièrement bas par rapport à leurs niveaux historiques, les décisions de gestion prises à l'heure actuelle sont meilleures que celles des décennies précédentes. La clé réside dans la mise en œuvre et l'application effective de ces décisions. Même pour le thon rouge du sud et celui de l'Atlantique Ouest, qui font historiquement partie des stocks de thon rouge les plus appauvris, on estime que le déclin des populations a été endigué. Dans le cas du thon rouge de l'Atlantique Ouest, on a pu observer une légère augmentation du niveau de la population ces dernières années (CICTA 2010, CCTRS 2010). En ce qui concerne le thon rouge de l'Atlantique Est, dont la population a subi très récemment une pêche non réglementée, les gestionnaires commencent maintenant à suivre les recommandations scientifiques au moment de fixer les quotas. En 2010, le quota pour le thon rouge de l'Atlantique Est se situait dans la fourchette des recommandations scientifiques. De plus, des mesures d'application des règles visant à contrôler la pêche illicite et non réglementée sont adoptées dans l'Atlantique Est et en Méditerranée. Reste une question : ces mesures seront-elles respectées et appliquées, avec les conséquences qu'elles entraînent en cas de non-respect ?

L'incertitude demeure en ce qui concerne les données relatives aux captures des pêcheries ou aux caractéristiques de base du cycle biologique, utilisées pour réaliser les évaluations, ce qui fait que tout ce qui est perçu comme une amélioration de l'état des stocks peut en réalité se révéler douteux lorsque la qualité des données s'améliorera. Il existe d'autres domaines d'amélioration de la gestion des thons rouges, tels que le contrôle de la pêche de poissons juvéniles, en particulier dans le Pacifique et en Méditerranée, l'élimination des captures de thon rouge dans les zones de frai pour toutes les populations et l'adoption et la mise en œuvre de mesures fortes pour le respect des quotas.

Si les gestionnaires sont en mesure de maintenir ces tendances positives et d'inverser les tendances négatives, et s'ils parviennent à complètement mettre

en œuvre le principe de précaution pour les thons rouges, il est encore possible pour ces populations de retrouver des niveaux satisfaisants, comme le montre l'exemple de l'espadon de l'Atlantique Nord. Pour les thons rouges, dont les populations présentent des taux de croissance encore plus lents que ceux de l'espadon, ce processus se déroulera probablement de manière plus graduelle, même dans les meilleures

conditions. C'est pourquoi il est nécessaire de rester vigilant afin de s'assurer que tout progrès pour les populations de thon rouge ne soit pas ruiné par le désir de profit à court terme.

Références

- Advanced Tuna Ranching Technologies. 2010. *Requiem for a bluefin tuna: An international trade analysis* (1998/2009).
- Baglin, R.E., Jr. 1982. Reproductive biology of western Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Fishery Bulletin* 80: 121–134.
- Bayliff, W.H. 1994. A review of the biology and fisheries for northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in the Pacific Ocean. *FAO Fisheries Technical Paper* 336: 244–295.
- Bigelow, H.B. and W.C. Schroeder. 1953. Fishes of the Gulf of Maine. *Fishery Bulletin* 53: 351–357.
- Block, B.A., H. Dewar, S.B. Blackwell, T.D. Williams, E.D. Prince, C.J. Farwell, A. Boustany, S.L. Teo, A. Seitz, and A. Walli. 2001. Migratory movements, depth preferences, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna. *Science* 293: 1310–4.
- Block, B.A., S.L.H. Teo, A. Walli, A. Boustany, M.J.W. Stokesbury, C.J. Farwell, K.C. Weng, H. Dewar, and T.D. Williams. 2005. Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna. *Nature* 28: 1121–1127.
- Boustany, A.M., C.A. Reeb, and B.A. Block. 2008. Mitochondrial DNA and electronic tracking reveal population structure of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Marine Biology* 156(1): 13–24.
- Boustany, A.M., R. Matteson, M. Castleton, C. Farwell, and B.A. Block. 2010. Movements of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) in the eastern North Pacific revealed with archival tags. *Progress in Oceanography* 86: 94–104.
- Carey, F.G. and K.D. Lawson. 1973. Temperature regulation in free-swimming bluefin tuna. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 44: 375–92.
- Carlsson, J., J.R. McDowell, P. Diaz-Jaimes, J.E.L. Carlsson, S.B. Boles, J.R. Gold, and J.E. Graves. 2004. Microsatellite and mitochondrial DNA analyses of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) population structure in the Mediterranean Sea. *Molecular Ecology* 13: 3345–3356.
- Carlsson J., J.R. McDowell, J.E.L. Carlsson, and J.E. Graves. 2007. Genetic identity of YOY bluefin tuna from the eastern and western Atlantic spawning areas. *Journal of Heredity* 98: 23–28.
- Chavez, F.P., J. Ryan, S.E. Lluch-Cota, and M. Niquen. 2003. From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* 299(5604): 217–221.
- Chen, K.S., P. Crone, and C.C. Hsu. 2006. Reproductive biology of female Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* from south-western North Pacific Ocean. *Fisheries Science* 72: 985–994.
- Collette, B.B., K.E. Carpenter, B.A. Polidoro, M.J. Juan-Jordá, A. Boustany, D.J. Die, C. Elfes, W. Fox, J. Graves, L.R. Harrison, R. McManus, C.V. Mente-Vera, R. Nelson, V. Restrepo, J. Schratwieser, C.L. Sun, A. Amorim, M. Brick Peres, C. Canales, G. Cardenas, S.K. Chang, W.C. Chiang, N. de Oliveira Leite, Jr., H. Harwell, R. Lessa, F.L. Fredou, H.A. Oxenford, R. Serra, K.T. Shao, R. Sumaila, S.P. Wang, R. Watson and E. Yáñez. 2011. High value and long-lived: A double jeopardy for threatened tunas and billfishes. *Science* 333(6040): 291–292.
- Collette, B.B. and C.E. Nauen. 1983. *FAO species catalogue. Vol 2: Scombrids of the world. FAO Fishery Synopsis* 125(2): 122–136.
- Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna (CCSBT). 2010. Report of the Fifteenth Meeting of the Scientific Committee. September 11, 2010, Narita, Japan.
- Cort, J.J. and B. Loirzou. 1990. Reproduction—eastern Atlantic and Mediterranean. In: D. Clay (Ed.) *World Bluefin Meeting*, May 25–31, 1990, La Jolla, Calif.
- Crockford, S.J. 1997. Archeological evidence of large northern bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, in coastal waters of British Columbia and northern Washington. *Fishery Bulletin* 95: 11–24.
- Cushing, D.H. 1968. *Fisheries biology. A study in population dynamics*. The University of Wisconsin Press, Madison, Milwaukee, and London.
- Diaz, G.A. and S.C. Turner. 2007. Size frequency distribution analysis, age composition, and maturity of western bluefin tuna in the Gulf of Mexico from the U.S. (1981–2005) and Japanese (1975–1981) longline fleets. *ICCAT Collected Volume of Scientific Papers* 6: 1160–1170.
- Diaz, G.A. 2011. A revision of western Atlantic bluefin tuna age of maturity derived from size samples collected by the Japanese longline fleet in the Gulf of Mexico (1975–1980). *ICCAT Collected Volume of Scientific Papers* 66(3): 1216–1226.
- Dicenta, A. and C. Piccinetti. 1980. Comparison between the estimated reproductive stocks of bluefin tuna (*T. thynnus*) of the Gulf of Mexico and western Mediterranean. *ICCAT Collected Volume of Scientific Papers* 9(2): 442–448.
- Domeier, M.L., D. Kiefer, N. Nasby-Lucas, A. Wagschal, and F. O'Brien. 2005. Tracking Pacific bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*) in the northeastern Pacific with an automated algorithm that estimates latitude by matching sea-surface-temperature data from satellites with temperature data from tags on fish. *Fishery Bulletin* 103: 292–306.

- Edwards, M. 2001. Progress and problems: The operation of the convention for the conservation of southern bluefin tuna. In: K. Hinman (Ed.), *Getting ahead of the curve: Conserving the Pacific Ocean's tunas, billfishes, and sharks*. National Coalition for Marine Conservation, Leesburg, Va.
- Farley, J.H. and T.L. Davis. 1998. Reproductive dynamics of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*. *Fishery Bulletin* 96: 223–236.
- Farley, J.H., T.L.O. Davis, J.S. Gunn, N.P. Clear, and A.L. Preece. 2007. Demographic patterns of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, as inferred from direct age data. *Fisheries Research* 83: 151–161.
- Farrington, S.K., Jr. 1949. *Fishing the Atlantic: Offshore and on*. Coward-McCann Inc., New York.
- Fonteneau, A. and J. Marcille. 1988. Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique Centre-Est. FAO document technique sur les pêches. FAO *Technical Document* 292.
- Foreman, T.J. and Y. Ishizuka. 1990. Giant bluefin off Southern California, with a new California size record. *California Fish and Game* 76: 181–186.
- Fromentin, J.M. 2009. Lessons from the past: Investigating historical data from bluefin tuna fisheries. *Fish and Fisheries* 10: 197–216.
- Fromentin, J.M. and J.E. Powers. 2005. Atlantic bluefin tuna: Population dynamics, ecology, fisheries, and management. *Fish and Fisheries* 6: 281–306.
- Galuardi, B., F. Royer, W. Golet, J. Logan, J. Nielson, and M. Lutcavage. 2010. Complex migration routes of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) question current population structure paradigm. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67(6): 966–976.
- García, A., F. Alemany, P. Velez-Belchí, J.L. López Jurado, D. Cortés, J.M. de la Serna, C. González Pola, J.M. Rodríguez, J. Jansá, and T. Ramírez. 2005. Characterization of the bluefin tuna spawning habitat off the Balearic Archipelago in relation to key hydrographic features and associated environmental conditions. *ICCAT Collected Volume of Scientific Papers* 58(2): 535–549.
- Goldstein, J., S. Heppell, A. Cooper, S. Brault, and M. Lutcavage. 2007. Reproductive status and body condition of Atlantic bluefin tuna in the Gulf of Maine, 2000–2002. *Marine Biology* 151: 2063–2075.
- Grewe, P.M., N.G. Elliott, B.H. Innes, and R.D. Ward. 1997. Genetic population structure of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). *Marine Biology* 127: 555–561.
- Gunn, J.S., N.P. Clear, T.I. Carter, A.J. Rees, C.A. Stanley, J.H. Farley, and J.M. Kalish. 2008. Age and growth in southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii* (Castelnaud): Direct estimation from otoliths, scales, and vertebrae. *Fisheries Research* 92(2–3): 207–220.
- Hanan, D.A. 1983. Review and analysis of the bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, fishery in the eastern North Pacific Ocean. *Fishery Bulletin* 81: 107–119.
- Hayes, E.A. 1997. A review of the southern bluefin tuna fishery: Implications for ecologically sustainable management. *A Traffic Oceania Report* July 1997.
- Heinisch, G., A. Corriero, A. Medina, F.J. Abascal, J.M. de la Serna, R. Vassallo-Agius, A.B. Ríos, A. García, F. de la Gándara, C. Fauvel, C.R. Bridges, C.C. Mylonas, S.F. Karakulak, I. Oray, G. De Metrio, H. Rosenfeld, and H. Gordin. 2008. Spatial-temporal pattern of bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L. 1758) gonad maturation across the Mediterranean Sea. *Marine Biology* 154(4): 623–630.
- Hurry, G.D., M. Hayashi, and J.J. Maguire. 2008. *Report of the independent review*. September 2008. PLE-106/2008. ICCAT, Madrid.
- Hutchings, J.A. and J.D. Reynolds. 2004. Marine fish population collapses: Consequences for recovery and extinction risk. *BioScience* 54: 297–309.
- Ichinokawa, M., M. Kai, and Y. Takeuchi. 2010. Stock assessment of Pacific bluefin tuna with updated fishery data until 2007. ISC/10–1/PBFWG/01, July 2010.
- Inagake, D., H. Yamada, K. Segawa, M. Okazaki, A. Nitta, and T. Itoh. 2001. Migration of young bluefin tuna, *Thunnus orientalis* (Temminck et Schlegel), through archival tagging experiments and its relation with oceanographic conditions in the western North Pacific. *Bulletin of the Far Seas Fisheries Research Lab* 38: 53–81.
- Inagake, D. 2001. Migratory of the Pacific bluefin tuna using archival tags and its relation with oceanographic conditions. *Aquabiology* 23: 547–552.
- Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC). 2010. *Tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean in 2009. Fishery Status Report No. 8*. La Jolla, Calif.
- International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT). 2006. Report of the 2006 Atlantic Bluefin Tuna Stock Assessment Session. *ICCAT Collected Volume of Scientific Papers* 13: 1–137.
- International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT). 2010. Report of the 2010 Atlantic Bluefin Tuna Stock Assessment Session. Madrid, Sept. 6–12, 2010. *ICCAT Collected Volume of Scientific Papers* 66(2): 505–714.
- International Scientific Committee (ISC) for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean. 2008. *Report of the Pacific bluefin tuna working group workshop*. May 28–June 4, 2008, Shimizu, Japan.
- Issenbergs, S. 2007. *The sushi economy: Globalization and the making of a modern delicacy*. Gotham Books, New York.
- Itoh, T. 2001. Estimation of total catch in weight and catch-at-age in number of bluefin tuna *Thunnus orientalis* in the whole Pacific Ocean. *Bulletin of the National Research Institute of Far Seas Fisheries* 38: 83–111.
- Itoh, T., S. Tsuji, and A. Nitta. 2003a. Migration patterns of young Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) determined with archival tags. *Fishery Bulletin* 101: 514–534.
- Itoh, T., S. Tsuji, and A. Nitta. 2003b. Swimming depth, ambient water temperature preference, and feeding frequency of young Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) determined with archival tags. *Fishery Bulletin* 101: 535–544.
- Itoh, T. 2006. Sizes of adult bluefin tuna *Thunnus orientalis* in different areas of the western Pacific Ocean. *Fisheries Science* 72(1): 53–62.
- Jennings, S., S.P.R. Greenstreet, and J.D. Reynolds. 1999. Structural change in an exploited fish community: A consequence of differential fishing effects on species with contrasting life histories. *Journal of Animal Ecology* 68: 617–627.
- Kitagawa, T., S. Kimura, H. Nakata, and H. Yamada. 2004. Diving behavior of immature, feeding Pacific bluefin tuna (*Thunnus thynnus orientalis*) in relation to season and area: The East China Sea and the Kuroshio-Oyashio transition region. *Fisheries Oceanography* 13: 161–180.

- Kitagawa, T., A.M. Boustany, C. Farwell, T.D. Williams, M. Castleton, and B.A. Block. 2007. Horizontal and vertical movements of juvenile Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) in relation to seasons and oceanographic conditions. *Fisheries Oceanography* 16: 409–421.
- Lutcavage, M.E., R.W. Brill, G.B. Skomal, B.C. Chase, and P.W. Howey. 1999. Results of pop-up satellite tagging of spawning size class fish in the Gulf of Maine: Do North Atlantic bluefin tuna spawn in the mid-Atlantic? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 173–177.
- MacKenzie, B.R. and R.A. Myers. 2007. The development of the Northern European fishery for North Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, during 1900–1950. *Fisheries Research* 87: 229–239.
- Mather, F.J., J.M. Mason, and A.C. Jones. 1995. Life history and fisheries of Atlantic bluefin tuna. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC 370.
- Miyake, M., N. Miyabe, and H. Nakano. 2004. Historical trends of tuna catches in the world. *Food and Agriculture Organization of the United Nations Fisheries Technical Paper* 467.
- Muto, F., Y. Takeuchi, K. Yokawa, S. Ochi, and M. Tabuchi. 2008. Pacific bluefin tuna fisheries in Japan and adjacent areas before the mid-20th century. ICCAT World Symposium for the study into stock fluctuations of northern bluefin tunas (*Thunnus thynnus* and *Thunnus orientalis*) including the historic periods.
- Nakamura, I. 1990. Scombridae. In O. Gon and P.C. Heemstra (Eds.) *Fishes of the Southern Ocean*. J.L.B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown, South Africa.
- National Research Council (NRC). 1994. *An assessment of Atlantic bluefin tuna*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nemerson, D., S. Berkeley, and C. Safina. 2000. Spawning site fidelity in Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*: The use of size-frequency analysis to test for the presence of migrant east Atlantic bluefin tuna on Gulf of Mexico spawning grounds. *Fishery Bulletin* 98(1): 118–126.
- Neilson J.D. and S.E. Campana. 2008. A validated description of age and growth of western Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65: 1523–1527.
- Nishikawa, Y., M. Honma, S. Ueyanagi, and S. Kikawa. 1985. *Average distribution of larvae of oceanic species of scombroid fishes, 1956–1981*. Far Seas Fisheries Research Laboratory, Shimizu, Japan.
- Polacheck, T., J.P. Eveson, and G.M. Laslett. 2004. Increase in growth rates of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) over four decades: 1960–2000. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 307–322.
- Polacheck, T. and C. Davies. 2007. Implications of the Japanese overcatch of southern bluefin tuna for data collection and assessment of tropical tuna, and the need for independent verification of catch and effort statistics. *CSIRO Marine and Atmospheric Research paper 023*, CSIRO, Hobart, Australia.
- Polovina, J.L. 1996. Decadal variation in the trans-Pacific migration of northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) coherent with climate-induced change in prey abundance. *Fisheries Oceanography* 5(2): 114–119.
- Porch, C.E. 2005. The sustainability of western Atlantic bluefin tuna: A warm blooded fish in a hot blooded fishery. *Bulletin of Marine Science* 76: 363–384.
- Proctor C.H., R.E. Thresher, J.S. Gunn, D.J. Mills, I.R. Harrowfield, and S.H. Sie. 1995. Stock structure of the southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii*: An investigation based on probe microanalysis of otolith composition. *Marine Biology* 122: 511–526.
- Ravier, C. and J.M. Fromentin. 2004. Are the long-term fluctuations in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) population related to environmental changes? *Fisheries Oceanography* 13(3): 145–160.
- Restrepo, V.R., G.A. Diaz, J.F. Walter, J.D. Neilson, S.E. Campana, D. Secor, and R.L. Wingate. 2010. Updated estimate of the growth curve of western Atlantic bluefin tuna. *Aquatic Living Resources* 23: 335–342.
- Riccioni, G., M. Landi, G. Ferrara, I. Milano, A. Cariani, L. Zane, M. Sella, G. Barbujani, and F. Tinti. 2010. Spatio-temporal population structuring and genetic diversity retention in depleted Atlantic bluefin tuna of the Mediterranean Sea. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 107: 2102–2107.
- Richards, W.J. 1990. Results of a review of the U.S. bluefin tuna larval assessment with a brief response. *ICCAT Collected Volume of Scientific Papers* 32(2): 240–247.
- Rodríguez-Marín, E., H. Arrizabalaga, M. Ortiz, C. Rodríguez-Cabello, G. Moreno, and L.T. Kell. 2003. Standardization of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, catch per unit effort in the baitboat fishery of the Bay of Biscay (Eastern Atlantic), *ICES Journal of Marine Science* 60: 1216–1231.
- Rodríguez-Roda, J. 1967. Investigations of tuna (*Thunnus thynnus*) in Spain. *ICCAT Report for Biennial Period*. 2: 110–113.
- Romano, C. 2001. The southern bluefin tuna dispute: Hints of a world to come...like it or not. *Ocean Development and International Law* 32(4): 313–348.
- Rooker, J.R., D.H. Secor, V.S. Zdanowicz, and T. Itoh. 2001. Discrimination of northern bluefin tuna from nursery areas in the Pacific Ocean using otolith chemistry. *Marine Ecology Progress Series* 218: 275–282.
- Rooker, J.R., D.H. Secor, G. De Metrio, R. Schloesser, B.A. Block, and J.D. Neilson. 2008. Natal homing and connectivity in Atlantic bluefin tuna populations. *Science* 322(5902): 742–744.
- Royer, F. and J.M. Fromentin. 2007. Environmental noise in spawning areas: The case of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Fisheries Oceanography* 16(2): 202–206.
- Safina, C. 2001. Tuna conservation. In: B.A. Block and E.D. Stevens (Eds.), *Tuna: Physiology, ecology, and evolution*. Academic Press, San Diego.
- Safina, C. and D.H. Klinger. 2008. Collapse of bluefin tuna in the western Atlantic. *Conservation Biology* 22: 243–246.
- Sawada Y., T. Okada, S. Miyashita, O. Murata, and H. Kumai. 2005. Completion of the Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, life cycle under aquaculture conditions. *Aquaculture Research* 36: 413–421.
- Sara, R. 1980. Bluefin tuna trap fishery in the Mediterranean. *ICCAT Collected Volume of Scientific Papers* 11: 129–144.
- Schaefer, K.M. 1998. Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the eastern Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin* 21: 489–528.
- Schaefer, K.M. 2001. Reproductive biology. In: B.A. Block and E.D. Stevens (Eds.), *Tuna: Physiology, ecology, and evolution*. Academic Press, San Diego.

- Scott, B., G. Marteinsdottir, and P. Wright. 1999. Potential effects of maternal factors on spawning stock-recruitment relationships under varying fishing pressure. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 1882–1890.
- Sharp, G.D. 2001. Tuna oceanography, an applied science. In: B.A. Block and E.D. Stevens (Eds.), *Tuna: Physiology, ecology, and evolution*. Academic Press, San Diego.
- Sharp, G.D. and A.E. Dizon. 1978. *The physiological ecology of tunas*. Academic Press, New York.
- Shimose, T., T. Tanabe, K.S. Chen, and C.C. Hsu. 2009. Age determination and growth of Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, off Japan and Taiwan. *Fisheries Research* 100(2): 134–139.
- Shingu, C. 1967. Distribution and migration of the southern bluefin tuna. *Report of the Nankai Fishery Research Laboratory* 25: 19–36.
- Smith, P.J., A.M. Conroy, and P.R. Taylor. 1994. Biochemical-genetic identification of northern bluefin tuna *Thunnus thynnus* in the New Zealand fishery. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 28: 113–118.
- Stokesbury, M.J.W., S.L.H. Teo, A. Seitz, R.K. O'Dor, and B.A. Block. 2004. Movement of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) as determined by satellite tagging experiments initiated off New England. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 1976–1987.
- Tanaka, Y., K. Satoh, M. Iwahashi, and H. Yamada. 2006. Growth-dependent recruitment of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* in the northwestern Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 319: 225–235.
- Teo, S.L.H., A. Boustany, H. Dewar, M.J. Stokesbury, K.C. Weng, S. Beemer, A.C. Seitz, C.J. Farwell, E.D. Prince, and B.A. Block. 2007a. Annual migrations, diving behavior, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, on their Gulf of Mexico breeding grounds. *Marine Biology* 151: 1–18.
- Teo S.L.H., A. Boustany, and B.A. Block. 2007b. Oceanographic preferences of Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, on their Gulf of Mexico breeding grounds. *Marine Biology* 152(5): 1105–1119.
- Walli, A., S.L.H. Teo, A. Boustany, C.J. Farwell, T. Williams, H. Dewar, E. Prince, and B.A. Block. 2009. Seasonal movements, aggregations, and diving behavior of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) revealed with archival tags. *PLoS ONE* 4(7): e6151.
- Ward, T.M., L.J. McLeay, W.F. Dimmlich, P.J. Rogers, S. McClatchie, R. Matthews, J. Kampf, and P.D. Van Ruth. 2006. Pelagic ecology of a northern boundary current system: Effects of upwelling on the production and distribution of sardine (*Sardinops sagax*), anchovy (*Engraulis australis*), and southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) in the Great Australian Bight. *Fisheries Oceanography* 15: 191–207.
- Yukinawa, M. 1987. Report on 1986 research cruise of the R/V Shoyo-maru. Distribution of tunas and billfishes larvae and oceanographic observation in the eastern Indian Ocean January–March 1987. *Report of the Research Division of the Fisheries Agency of Japan* 61: 1–100.

L'auteur

Andre Boustany s'est spécialisé en écologie et biologie de l'évolution lors de son premier cycle universitaire à l'Université Cornell. Pêcheur et amoureux de la mer depuis des années, il s'est toujours imaginé travailler un jour dans le domaine de la biologie marine. Après son diplôme, Andre a occupé un certain nombre d'emplois en Californie, dont il est originaire, travaillant sur une exploitation laitière, étudiant la démographie de hiboux dans les montagnes de San Bernardino ou servant d'observateur sur des navires utilisant des filets dérivants pélagiques. Ce dernier travail introduit Andre dans le monde de la mer, dont l'environnement et les animaux deviendront ses sujets d'étude. Andre effectue sa thèse de doctorat à l'Université Stanford, où il utilise les technologies de marquage électronique et la génétique pour étudier les schémas migratoires, l'utilisation des habitats et la structure des populations de thons rouges et de requins dans les océans Pacifique et Atlantique. Sa thèse terminée, il arrive à l'Université Duke en tant que post-doctorant, où il continue à étudier les poissons pélagiques et leurs pêcheries, et en particulier la manière de réduire les prises accessoires et d'améliorer l'efficacité de la pêche.

Citation bibliographique : Boustany, A., 2011, *Bluefin Tuna: The State of the Science*, Division Océanographie, Pew Environment Group, Washington, DC.

Crédits : illustration de couverture par Steve Ravenscraft ; illustrations des espèces par Phil Geib ; cartes de GreenInfo Network.



SÉRIE OCÉANOGRAPHIE

Pew Environment Group est la section dévolue à la conservation de Pew Charitable Trusts, organisation non gouvernementale basée aux États-Unis qui applique une approche analytique rigoureuse pour améliorer les politiques publiques, informer le public et stimuler la vie citoyenne.

901 E Street NW, 10th Floor, Washington, DC 20004 ■ Téléphone : 202.552.2000
Courriel : oceanscience@pewtrusts.org ■ www.pewenvironment.org

 Imprimé sur papier 100 % recyclé.