

Appendice 6

Rapport du Programme de recherche sur le thon rouge englobant tout l'Atlantique (GBYP) (Rapport d'activités pour la dernière partie de la phase 12 et la première partie de la phase 13 (2022-2023))

1. Introduction

Le programme de recherche sur le thon rouge englobant tout l'Atlantique (GBYP) a officiellement débuté fin 2009 avec pour objectif d'améliorer a) la collecte des données de base, y compris des données indépendantes des pêcheries ; b) la compréhension des principaux processus biologiques et écologiques ; et c) les modèles d'évaluation et la formulation de l'avis scientifique sur l'état du stock. Des informations générales sur les activités et les résultats du GBYP et sur des questions budgétaires et administratives du GBYP, depuis le début du programme jusqu'à présent, sont disponibles sur la [page Web](#) du GBYP. Tous les documents pertinents liés à l'élaboration du programme, y compris les rapports finaux de chaque activité et les documents scientifiques dérivés, les rapports annuels au SCRS et à l'Union européenne, les rapports des ateliers du GBYP ou des réunions du comité directeur (SC) sont également facilement accessibles sur la [page Web](#) du GBYP.

La phase 12 du GBYP a commencé officiellement le 24 mars 2022, après la signature de la convention de subvention aux fins du financement conjoint de la phase 12 du GBYP (projet 101091166) par la Commission européenne. La durée initiale de la phase 12 était d'une année. Toutefois, afin de tenir l'ensemble des ateliers prévus au cours de cette phase, qui avaient été initialement reportés jusqu'à la fin des restrictions imposées par la pandémie de COVID-19, et d'achever les nouvelles activités de recherche prioritaires demandées par le SCRS, cette phase a été prolongée de quatre mois, jusqu'au 23 juillet 2023, par le biais d'un amendement de la subvention. Les activités menées au cours des cinq premiers mois de la phase 12 et leurs résultats préliminaires ont été présentés au SCRS et à la Commission en 2021 (Alemany *et al.*, 2022) et ont été approuvés. Suivant le calendrier imposé par la nouvelle agence de financement — l'Agence exécutive européenne pour le climat, l'infrastructure et l'environnement (CINEA) — la phase 13 du GBYP a officiellement débuté le 1^{er} mai 2023, après la signature de la convention de subvention (projet 101133291) par la Commission européenne, avec une durée prévue d'un an. Bien que ces phases du GBYP aient été partiellement administrées en parallèle (comme cela était le cas lors des phases antérieures), cela n'a pas posé de problème majeur, étant donné que chaque phase a un plan de travail et un budget spécifique, et que les coûts peuvent donc être attribués sans équivoque aux activités détaillées dans les conventions de subvention respectives.

Même si plusieurs tâches l'an dernier ont continué à se voir affectées par la pandémie de COVID-19, comme les ateliers qui ont été reportés jusqu'à la fin des restrictions en lien avec la COVID 19, la plupart des activités prévues dans le cadre des phases 12 et 13 ont été ou sont mises en œuvre avec succès. Les activités spécifiques des deux phases ont été articulées autour des mêmes grands axes de recherche, à savoir la récupération et la gestion des données, les études biologiques, le marquage, les prospections aériennes (AS) et la modélisation. Ces activités ont été adaptées aux besoins de recherche du SCRS et aux demandes de la Commission. En outre, les méthodologies ont été continuellement améliorées et les procédures de travail ont été optimisées afin d'accroître l'efficacité et la qualité de l'avis. Les réorientations stratégiques de plusieurs de ces axes de recherche, initiées dans la phase 10, ont été consolidées. Ainsi, les activités de récupération des données ont évolué vers la gestion des données, en se concentrant sur le développement de nouvelles bases de données (DB) relationnelles, intégrant toutes les informations produites et recueillies par le programme depuis le début. Les AS ont été révisées en profondeur et de nouvelles approches méthodologiques pour l'analyse des données ont été explorées (c'est-à-dire le développement de nouvelles approches basées sur des modèles eu égard à diverses variables environnementales pour tenir compte des changements potentiels de la répartition spatiale des reproducteurs consécutifs à la variabilité de l'environnement). Ces changements amélioreront la précision des séries temporelles de l'indice. Les activités de marquage ont également été élargies dans la nouvelle approche stratégique, faisant suite à une étroite coopération avec des programmes nationaux de marquage. Ce changement a considérablement augmenté l'efficacité globale et a réduit significativement les coûts opérationnels. De plus, dans la phase 12, une nouvelle réorientation stratégique a été mise en place en ce qui concerne les études biologiques, qui seront progressivement axées sur l'examen des études fondées sur l'ensemble des données et des résultats recueillis dans les phases précédentes afin de parvenir à des conclusions scientifiques solides, au lieu de générer constamment de nouveaux jeux de données (sauf en cas de demandes spécifiques nécessaires).

Le présent rapport décrit et résume toutes les activités menées tout au long de la phase 12 du GBYP et celles lancées au cours de la première partie de la phase 13, ainsi que leurs résultats finaux ou préliminaires et les activités de coordination y afférentes.

Comme mentionné ci-dessus, la pandémie de COVID-19 a continué à affecter la mise en œuvre de la phase 12, mais l'expérience acquise au cours de la période 2020-2022 a permis au GBYP de relever avec succès les défis découlant de ce scénario, en parvenant à organiser des ateliers dans un format hybride et à adapter le travail quotidien aux conditions de télétravail. Étant donné que la fermeture temporaire du siège du Secrétariat de l'ICCAT en mars 2020 a été maintenue au cours de 2022, et que le travail en présentiel n'a repris que partiellement en 2023, comme indiqué précédemment, l'équipe de coordination du GBYP a continué à recourir au télétravail pour gérer le programme sans aucun impact significatif sur la coordination et la mise en œuvre des activités.

2. Activités de coordination et questions générales de gestion du programme GBYP

Dans les phases 12 et 13, le SC du GBYP se compose du Président du SCRS, du rapporteur du thon rouge de l'Ouest, du rapporteur du thon rouge de l'Atlantique Est, du Secrétaire exécutif de l'ICCAT et/ou de son adjoint et d'un expert externe sous contrat. Afin de définir le plan de travail de la phase 12 et d'affiner les activités en cours, le SC a tenu une réunion en présentiel à Madrid, consécutivement à la réunion de la plénière du SCRS en septembre 2022. En outre, l'équipe de coordination du GBYP a informé à tout moment les membres du SC de l'état d'avancement des activités au moyen de rapports détaillés fournis sur une base trimestrielle et ces derniers ont régulièrement été consultés par courrier électronique sur de nombreuses questions.

L'équipe de coordination du GBYP se compose du coordinateur du GBYP, de la coordonnatrice adjointe et du spécialiste de la base de données, en plus d'un assistant administratif pendant 7 mois au cours de la phase 12. Le Secrétariat de l'ICCAT a fourni l'appui technique et administratif pour toutes les activités du GBYP sur une base quotidienne. Dans la phase 12, trois appels d'offres et six invitations officielles ont été lancés, ce qui a donné lieu à 11 contrats attribués à diverses entités. En outre, un appel à manifestation d'intérêt a été publié et a donné lieu à huit protocoles d'accord (MoU). Au cours des trois premiers mois de la phase 13, deux appels d'offres, un appel à manifestation d'intérêt et une invitation ont été lancés. En conséquence, trois contrats ont déjà été signés, deux contrats sont en cours de signature et 11 MoU ont également été signés ou sont en cours de signature.

2.1 Aspects financiers

Dans la phase 12, le budget total s'élevait à 1.500.000,00 euros, grâce aux contributions des bailleurs de fonds suivants : Union européenne (Accord de subvention) 1.200.000,00 euros, Maroc 57.882,26 euros, Tunisie 50.109,54 euros, Japon 49.686,39 euros, Türkiye 40.626,86 euros, Algérie 29.170,26 euros, Norvège 24.287,66 euros, Canada 21.327,38 euros, Libye 12.917,23 euros, Corée (Rép.) 3.525,11 euros, Islande 3.172,60 euros, Albanie 2.996,34 euros, Taipei chinois 2.000,00 euros, Chine (Rép. pop.) 1.797,80 euros et Royaume-Uni 500,57 euros.

Dans la phase 13, le budget total est de 1.250.000,00 euros, grâce aux contributions des bailleurs de fonds suivants : Union européenne (Accord de subvention) 900.000,00 euros, Maroc 66.280,30 euros, Japon 55.782,93 euros, Tunisie 47.258,00 euros, Türkiye 46.575,34 euros, Libye 45.643,84 euros, Algérie 36.239,20 euros, Canada 20.529,68 euros, Norvège 19.000,00 euros, Albanie 4.719,17 euros, Islande 4.012,64 euros et Corée (Rép.) 3.958,90 euros.

Les montants résiduels des phases antérieures du GBYP ont été utilisés pour mieux équilibrer la contribution de l'UE et pour compenser les coûts qui n'étaient pas couverts par le financement de l'UE dans diverses phases. Les éventuels soldes additionnels des sommes versées dans la phase 12 seront utilisés pour les phases suivantes du GBYP. Il convient de noter que certaines CPC de l'ICCAT n'ont pas encore versé leurs contributions pour la phase actuelle et les phases précédentes du GBYP.

Le budget approuvé pour la phase 12 et la phase 13 ainsi que les dépenses finales de la phase 12 sont résumés dans le **tableau 1**. Le pourcentage du budget exécuté au cours de la phase 12 a été de 92,7%. Les coûts finaux ont été légèrement inférieurs à ce qui avait été initialement prévu en raison essentiellement de la tenue des ateliers dans un format hybride et pas uniquement en présentiel, comme cela avait été initialement envisagé, ce qui a réduit le budget requis. Les autres raisons étaient le retard dans l'examen global par des experts externes des processus de MSE de l'ICCAT et l'annulation, pour des raisons de force majeure, d'une prospection de marquage en Türkiye.

Tableau 1. Fonds détaillées disponibles pour les phases 12 et 13 du GBYP et dépenses respectives au 11 septembre 2023

	<i>Budget phase 12 (24 mars 2022-23 juillet 2023)</i>	<i>Dépenses</i>	<i>Budget phase 13 (1^{er} mai 2023-23 juillet 2023)</i>	<i>Dépenses</i>
Marquage électronique et conventionnel, récompenses et campagne de sensibilisation	247.000 €	269.550€	160.000 €	1.583€
Études biologiques, y compris la microchimie, la détermination de l'âge et la génétique	334.200 €	269.221 €	120.000 €	
Indices indépendants des pêcheries : prospections aériennes	60.000 €	67.657 €	385.000 €	208.549 €
Collecte et expédition d'échantillons	115.800 €	151.899 €	80.000 €	
Ateliers/réunions	117.000 €	66.243 €	20.000 €	
MSE pour le thon rouge	142.000 €	109.594 €	35.000 €	
Coordination du programme (y compris salaires du personnel, contrat des membres externes du SC, voyages des membres du SC et de l'équipe de coordination, équipement, consommables, frais généraux et participation du personnel de l'ICCAT)	484.000 €	455.807 €	440.000 €	37.151 €
TOTAL	1.500.000 €	1.389.970 €	1.250.000 €	247.283 €

3. Résumé des activités scientifiques et des résultats des phases 12 et 13 du GBYP par axe de recherche principal

3.1 Récupération et gestion des données

Aucune activité de récupération des données n'a été menée dans les phases 12 et 13, étant donné qu'aucun nouveau jeu de données ancien pertinent n'a été identifié. Par conséquent, tous les efforts à cet égard ont été consacrés à la continuité de l'approche stratégique initiée dans la phase 9, principalement basée sur le travail interne réalisé au sein du Secrétariat de l'ICCAT visant à l'amélioration de la gestion des données, en étroite collaboration avec les Départements des statistiques et de la science, les scientifiques du SCRS et l'équipe de coordination du GBYP. Plus précisément, les travaux ont porté sur le développement de DB relationnelles permettant le stockage et l'analyse appropriés de toutes les données brutes collectées au sein du GBYP ou d'autres sources de données pertinentes pour la gestion du thon rouge qui ne sont pas encore incluses dans les bases de données actuelles de l'ICCAT.

Plus précisément, les activités réalisées dans le cadre de la phase 12 du GBYP ont inclus :

- La poursuite des tâches visant à la mise en œuvre du plan de travail pour la création d'un vaste système d'information sur les données biologiques, en étroite coordination avec le Département des statistiques du Secrétariat de l'ICCAT. Ces activités, lancées au cours des phases précédentes, ont essentiellement consisté au travail de bureau en interne. Dans le cas du système d'information sur les données biologiques, les travaux ont été axés sur la modélisation des données et le stockage des données, les avancées dans la création de structures facilitant le partage des données entre les différentes équipes de recherche des CPC et les programmes scientifiques de l'ICCAT, et le stockage adéquat tant des données biologiques que des résultats des analyses réalisées sur ces échantillons. De plus, d'importantes avancées ont été réalisées sur la définition et la concentration des types de données, des besoins en données et leur utilisation. Simultanément, on a procédé à un examen de l'état des échantillons collectés les années précédentes et à leur enregistrement dans l'inventaire.
- L'actualisation de la plateforme de données pour stocker les informations issues de l'activité d'AS.
- La poursuite du projet visant à développer un système intégré de gestion des marques électroniques (ETAGS), à même de gérer les données de toutes les marques électroniques déployées par l'ICCAT ou fournies par les équipes scientifiques des CPC, lancé lors de la phase 11, en étroite collaboration avec le Département des statistiques du Secrétariat de l'ICCAT. Ce système servira à gérer à la fois les métadonnées sur les opérations de marquage électronique et les données brutes générées par ces marques électroniques et permettra de stocker les données de tous les autres programmes de marquage de l'ICCAT à l'avenir. À cette fin, un deuxième contrat a été signé avec le Dr Chi Hin Lam (Big Fish Intelligence Company Limited) afin d'achever l'adaptation du système précédemment développé par cette société aux besoins de l'ICCAT. La conception et programmation de la structure finale de la DB a été achevée et un test a également été développé pour vérifier si les différents types de jeux de données brutes peuvent être téléchargés. Cette nouvelle DB a été présentée à la communauté scientifique de marquage électronique dans le cadre de l'Atelier GBYP sur le marquage électronique tenu en juillet 2023.

3.2 Indices des stocks indépendants des pêcheries : prospection aérienne de concentrations de reproducteurs de thon rouge et prospections larvaires de thon rouge du GBYP

3.2.1 Prospections aériennes

La Commission avait initialement identifié l'AS des concentrations de reproducteurs de thon rouge du GBYP de l'ICCAT comme l'un des trois principaux objectifs de recherche du programme. La prospection fournit des tendances de la biomasse du stock reproducteur (SSB) minimale indépendantes des pêcheries. Cependant, en raison de limitations budgétaires et logistiques et de divergences d'opinions sur les meilleures stratégies d'échantillonnage entre les membres successifs du SC, cette activité n'a pas été régulièrement mise en œuvre et n'a pas suivi des méthodologies et des stratégies d'échantillonnage homogènes dès le début. En outre, l'AS a été confrontée à de nombreux défis logistiques, qui ont entraîné des changements dans la conception et le traitement des données de la prospection afin de standardiser les méthodologies et d'améliorer la précision de l'indice. Par conséquent, en 2019, toutes les données historiques d'AS du GBYP ont été révisées et réanalysées pour toutes les zones et toutes les années de manière homogène, produisant une nouvelle série temporelle d'indices entièrement standardisée. Toutefois, la nouvelle série temporelle d'indices présentait des différences substantielles par rapport aux séries temporelles précédentes, et montrait toujours une grande variabilité interannuelle entre et au sein des zones, ce qui a soulevé de nouvelles préoccupations quant aux procédures d'estimation et à l'efficacité globale de la prospection. Ainsi, en 2020, une révision approfondie de l'ensemble du programme AS du GBYP a été réalisée par deux experts indépendants externes, qui ont formulé plusieurs recommandations pour son amélioration. Les recommandations incluaient d'étudier la possibilité d'inclure des systèmes d'observation numériques automatisés pour élargir, si possible, les zones prospectées et de passer de l'approche classique basée sur la conception à une approche basée sur un modèle visant à surmonter l'impact potentiel de la variabilité environnementale interannuelle sur la distribution des reproducteurs de thon rouge et donc sur la précision de l'indice. Par conséquent, en 2021, dans le cadre de la phase 10 du GBYP, une prospection pilote a été menée dans la zone de la mer des Baléares incorporant tant la méthodologie standard basée sur des observateurs humains que des systèmes numériques pour

l'enregistrement automatique d'images le long des transects, et couvrant non seulement la zone centrale habituelle mais aussi une zone étendue autour de celle-ci. En outre, une réanalyse globale de l'ensemble de la série temporelle, appliquant à la fois l'approche basée sur la conception utilisée depuis le début des AS du GBYP ainsi qu'une nouvelle approche basée sur un modèle, a été réalisée par l'équipe du Centre for Research into Ecological Environmental Modelling (CREEM) de l'Université de Saint Andrew, qui était le développeur initial de la méthodologie DISTANCE appliquée pour la conception et l'analyse des AS du GBYP au début du programme. Avec le budget disponible, le SC du GBYP a décidé de reprendre, dans le cadre de la phase 11 du GBYP, l'AS sur les concentrations de reproducteurs de thon rouge dans les zones centrales de la Méditerranée occidentale et centrale en 2022, et plus précisément dans la mer des Baléares (zone A), dans le sud de la mer Tyrrhénienne (zone C) et le centre-sud de la mer Méditerranée (zone E), en suivant la méthodologie standard basée sur des observateurs humains. Il a été décidé de ne pas réaliser de prospections dans la sous-zone de la mer Levantine (zone G) car les résultats obtenus lors des campagnes précédentes suggèrent que l'une des hypothèses de base pour appliquer cette méthodologie, à savoir que les reproducteurs de thon rouge sont entièrement disponibles pour les observations aériennes, n'est pas remplie. Les AS menées par le GBYP en 2022 n'ont pas rencontré de problèmes majeurs, et récemment, en juin 2023, ces mêmes prospections ont été développées dans les mêmes zones de la Méditerranée occidentale et centrale dans le cadre de la phase 13. Ces dernières ont fait face à des problèmes administratifs dus au refus des autorités aériennes maltaises d'autoriser l'embarquement à Malte d'observateurs scientifiques en tant que membres de l'équipe de travail et non en tant que passagers, de sorte que la société sous contrat, Aerial Banners, était tenue de délivrer un certificat spécial qu'elle n'avait pas en sa possession. Cette situation était tout à fait inattendue, étant donné que cette société et les autres sociétés engagées par le GBYP ont toujours obtenu toutes les autorisations pour mener les AS à Malte, en présentant exactement les mêmes certificats que ceux présentés cette année. En outre, la même documentation a été suffisante pour obtenir ces autorisations dans d'autres pays (Espagne, Italie et Türkiye), non seulement les années précédentes mais également en 2023, ce qui indique qu'aucun changement n'a été apporté aux réglementations internationales et que le problème était uniquement dû à un changement de critères des autorités aériennes maltaises. Par conséquent, près d'un tiers de la zone E, la zone qui doit être nécessairement couverte à partir des aéroports maltais, n'a pas été prospectée en 2023.

Les résultats des prospections de 2022 ont été analysés dans la phase 12 du GBYP et ceux des prospections de 2023 seront analysés au cours de la phase 13. Un nouveau contrat a été signé avec le CREEM pour procéder à l'analyse visant à actualiser les séries temporelles de l'indice aérien jusqu'en 2022 en suivant l'approche basée sur la conception et à la réanalyse, en collaboration avec l'équipe de l'Instituto Español de Oceanografía (IEO) et le Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) chargée des indices larvaires de thon rouge et composée d'experts de la modélisation de l'habitat des reproducteurs de thon rouge, de tous les jeux de données de 2017 à 2022 en suivant une nouvelle approche basée sur un modèle tenant compte d'un vaste ensemble de variables environnementales. Ces travaux visent à produire, dans un proche avenir, une série temporelle de l'indice d'AS totalement standardisée et plus précise, à même de rendre compte de la variabilité interannuelle de la répartition spatio-temporelle des reproducteurs de thons rouges dans les zones prospectées de la Méditerranée occidentale et centrale, découlant des changements du scénario environnemental et pas strictement des réels changements de l'abondance du stock reproducteur.

3.2.2 Prospections larvaires

Au cours de la phase 12, en plus du financement direct de l'AS et des analyses des données d'AS, le GBYP a également soutenu directement l'amélioration des indices larvaires basés sur les prospections menées par les CPC de l'ICCAT, à travers l'organisation et le financement d'un atelier ad hoc sur les indices larvaires de thon rouge de l'Atlantique, qui a eu lieu à Palerme, en Italie, du 7 au 9 février 2023. Cet atelier s'est tenu dans un format hybride. Les objectifs spécifiques étaient d'identifier les potentielles sources d'incertitude ou d'inexactitude dans les prospections larvaires de thonidés, de convenir d'une méthodologie de prospection standard en vue de réduire les possibles sources d'erreur ou de biais et d'étudier la possibilité d'élargir les prospections afin de produire des indices larvaires pour d'autres zones de reproduction de thon rouge. Les stratégies de prospection et les méthodologies d'échantillonnage, ainsi que celles appliquées aux analyses des échantillons et données biologiques, ont été présentées par toutes les équipes de recherche participant actuellement aux études sur les stades larvaires du thon rouge de l'Atlantique et ont été discutées par le Groupe. Finalement, le Groupe a traité d'un ensemble de points spécifiques visant à standardiser les méthodologies et à étudier la possibilité de mettre en œuvre de nouvelles prospections d'indices larvaires pour le thon rouge, produisant une liste d'actions pour atteindre cet objectif.

Plus de 40 scientifiques de cinq CPC ont assisté à cet atelier. Le rapport détaillé sera présenté au Groupe d'espèces sur le thon rouge au mois de septembre, en tant que document SCRS/2023/042.

3.3 Activités de marquage

Les objectifs initiaux des activités de marquage du GBYP étaient : a) l'estimation des taux de mortalité naturelle des populations de thon rouge par âge ou groupes d'âge, et b) l'évaluation de l'utilisation de l'habitat et des schémas de déplacement à grande échelle (spatio-temporels), y compris l'estimation des taux de mélange entre les unités de stock par zone et strate temporelles, tant pour les juvéniles que pour les reproducteurs. Cependant, cet axe de recherche a été confronté à deux problèmes importants qui ont limité la pleine réalisation de ces objectifs : i) le très faible taux de récupération de marques conventionnelles, ce qui a empêché l'utilisation de ces données pour estimer des taux de mortalité fiables ; et ii) le temps relativement court pendant lequel la plupart des marques pop-up électroniques sont restées sur les poissons. C'est pourquoi de nouvelles actions destinées à résoudre ces problèmes ont été entreprises lors de la phase 9, en améliorant la méthodologie de déploiement et en dispensant une formation spécifique aux équipes de marquage électronique, ainsi qu'en développant des actions spécifiques visant à accroître la participation des observateurs de l'ICCAT et du personnel des fermes à la détection et à la déclaration des marques. Les résultats de ces activités sont devenus évidents dès 2019, puisque la durée moyenne de présence des marques sur les poissons (programmée pour un an) a augmenté, passant de 48 jours dans les phases 2 à 8 à une moyenne de 245 jours dans les phases 9 et 10. Les premiers résultats des prospections de marquage électronique réalisées dans le cadre de la phase 11 ont montré le maintien de cette tendance, puisque de nombreuses marques sont restées sur les poissons pendant toute la période programmée d'un an. Les actions destinées à améliorer les taux de récupération ont donné lieu à une augmentation des récupérations dans la zone méditerranéenne. De mars 2022 à mars 2023, au total, 123 marques conventionnelles et 30 marques électroniques ont été récupérées.

Comme au cours des saisons précédentes, l'objectif spécifique des campagnes de marquage électronique de la phase 12 était d'améliorer les estimations du degré de mélange des stocks de thon rouge de l'Atlantique Ouest et Est dans les différentes zones statistiques au cours du cycle annuel, en tenant compte en particulier des besoins actuels du processus de modélisation de l'évaluation de la stratégie de gestion (MSE). L'objectif était d'améliorer les connaissances des schémas spatiaux du thon rouge, en se concentrant sur le comblement des lacunes actuelles dans les connaissances des schémas spatiaux des poissons juvéniles et jeunes adultes du stock Ouest et ceux des populations de thon rouge de l'Est de la Méditerranée. Au vu des bons résultats de la nouvelle approche stratégique pour la mise en œuvre des programmes de marquage électronique du GBYP initiés dans la phase 10, un nouvel appel à manifestation d'intérêt a été publié dans le cadre de la phase 12 (circulaire ICCAT #G-0433-20), pour le déploiement d'un total de 54 marques archives pop-up par satellite (PSAT) par des équipes de marquage expérimentées en Méditerranée et/ou dans l'Atlantique Nord, ciblant les spécimens du stock oriental. En conséquence, sept propositions ont été attribuées et des MoU ont été signés avec :

- L'Université technique du Danemark (DTU) - six marques PSAT à déployer dans les eaux de l'Atlantique Nord-Est (mer du Nord orientale, Skagerrak, Kattegat et Øresund).
- L'Institut de recherche marine (IMR) de Norvège - cinq marques PSAT à déployer dans les eaux norvégiennes.
- L'Université du Maine - dix marques PSAT à déployer sur des thons rouges de l'Atlantique <185 cm CFL le long de la côte Est des États-Unis (Atlantique Ouest).
- Le Marine Institute - cinq marques PSAT à déployer dans les eaux côtières au large de l'Irlande.
- L'Université suédoise des sciences agricoles (SLU) - six marques PSAT à déployer dans le Skagerrak, le Kattegat ou le détroit de Sound.
- L'Université de Stanford en collaboration avec Pêches et Océan Canada (DFO) et l'Université Acadia - 18 marques PSAT (y compris neuf marques Lotek et neuf marques Wildlife computers(WC)) à déployer dans les eaux canadiennes.
- Le Gouvernement de Jersey en collaboration avec Thunnus UK (une collaboration entre le Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science et l'Université d'Exeter) - cinq marques PSAT à déployer dans les eaux des îles anglo-normandes (dans les eaux de Jersey et Guernesey).

La plupart de ces campagnes ont été achevées avant la fin de la phase 12 (les rapports sont disponibles sur la page web du GBYP), mais l'une d'entre elles est toujours en cours (le MoU avec l'Université du Maine) en raison d'un problème technique de batteries, impliquant de retourner les marques non déployées au fabricant pour une mise à niveau du logiciel lorsque le problème a été détecté.

Au cours de la phase 13, un nouvel appel à manifestation d'intérêt a été lancé en juillet 2023 afin de collaborer avec le programme de marquage électronique du GBYP. En conséquence, onze MoU seront signés pour le déploiement de 75 marques supplémentaires appartenant au GBYP, avec :

- L'Institut Acadia, en collaboration avec DFO et l'Université de Stanford - huit marques PSAT à déployer dans les eaux canadiennes.
- La Fondation AZTI - six marques PSAT à déployer dans le golfe de Gascogne.
- DTU - huit marques PSAT à déployer dans les eaux de l'Atlantique Nord-Est (mer du Nord orientale, Skagerrak, Kattegat et Øresund).
- L'Université d'Exeter, en collaboration avec le Centre for Environment Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS) et le Gouvernement de Jersey - quatre marques PSAT à déployer dans les eaux territoriales de Jersey.
- L'Université d'Exeter - quatre marques PSAT à déployer dans le Sud-Ouest de l'Angleterre.
- L'Institut de recherche marine - huit marques PSAT à déployer dans les eaux norvégiennes.
- Le Marine Institute - huit marques PSAT à déployer dans les eaux côtières au large de l'Irlande.
- La SLU - huit marques PSAT à déployer dans le Skagerrak, Kattegat et Øresund.
- L'Université de Stanford, en collaboration avec le zoo de Barcelone et le Centro Tecnológico Experto en Innovación Marina y Alimentaria (AZTI) - huit marques PSAT à déployer au large des îles Canaries.
- L'Université de Stanford - huit marques PSAT à déployer dans les eaux au large de la Caroline du Nord.
- L'Université de Gênes - cinq marques PSAT à déployer en mer de Ligurie.

En plus de ces activités, le GBYP a soutenu des activités de marquage électronique réalisées de forme indépendante par d'autres instituts, dont les résultats ont été considérés comme un besoin de recherche prioritaire pour le SCRS. Ce soutien a impliqué le partage des résultats pertinents avec l'ICCAT et l'autorisation d'utiliser la tolérance de mortalité pour la recherche (RMA) du GBYP si des thons rouges étaient mortellement blessés lors des opérations de marquage. Dans d'autres cas, comme le déploiement de cinq marques PSAT sur des thons rouges mis en cage avant leur remise à l'eau par la société de la ferme Balfegó S.L., le soutien a consisté à utiliser les comptes du système Argos du GBYP pour la transmission des données afin que les données résultantes soient intégrées directement dans la DB du GBYP.

De surcroît, lors de la phase 12, le GBYP a organisé un atelier sur le marquage électronique du thon rouge de l'Atlantique, dans un format hybride, visant à parvenir à un large consensus sur la planification stratégique du futur marquage électronique et la meilleure utilisation des données de marquage disponibles. Plus de 60 scientifiques de 12 CPC ont assisté à cet atelier. Au cours de l'atelier, de nombreuses questions ont été discutées et une liste des priorités pour les futures campagnes de marquage a été identifiée. Le rapport détaillé a été présenté au Groupe d'espèces sur le thon rouge au mois de septembre, en tant que [Anon. \(2023f\)](#).

Le programme GBYP a également apporté un soutien logistique à plusieurs instituts participant au marquage conventionnel. De mars 2022 à mars 2023, au total, 2.675 marques conventionnelles ont été livrées à quatre instituts.

3.4 Études biologiques

L'une des principales activités du GBYP/ICCAT est ce que l'on appelle les études biologiques, qui comprennent un échantillonnage biologique et une série d'études basées sur l'analyse de ces échantillons, y compris des analyses microchimiques et génétiques pour étudier le mélange et la structure des populations, en accordant une attention particulière à l'identification de la structure des âges et l'existence de probables sous-populations. La structure des populations est une incertitude clé pour le thon rouge. Jusqu'en 2022, les gestionnaires de l'ICCAT ont opéré dans le cadre de l'hypothèse de deux populations distinctes sans mélange. Toutefois, compte tenu, entre autres, des résultats des études biologiques du GBYP, on envisage depuis des années la possibilité que deux populations ou des contingents coexistent dans

l'océan Atlantique. De plus, les études de marquage électronique, auxquelles le GBYP a contribué dans une grande mesure, ont démontré un important mélange entre les deux stocks de thon rouge de l'Atlantique Est et Ouest historiquement reconnus. Il est important que la structure des stocks postulée aux fins de l'évaluation et de la gestion des stocks soit conforme à la structure réelle des populations. Sinon, cela pourrait exposer au risque de surpêche des populations moins productives et de sous-exploitation des populations les plus productives. Par conséquent, à sa réunion de 2022, l'ICCAT a adopté un nouveau système de gestion pour les stocks de thon rouge, basé sur l'approche de MSE, développée depuis 2014 grâce au soutien du GBYP, dans le cadre de laquelle les modèles opérationnels (OM) tiennent explicitement compte de l'existence du mélange.

Au cours de la phase 12, plusieurs axes de recherche du GBYP concernant la biologie et l'écologie du thon rouge ont donc été maintenus des phases précédentes afin de mieux comprendre les implications des nouvelles frayères dans l'océan Atlantique (Slope Sea et golfe de Gascogne) et développer des analyses du mélange pour fournir des informations précises et des hypothèses alternatives plus claires sur la structure des stocks et les schémas spatiaux pour renseigner le processus de MSE. Au cours de cette phase, une attention particulière a également été accordée à la consolidation des nouvelles connaissances obtenues des différents axes de recherche développés ces dix dernières années, en procédant aux réanalyses globales nécessaires des données disponibles et en synthétisant les résultats générés dans les phases précédentes, en vue de parvenir à des conclusions solides pouvant être directement appliquées pour améliorer la gestion des stocks.

3.4.1 Échantillonnage et analyses biologiques

Échantillonnage biologique

Au cours de la phase 12, au total, 4.555 échantillons biologiques ont été collectés (1.514 échantillons d'otolithes, 1.221 échantillons d'épines de la nageoire et 1.820 échantillons génétiques) provenant de 1.867 spécimens. L'objectif de ces activités était de combler les lacunes restantes dans les connaissances sur la biologie, l'écologie et la structure de la population de thon rouge, ou de mettre à jour ces informations. Tous ces échantillons ont été catalogués et stockés dans la banque de tissus biologiques du GBYP hébergée par AZTI. En outre, la banque de tissus et le système d'information connexe ont fait l'objet d'un processus de restructuration visant à réviser et à normaliser toutes les informations recueillies au cours des dix dernières années du projet, dans le but ultime de créer une DB dotée d'une interface qui peut être facilement gérée pour tout utilisateur qui en a besoin. En outre, 7.638 larves de thon rouge provenant de la prospection larvaire de thon rouge de 2022 de l'IEO-CSIC (co-financée par le cadre de collecte de données de l'UE (DCF)), ont été identifiées, triées et fixées en suivant les protocoles aux fins de leur future utilisation dans les analyses génétiques, permettant de développer, à court terme, des études pilotes destinées à déterminer la faisabilité et à améliorer la conception d'une étude de marquage-recapture de spécimens étroitement apparentés (CKMR) pour le stock de thon rouge de l'Est.

Analyses biologiques : microchimie

En ce qui concerne la microchimie des otolithes, au cours de la phase 12, de nouvelles analyses d'isotopes stables du carbone ($\delta^{13}C$) et de l'oxygène ($\delta^{18}O$) ont été effectuées sur des échantillons de thons rouges de l'Atlantique capturés dans les zones de fourrage de l'océan Atlantique. Les résultats suggèrent que les spécimens provenant tant du golfe du Mexique (GOM) que de la Méditerranée (MED) traversent la délimitation de gestion de 45°O, se mélangeant avec l'autre population de l'océan Atlantique dans des concentrations à des fins d'alimentation, ce taux variant selon les années. La proportion de poissons originaires du GOM traversant vers l'Est s'est avérée inférieure à la proportion de poissons originaires de la MED traversant vers l'Ouest. Cette conclusion peut s'expliquer de deux façons : (1) les poissons originaires du GOM ont tendance à moins se déplacer, et (2) étant un plus petit stock en termes de production, les possibilités de rencontrer un poisson du GOM sont inférieures, ou cela pourrait être une combinaison des deux.

L'origine individuelle a également été évaluée géographiquement pour obtenir un aperçu de la dernière décennie. Les résultats ont montré une séparation spatiale des captures dans l'océan Atlantique Nord : les pêcheries opérant dans l'Atlantique Nord-Est dominées par des poissons originaires de la MED, la côte de l'Atlantique Ouest dominée par les poissons originaires du GOM, et les captures de l'Atlantique Centre-Nord composées d'un mélange des stocks. Ces résultats apportent de solides preuves d'une structuration

longitudinale de la population de thon rouge dans l'océan Atlantique Nord et démontrent la capacité de la chimie des otolithes à déterminer son origine natale, à une échelle temporelle spatiale et interannuelle. Par conséquent, aux fins d'une gestion efficace du stock, il est important de suivre les variations temporelles des ratios de mélange, notamment dans le cadre du scénario actuel de changement de l'environnement.

Analyses biologiques : génétique

En ce qui concerne les analyses génétiques réalisées durant la phase 12, les résultats indiquent que la dynamique de croisement dans la Slope Sea confirme un flux génétique depuis la Méditerranée vers la Slope Sea, ce qui est probablement un événement relativement récent, d'un point de vue évolutif (de moins de 80 générations environ). Le mélange génétique de spécimens originaires de la Méditerranée et de l'Ouest dans la Slope Sea pourrait s'être produit à plusieurs reprises au cours de différentes années ces dernières décennies. Une augmentation du flux génétique de 2008 à 2018 n'a pas pu être confirmée mais cette hypothèse n'a pas pu être rejetée. De même, des régions génomiques de l'origine du germon ont été constatées dans le génome de spécimens de la Slope Sea et de la Méditerranée pour lesquels des données de séquençage de l'ensemble du génome étaient disponibles. Les données suggèrent que les variants de l'origine du germon sont associés aux caractéristiques adaptatives. L'identification de ces régions permettra de rechercher des gènes spécifiques et les fonctions dérivées pour comprendre comment ils affectent la capacité d'adaptation du thon rouge de l'Atlantique à l'environnement.

Dans cette phase, les assignations complètes des spécimens de thon rouge de l'Atlantique issus de concentrations à des fins d'alimentation dans l'Atlantique Nord, capturés dans les différentes zones ICCAT, génotypés avec la gamme de traçabilité de 96 polymorphismes mononucléotidiques (SNP) de la phase 6 à la phase 11 du GBYP, ont été mises à jour en se basant sur les connaissances sur la structure de la population acquises pendant le programme GBYP. Dans l'ensemble, > 3.200 spécimens capturés dans les concentrations à des fins d'alimentation présentaient des proportions variables de mélange de spécimens de la MED, du GOM et des spécimens non-assignés dans les années des captures, étayant l'hypothèse que les schémas migratoires de thon rouge de l'Atlantique sont dynamiques.

Finalement, un nouvel outil d'identification de paires apparentées pour les futures études CKMR sur le thon rouge de l'Atlantique, basé sur un jeu de plus de 8.000 SNP, a été développé et testé, analysant un ensemble de 359 échantillons, pour lesquels quatre moitiés et une paire totale de frères-sœurs ont été identifiées. Cette étude a permis de conclure que 2.000 marqueurs SNP, au moins, parmi ceux inclus dans le jeu de SNP personnalisé, sont nécessaires pour pouvoir trouver des paires apparentées parmi les spécimens de l'Est. Il a également été conclu que les marqueurs du sexe inclus dans la gamme de traçabilité de 96 SNP et le jeu de SNP personnalisé ont permis d'identifier correctement le sexe, avec un taux de 94%.

Analyses biologiques : analyses intégrées

Au cours de cette phase, des efforts supplémentaires ont été déployés en vue d'associer les marqueurs génétiques et chimiques pour élaborer une méthode combinée d'assignation de la population. Au cours des dix phases précédentes du GBYP, des spécimens de thon rouge de l'Atlantique ont régulièrement été analysés pour les assigner à leur stock d'origine, en se fondant, séparément, sur la chimie des otolithes et les marqueurs génétiques, en vue d'étudier le degré de contribution de la population de l'Est et de l'Ouest aux différentes zones de mélange de l'océan Atlantique. Cependant, l'utilisation de ces deux méthodes, conjointement, peut fournir des renseignements complémentaires sur la complexité de la structure du stock de cette espèce et améliorer les connaissances sur les processus écologiques et évolutifs qui pourraient permettre d'identifier des unités de stock avec un haut degré de confiance. Deux approches différentes ont été suivies ici : (1) l'origine individuelle a été réassignée à l'aide d'un modèle de classement intégré, incluant tant les données génétiques que les données des isotopes stables (c.-à-d. approche intégrée), et (2) les données génétiques et les données des isotopes stables ont été utilisées de façon complémentaire (c.-à-d. approche combinée). La méthode intégrée s'est avérée accroître la capacité de résolution de la différenciation des stocks par rapport aux approches simples. Elle a donné lieu à un nombre de spécimens non-assignés inférieur à celui obtenu par les modèles fondés uniquement sur les données des isotopes stables et les modèles fondés uniquement sur les marqueurs génétiques. L'approche combinée a révélé sa capacité à fournir des renseignements sur la structure de la population de ABFT, lesquels pourraient être masqués en utilisant une technique simple ou en intégrant les deux techniques, car elle examine des processus survenant à différentes échelles temporelles (c.-à-d. le cycle vital individuel par opposition au cycle vital évolutif).

Analyses biologiques : détermination de l'âge

En ce qui concerne la détermination directe de l'âge, trois sous-tâches ont été achevées. Tout d'abord, on a procédé à l'examen et à la mise à jour des études sur la croissance du thon rouge en utilisant les structures calcifiées et des méthodes associées à ces structures. Cela a permis de détailler le statut de validation et de standardisation de la lecture de chaque structure. Par la suite, deux collectes de référence de 200 échantillons ont été préparées pour les otolithes et les épines (premier rayon épineux de la première nageoire caudale) à des fins de contrôle qualité pour ces structures. Finalement, des échantillons d'otolithes ont été sélectionnés pour mener l'étude épigénétique du thon rouge de l'Atlantique dans l'Atlantique Est et en Méditerranée. Cette sélection a tenu compte de tous les facteurs possibles pouvant influencer les analyses.

3.4.2 Détermination de l'âge épigénétique

Même si la méthode de marquage-recapture de spécimens étroitement apparentés (CKMR) a déjà été mise en œuvre pour le thon rouge de l'Atlantique Ouest, le SCRS de l'ICCAT continue à évaluer la viabilité financière, logistique et scientifique de sa mise en œuvre pour le stock de l'Est. L'un des principaux problèmes qui pourraient empêcher la mise en œuvre de la méthode CKMR est le coût élevé de la détermination de l'âge au moyen des méthodes schlérochronologiques classiques. Une solution potentielle serait la méthode de détermination de l'âge épigénétique basée sur la méthylation de l'ADN, qui a donné des résultats prometteurs chez d'autres espèces de poissons commerciaux. Cependant, les estimations de l'âge obtenues peuvent avoir des marges d'erreur assez élevées par rapport aux âges calculés sur la base des otolithes.

Par conséquent, le GBYP, dans le cadre de la phase 12, a mené une étude pilote pour évaluer le potentiel d'utilisation de l'épigénétique pour déterminer l'âge de spécimens de thon rouge de l'Atlantique afin d'évaluer tant la précision que la viabilité de la méthode d'épigénétique par rapport à la détermination directe de l'âge par la lecture des otolithes. La nécessité de mettre en œuvre cette tâche a été identifiée assez tardivement, après l'élaboration du plan initial pour la phase 12, impliquant de réaffecter les fonds consacrés à d'autres activités et de prolonger la durée de la phase 12.

Bien que plusieurs sous-tâches de cette étude aient été achevées, l'étude globale n'a pas été finalisée avant la fin de la phase 12 en raison de problèmes logistiques imprévus. Il est toutefois prévu que toutes les tâches en instance soient achevées d'ici septembre 2023 et que les résultats soient mis à la disposition de la réunion du Groupe d'espèces sur le thon rouge de septembre 2023.

3.4.3 Atelier sur la méthode de marquage-recapture de spécimens étroitement apparentés (CKMR), y compris la coordination de l'échantillonnage biologique

En ce qui concerne le soutien aux études biologiques de la phase 12, le GBYP a organisé un atelier sur CKMR et la coordination de l'échantillonnage biologique, qui a eu lieu à Madrid du 14 au 16 mars 2023 dans un format hybride. Cet atelier a porté sur l'analyse des facteurs pertinents pour la mise en œuvre de cette approche dans le stock de thon rouge de l'Atlantique Est, en vue de présenter, au SCRS en 2024, une étude de faisabilité, incluant un programme de travail et des estimations des coûts. Les exigences pour CKMR et les connaissances actuelles sur la reproduction et la structure de la population de thon rouge de l'Atlantique ont été examinées et des exemples d'application des méthodologies CKMR sur d'autres espèces de poissons ont été fournis. Les études génétiques menées jusqu'à présent pour l'identification des stocks d'ABFT, les analyses de parenté, la détermination du sexe et la détermination de l'âge épigénétique ont été résumées et discutées. Il a été proposé d'établir une comparaison entre les deux approches méthodologiques appliquées jusqu'à présent pour la détermination de la parenté pour l'ABFT, c.-à-d. celle appliquée dans l'étude CKMR en cours pour le stock de l'Ouest et celle développée dans le cadre du programme GBYP, et d'envisager la possibilité d'inclure des techniques alternatives. Les possibilités d'échantillonnage pour la mise en œuvre de CKMR pour le stock de l'Est d'ABFT ont été discutées. Finalement, une liste de recommandations concernant les futures étapes et un calendrier provisoire pour leur mise en œuvre ont été élaborés.

Plus de 50 scientifiques de huit CPC ont assisté à cet atelier. Le rapport détaillé a été présenté au Groupe d'espèces sur le thon rouge au mois de septembre 2023 (Anon., 2023g).

3.5 Approches de modélisation

Le programme de modélisation aborde le troisième objectif général du GBYP, « Améliorer les modèles d'évaluation et la formulation de l'avis scientifique sur l'état des stocks, au moyen de l'amélioration de la modélisation des processus biologiques fondamentaux (y compris la croissance et le stock-recrutement), au moyen d'un développement plus poussé de modèles d'évaluation des stocks, y compris les échanges entre diverses zones, et au moyen de l'élaboration et de l'utilisation de modèles opérationnels biologiquement réalistes en vue de tester de façon plus rigoureuse les options de gestion ». Les activités de modélisation ont débuté au cours de la phase 2, et il est rapidement devenu évident que cet axe d'étude avait plus d'importance qu'on ne le pensait au début du GBYP et que le niveau d'effort pour cette activité devrait être beaucoup plus important que prévu initialement. En outre, le processus de MSE engagé par l'ICCAT a été une initiative importante qui représentait un investissement considérable en temps et en ressources de la part de la Commission, des CPC et des scientifiques impliqués.

Au cours de la phase 12, le GBYP a apporté une assistance aux processus d'évaluation des stocks et de MSE à travers le contrat de l'expert chargé de la MSE ainsi qu'au Sous-groupe technique sur la MSE pour le thon rouge en finançant, au besoin, les déplacements du coordinateur du processus de MSE (Dr Doug Butterworth).

Dans cette phase, le contrat relatif aux approches de modélisation en vue d'appuyer l'évaluation du stock de thon rouge a de nouveau été attribué au Dr Tom Carruthers (Blue Matter Science, Canada), qui a lancé les travaux sur la MSE et la modélisation en 2014. Le contrat devait couvrir les activités jusqu'à la fin 2022. Toutefois, en février 2023, le Sous-groupe technique sur la MSE du thon rouge a défini des tâches complémentaires en lien avec la MSE, nécessaires pour satisfaire au calendrier prévu du SCRS. Un autre contrat a donc été soumis à l'expert en modélisation afin de couvrir la période allant jusqu'en juillet 2023. Par conséquent, les contrats de la phase 12 ont couvert les stades finaux du développement de la MSE à l'appui de l'adoption d'une Procédure de gestion, y compris le calibrage final des procédures de gestion potentielles (CMP), la remise à l'échelle des données de l'indice les plus récentes, l'élaboration des protocoles de circonstances exceptionnelles et des supports de présentation supplémentaires à l'appui de la sélection de la MP. Ils incluaient, en outre, le développement d'une application relative aux circonstances exceptionnelles permettant de concevoir des protocoles efficaces compte tenu des divers types de données disponibles pour le thon rouge de l'Atlantique. Le code informatique a également été commenté et la documentation d'appui a été développée afin d'orienter l'utilisateur technique sur la façon de reproduire et reconstruire le logiciel R ABTMSE depuis le début.

Plus précisément, les principaux développements de la phase 12 étaient les suivants :

- La finalisation des applications Shiny
- La finalisation du document de spécification des essais (TSD)
- La remise à l'échelle des analyses permettant d'actualiser les indices
- Plusieurs supports de présentation et de communications à l'appui de l'adoption d'une MP
- La documentation pour élaborer le logiciel R ABTMSE et l'application ECP
- Le logiciel R ECP en open-source contenant l'ensemble des codes, fonctions et diagnostics
- Une nouvelle application ECP Shiny pour étudier et développer l'ECP pour le thon rouge
- Un projet de propositions et d'informations contextuelles du SCRS relatives à l'ECP pour le thon rouge
- Le contrôle du code de la MP adopté

En résumé, tous les processus de MSE en amont de l'adoption de la MP sont achevés. L'identification des protocoles de circonstances exceptionnelles est en instance et assure le lien pour retourner à la spécification du modèle opérationnel si elles sont déclenchées.