



IMPACT DES CONDITIONS ÉCOLOGIQUES SUR LA DISTRIBUTION DES RESSOURCES THONIERES : ÉTUDE INTÉGRÉE D'OBSERVATION ET DE MODÉLISATION DANS LA ZEE DE LA NOUVELLE CALÉDONIE

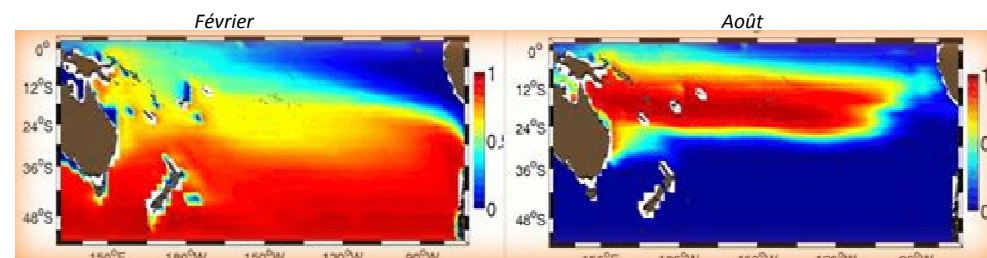
Depuis 1999, le programme ZONECO contribue au développement de la pêche palangrière Calédonienne par la réalisation d'études tant sur l'optimisation des techniques de pêche que sur l'amélioration des connaissances de l'environnement des espèces ciblées.

Les travaux menés par Karine BRIAND ont permis une première approche sur l'influence des paramètres environnementaux sur les rendements de la pêche palangrière, en prenant en compte la composante des proies du thon et en ayant recours à la modélisation.

La présente étude se propose d'étudier plus finement l'influence des paramètres environnementaux sur le comportement et la distribution du thon blanc qui est l'espèce la plus importante en termes de tonnage et de fréquence de capture tout au long de l'année dans la ZEE Calédonienne.

La présence des thons est influencée par les caractéristiques des masses d'eau qu'ils fréquentent (la température et le taux d'oxygène dissous constituant les facteurs limitant) mais aussi, et c'est intimement lié, par la disponibilité en nourriture. Ainsi le thon blanc, se déplace au cours d'une année en fonction de deux grands paramètres distincts :

-  La disponibilité en nourriture constituée de proies dont l'abondance est dépendante de la production primaire (habitat d'alimentation).
-  Les caractéristiques des masses d'eau propice à la reproduction de l'espèce, tant en termes de paramètres physico-chimiques que de présence de nourriture et d'absence de prédateurs des juvéniles (habitat de reproduction).



Habitat saisonnier d'alimentation (à gauche) et de reproduction (à droite) pour le thon blanc adulte
Carte issue du modèle ROMS

Il est apparu que de nombreuses captures de thons ont eu lieu dans des zones éloignées des zones de production primaire décelables par satellite en surface. Or, les satellites ne prennent pas en compte la production primaire de sub-surface abondante en profondeur dans la ZEE de la Nouvelle Calédonie.

Le comportement des thons n'est donc pas lié à la simple équation des paramètres environnementaux de surface mais à l'ensemble des paramètres océanographiques (chimiques, physiques, biologiques, biogéochimiques...), sur l'intégralité de la couche d'eau.

L'objectif de cette étude est donc d'identifier l'ensemble des paramètres environnementaux qui déterminent la distribution horizontale et verticale des thons blanc dans le Pacifique sud, et plus particulièrement dans la ZEE de la Nouvelle Calédonie afin de mieux gérer et de mieux exploiter cette ressource

PREMIERE PARTIE : DYNAMIQUE ET BIOGEOCHIMIE



Compte tenu du fait que l'imagerie satellitaire ne permet pas de connaître la production primaire sous la surface des océans et que cette production est importante dans les régions du Pacifique sud-ouest, la définition d'un modèle biogéochimique couplé à un modèle hydrodynamique est nécessaire pour déterminer la structure spatiale de la production primaire dans la ZEE de la Nouvelle Calédonie. Cette étape, destinée à la compréhension des mécanismes qui lient cette production aux conditions hydrodynamiques dans le temps et l'espace, constitue un préalable à la compréhension de la relation entre les phénomènes climatiques et la dynamique des stocks de thons.

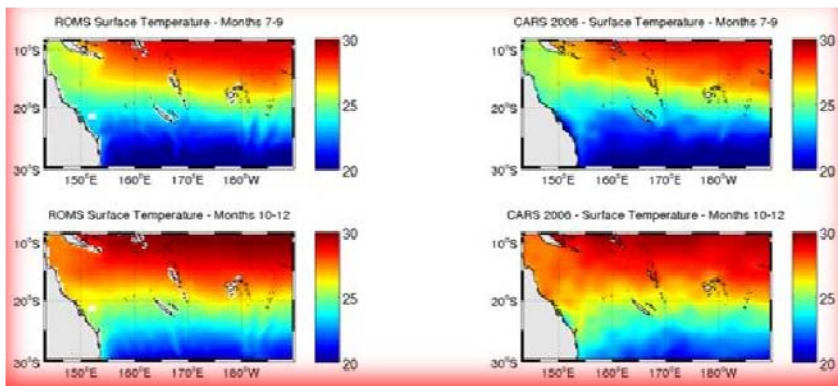
Le modèle hydrodynamique ROMS a été utilisé sur la zone d'étude qui couvre le Pacifique sud. L'IRD a développé un modèle emboîtable au modèle ROMS qui permet d'affiner la résolution afin de modéliser les écoulements océaniques régionaux avec une résolution de l'ordre de 5 km² sur la zone de la ZEE de la Nouvelle Calédonie

Le modèle biogéochimique utilisé est le modèle PISCES. Il permet de simuler le cycle des principaux éléments nutritifs océaniques ainsi que leur action sur la croissance phytoplanctonique.

Des campagnes de terrain ont été réalisées en 2008 et ont permis d'effectuer de nombreuses mesures des paramètres physiques, chimiques et de biomasse planctonique des masses d'eau jusqu'à 500m de profondeur. Les données issues de précédentes campagnes de l'IRD dans le Pacifique ont également été compilées. Les données issues de travaux antérieurs (World Ocean Atlas, estimation de la profondeur de la couche de mélange, radiométrie) ont également été utilisées.

L'ensemble des données disponibles ont été utilisées pour valider le modèle développé.

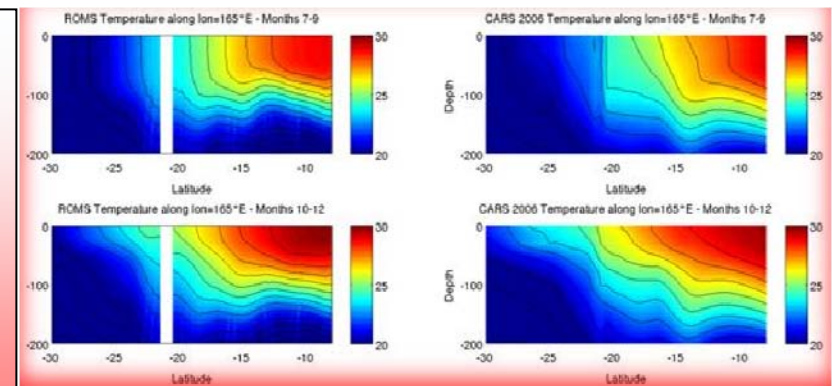
1 – Les variables physiques



Température saisonnière de surface (°C), modèle à gauche et données à droite.

Que ce soit pour les températures de surface et jusqu'à 200 m ou pour la profondeur de la couche de mélange (MLD), les données simulées par le modèle sont en accord avec les données récoltées et historiques

(La couche de mélange correspond à la partie superficielle de l'océan brassée sous l'action de l'atmosphère, les propriétés physiques de l'eau de mer y restent constantes)

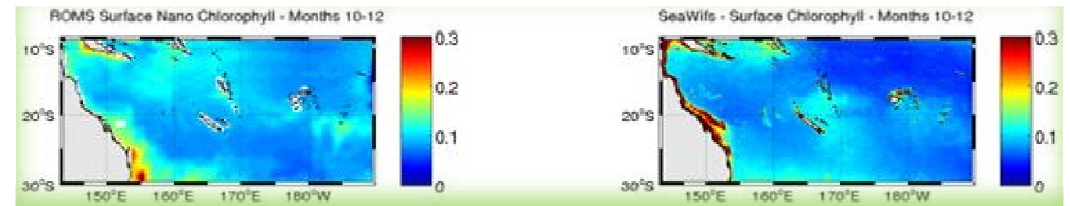


Section méridienne de température à 165° Est, modèle à gauche et données à droite.

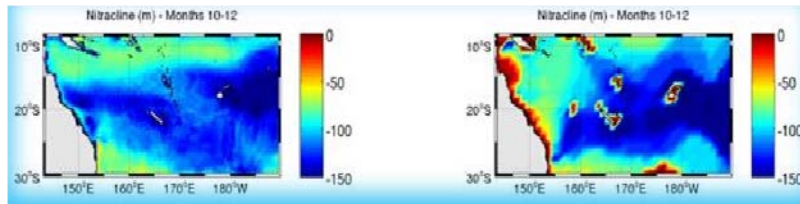
2 – Les variables biogéochimiques

Bien que la simulation de certains éléments ait tendance à être surestimée (nitrates...), une parfaite concordance entre les simulations du modèle et les données observées n'est pas recherchée, principalement en raison des variabilités saisonnières et interannuelles qui ne sont pas intégrées dans les moyennes climatologiques du modèle.

Pour la chlorophylle a, les données issues du modèle sont en concordance avec les données et reproduisent la variabilité saisonnière observée.



Concentration en surface de chlorophylle a ($\mu\text{gChla/l}^{-1}$). Modèle à gauche et données à droite.

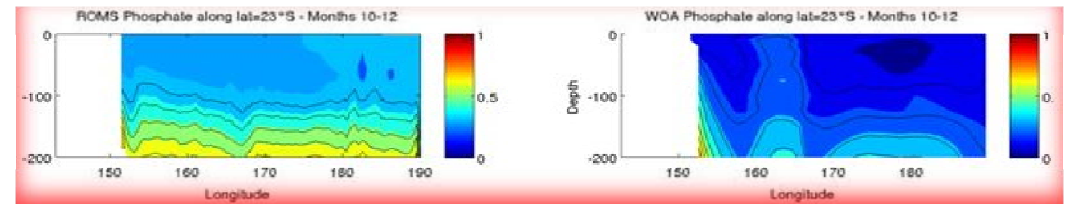


Profondeur de la nitracline (m). Modèle à gauche, données à droite.

Pour les Nitrates, les valeurs simulées restent faibles au regard des données compilées issues de la campagne WOA2001 et PAC. Cependant, la pertinence des données WOA2001 est mise en doute, notamment en raison de la corrélation plus importante entre les données simulées et les données issues de la campagne PAC pour la profondeur de la nitracline.



Pour les phosphates, le modèle présente un biais général qui surestime les valeurs, mais la structure verticale et la faible variabilité saisonnière dans les simulations sont en accord avec les données



Section méridienne de la concentration en phosphates ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) à 23°Sud. Modèle à gauche, données à droite.

Les données modélisées comparées à la série de données a permis de caractériser la variabilité saisonnière et régionale du Pacifique tropical sud ouest. **C'est une zone oligotrophe avec une concentration de chlorophylle moyenne de surface faible** ($<0.15 \mu\text{gChla/l}^{-1}$). Les concentrations de nutriments de surface restent également faibles toute l'année. On s'aperçoit que la zone de très faible production primaire semble être modulée régionalement par la circulation anticyclonique de surface centrée autour de la Nouvelle Calédonie. Cette zone correspond à un approfondissement de la thermocline ainsi qu'à un approfondissement des variables qui caractérisent la couche d'eau (nitracline, prof max de la Chlorophylle a...) et un affaiblissement de ses valeurs. Ce phénomène peut correspondre à un appauvrissement du réservoir de nutriments accessibles par les processus physiques de remontées d'eau froide.

Le modèle montre que c'est le contexte régional (topographie du fond, circulation des masses d'eau, présence d'îles...) qui est responsable de l'accentuation du caractère oligotrophe du Pacifique sud ouest. La Nouvelle Calédonie apparaît comme le point central de cette région qui est l'une des plus pauvres du monde.

DEUXIEME PARTIE : LE THON GERMON ET SES PROIES

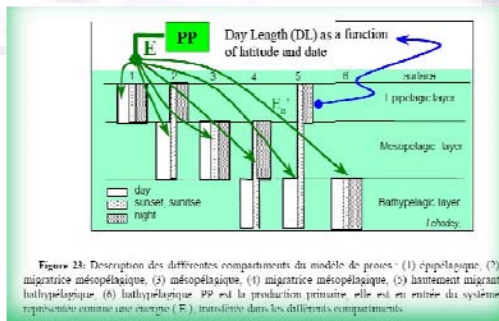


Le thon germon couramment appelé thon blanc (*Thunnus alalunga*) est une espèce tempérée qui vit principalement dans les eaux tropicales et subtropicales à des températures comprises entre 14 et 25°C et à des profondeurs comprises entre 0 et 400 mètres. L'espèce comprend un stock bien individualisé dans le Pacifique sud. Les adultes se répartissent à des latitudes comprises entre 10° et 25° sud tandis que les jeunes (< 5 ans) se répartissent en dessous de 30° sud.

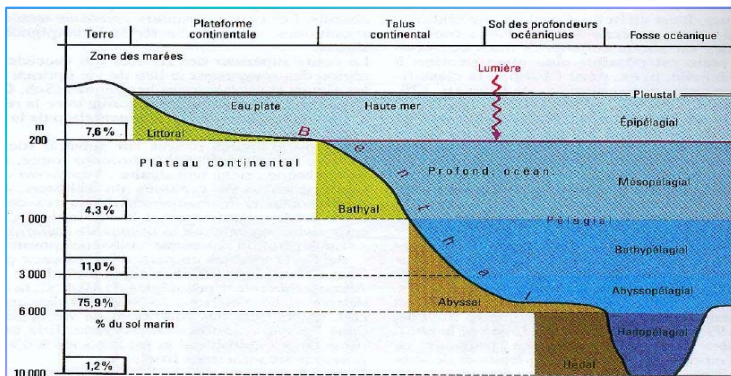
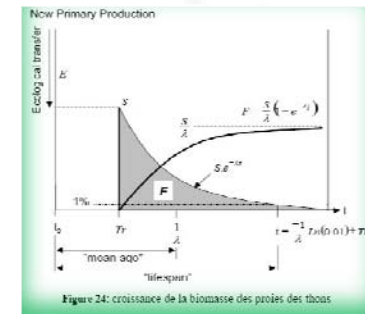
Le thon germon effectue des migrations saisonnières entre les zones tropicales et subtropicales pour s'alimenter et se reproduire, il migre vers le sud durant l'été austral et vers le nord durant l'hiver. Ces migrations correspondent à des pics de captures des pêcheries palangières en décembre janvier et juillet août.

L'abondance et la distribution des proies du thon ainsi que l'ensemble des paramètres environnementaux ont été intégrés dans le modèle éco-systémique SEAPODYM afin de simuler la dynamique de la population et les captures des thons à l'échelle du Pacifique sud puis de la ZEE de la Nouvelle Calédonie.

L'utilisation d'un tel modèle est indispensable pour comprendre la distribution des proies qui ne peut pas être déduite des cartes de production primaire. En effet, il apparaît que la biomasse des proies de surface est spatialement décorrélée de la production primaire ce qui illustre le processus de transport par les courants et de vieillissement de la source de proies à partir de la production primaire. **La compréhension de la distribution des proies constitue une étape essentielle pour la compréhension de l'habitat des thons.**



Le modèle SEAPODYM est un modèle simple basé sur le principe de transfert d'énergie depuis la production primaire vers 6 groupes fonctionnels de proies, aux distributions de profondeurs et habitudes de migration verticale différentes. L'abondance et la nature des proies ont été calibrées afin d'obtenir une biomasse réaliste pour le thon germon. Ces données ont été intégrées au modèle.



Le micronecton: animaux nageurs dont la taille se mesure en cm, capables de s'opposer aux courants sans être entraînés par ceux-ci. Composé de calmars, crevettes, poissons, il constitue la principale proie des thons.

LE MODELE SEAPODYM APPLIQUE AU THON GERMON

Le modèle construit un habitat pour les thons à partir des données hydrodynamiques, biogéochimiques et des proies, puis simule les migrations de biomasse ainsi que les captures.

Les données de captures utilisées pour optimiser les paramètres du modèle proviennent de la CPS. La procédure d'optimisation consiste à estimer les paramètres qui minimisent la différence entre captures réelles et captures prédites.

Le modèle de dynamique du thon est basé sur la description de son habitat. On distingue l'**habitat d'alimentation** de l'**habitat de ponte**.

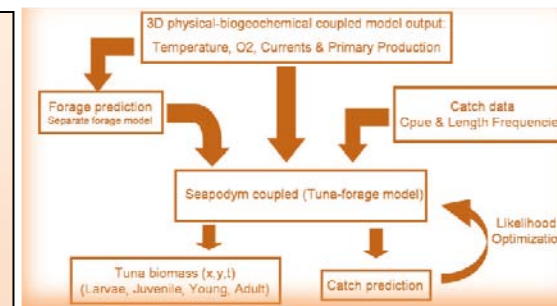
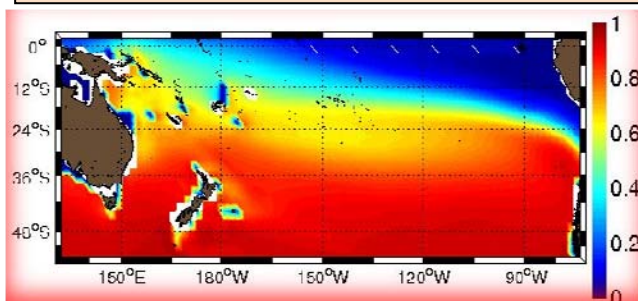


Schéma simplifié de fonctionnement du modèle SEAPODYM



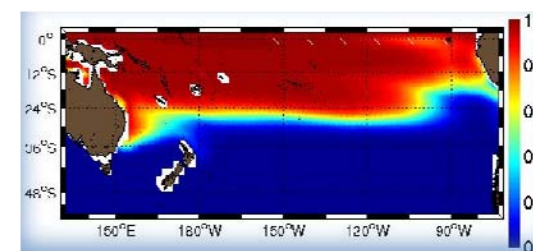
Modélisation de l'habitat moyen d'alimentation
(rouge = favorable, bleu = défavorable)

L'habitat d'alimentation est basé sur l'accessibilité des thons aux proies, modulée par la température et l'oxygène dissous. L'habitat moyen présente un gradient méridien avec les plus forts indices aux hautes latitudes où les proies sont abondantes et des valeurs très faibles vers l'équateur où température et oxygène limitent l'accessibilité aux proies. Cet habitat est fortement décorrélé comme pour la distribution des proies de surface, des zones maximales de production primaire.

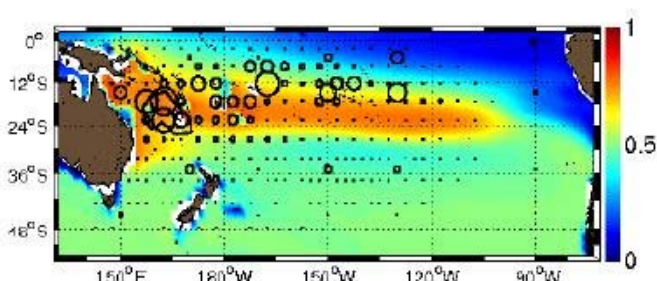
La ZEE Calédonienne se situe dans un habitat d'alimentation assez favorable pour le thon germon.

L'habitat de ponte dépend de la température de surface, de la production primaire sur laquelle se nourrissent les larves, et des proies qui sont une source de prédation pour les larves

La ZEE Calédonienne se trouve dans des valeurs favorables à la frontière sud de cet habitat.



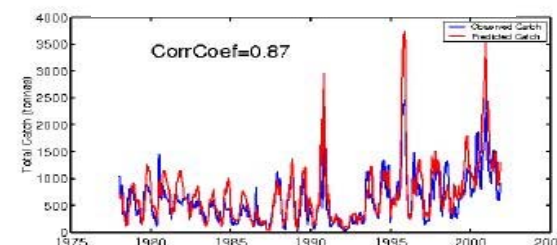
Modélisation de l'habitat moyen de ponte
Rouge = favorable, bleu = défavorable



Habitat moyen pour les adultes,
les ronds noirs représentent les captures correspondantes

La ZEE de la Nouvelle Calédonie se situant dans une zone à la fois favorable à l'alimentation et à la reproduction du thon germon, les pêcheries peuvent fonctionner toute l'année.

Néanmoins, la saison d'hiver (saison de ponte) est la plus favorable.



Comparaison entre les captures prédites (rouge) et réelles (bleu) dans la région de la ZEE de la Nouvelle Calédonie

REGIONALISATION DE L'ETUDE : LA ZEE DE LA NOUVELLE CALEDONIE

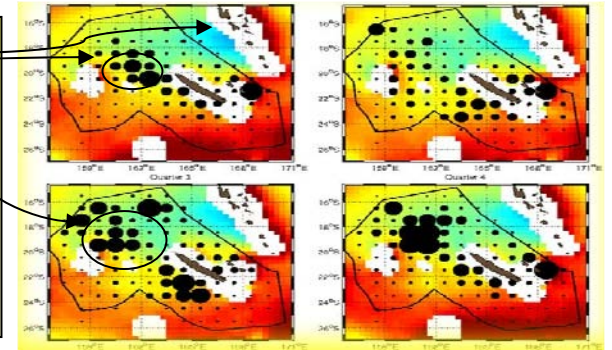
Les îles présentes dans le Pacifique sud ouest créent des modifications des signaux biologiques et physiques qui ne permettent pas l'exploitation des résultats obtenus à l'échelle du Pacifique sud. Il a donc fallu effectuer un emboîtement des modèles afin de pouvoir réaliser une simulation à haute résolution.

La réalisation de ce travail aura permis d'étudier à l'échelle de la ZEE de la Nouvelle Calédonie, les relations proies vs captures, Température méso pélagique/capture, production primaire vs captures ainsi que le rôle supposé des îles dans la détermination de l'habitat du thon germon.

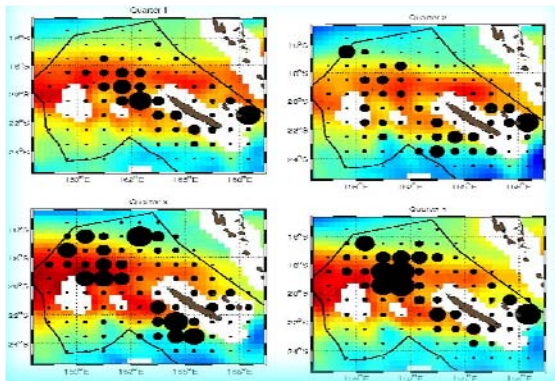
Le modèle régional révèle une zone de faible présence de micronecton entre le Vanuatu et la Nouvelle Calédonie.

Les captures réelles y sont faibles. Les captures sont fortes autour de cette zone.

Les rendements les plus importants ne se trouvent pas dans les zones de forte concentration en proies. Ceci peut s'expliquer par le fait que les thons auraient tendance à délaisser les appâts lorsqu'ils sont en présence d'une quantité importante de proies en déplacement. Cette observation introduit la notion de fenêtre optimale de densité de proies favorables à la pêche palangrière au thon germon.



Modélisation de la variabilité saisonnière de la concentration de proies et captures réelles (ronds noirs)



Modélisation de la variabilité saisonnière de la température dans la couche méso pélagique et captures réelles (ronds noirs)

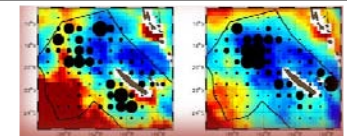
La température de la couche méso pélagique* qui intervient fortement dans l'habitat du thon germon montre des **capacités prédictives**.

La circulation régionale anticyclonique produit un approfondissement de la thermocline qui se traduit par des températures d'eau chaudes dans les couches épi** et méso pélagiques de la région calédonienne qui favorisent l'habitat d'alimentation et de ponte du thon germon.

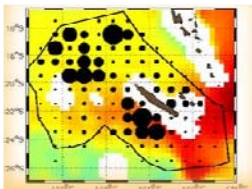
La température de l'eau joue un rôle considérable, notamment si l'on considère que la majorité des thons capturés dans la ZEE calédonienne sont des adultes reproducteurs à la recherche d'habitat favorable pour la reproduction.

(*100 et 400 mètres) -- (**de la surface jusqu'à 100 mètres)

Il n'existe pas de corrélation visible entre la production primaire et les captures, ce qui tend à invalider l'utilisation de cette variable comme indicateur voir comme critère de prédiction de zone de pêche.




Comparaison entre les captures et la production primaire



Concernant l'effet d'île, le courant moyen s'écoule vers l'ouest provoquant des zones de convergence à l'est des îles avec accumulation du micronecton et des zones de divergence à l'ouest avec dispersion rapide du micronecton. On considère alors que l'habitat d'alimentation est favorable à l'est des obstacles que sont la Nouvelle Calédonie et les Chesterfields.

CONCLUSION



Au cours de cette étude, une suite de modèles a été développée, intégrant à la fois les paramètres physico chimiques des océans et les paramètres biologiques du thon germon et des proies associées. Le principal objectif étant l'identification des paramètres environnementaux qui déterminent la distribution et la dynamique de population du thon germon dans le Pacifique sud-ouest avec une volonté d'affinement au niveau de la ZEE de la Nouvelle Calédonie.

Le caractère oligotrophe du Pacifique sud ouest a été mis en évidence, la Nouvelle Calédonie apparaît comme le point central de cette région qui est l'une de plus pauvre du monde. La circulation anticyclonique, qui produit une dépression de la thermocline et de la nutricline*, en est la principale cause. En revanche, la présence d'eau chaude dans la région, qui en découle, semble favorable à l'habitat de ponte du thon germon. Les données récoltées par l'IRD et plus particulièrement celles de la campagne ZONALIS, menées dans le cadre du projet ZONECO, confirment très bien ce résultat important du modèle.

A l'échelle du Pacifique sud, le modèle a produit des résultats encourageants mais difficiles à valider. Le manque d'informations précises sur le micronecton, et sa structuration en 6 classes peut produire des résultats contre intuitifs. Cependant, la modélisation du micronecton utilisée semble tout de même fournir un échelon intermédiaire adéquat pour le thon germon dont la bio-masse modélisée présente de fortes corrélations avec les captures réelles. Il serait souhaitable de mieux valider le compartiment « micronecton » du modèle.

A l'échelle de la ZEE de la Nouvelle Calédonie, l'élaboration d'un modèle à mailles fines, a par ailleurs permis de mettre en évidence les points suivants :

La Nouvelle Calédonie bénéficie d'un environnement favorable pour le thon blanc adulte, particulièrement en période hivernale c'est-à-dire lors de la reproduction ;

Il existe une fenêtre optimale de concentration des proies pour la capturabilité des thons. Les captures réelles semblent en effet coïncider avec des valeurs intermédiaires de concentration de proies plutôt qu'avec des valeurs maximales. Ce point mériterait d'être étudié de manière plus approfondie ;

En raison de la dérive des eaux tropicales de surface vers le sud et de l'impact plus profond de la circulation anticyclonique, les températures épi et méso pélagiques sont particulièrement élevées dans la région calédonienne. Ces eaux chaudes semblent avoir un impact important sur l'habitat de ponte et d'alimentation du thon germon et contribuent fortement à expliquer la présence de cette espèce dans la région ;

Ce même phénomène tend à favoriser l'oligotrophie de la région mais la concentration locale des proies semble plus influencée par les processus de divergence/convergence des courants en interaction avec les îles que par la distribution spatiale du phytoplancton. Ce constat tend à invalider la pertinence des images satellites de la couleur de l'eau utilisée par les armements palangriers pour établir leurs prévisions de pêche.

*nutricline : couche de forte variation de la teneur de la mer en nutriments déterminée par sa profondeur.

Bien que cette étude ait permis d'apporter de nombreux éléments de connaissance sur les paramètres environnementaux de la ZEE de la Nouvelle Calédonie et de leur influence sur le comportement du thon germon, les travaux menés n'auront pas permis de comprendre précisément la distribution du thon germon à l'échelle de la ZEE de la Nouvelle Calédonie. Le manque de connaissances sur le micronecton, dont la composition faunistique, les biomasses et la distribution spatiale déterminent en grande partie le comportement du thon, en est la raison majeure. L'étude ZONECO : « **le thon germon dans la ZEE : observer et modéliser son habitat et ses migrations pour mieux comprendre sa distribution** » dont le lancement est prévu début 2010 s'attachera à observer et modéliser le micronecton pour mieux comprendre son fonctionnement, son influence et son importance. L'objectif de cette étude étant de comprendre le déterminisme et la distribution moyenne, saisonnière et interannuelle du thon germon dans la ZEE de la Nouvelle Calédonie.



Synthèse réalisée par Manuel DUCROCQ – Contenu et cohérence générale de la synthèse validés par Karine BRIAND et Valérie ALLAIN (CPS)

Le rapport complet de l'étude réalisée par M. Patrick MARCHESIELLO est disponible sur le site web du programme ZONECO

<http://www.zoneco.nc>

