

LES CAMPAGNES NECTALIS.

Présentation des objectifs principaux des campagnes

En support du programme ZONECO, un projet national LEFE-CYBER a financé (50 k€ matériel + 300 000 euros de bateau) deux campagnes à la mer Nectalis 1&2 sur le navire océanographique de l'IRD, le N/O Alis. NECTALIS est une série de campagnes à la mer menées conjointement par la CPS et l'IRD dont le but est d'étudier, à travers les mesures à la mer, les niveaux trophiques intermédiaires de l'écosystème pélagique (de haute mer), c'est à dire le zooplancton et le micronecton (petits poissons, crevettes et calmars) qui constituent la nourriture des thons (figure 1).

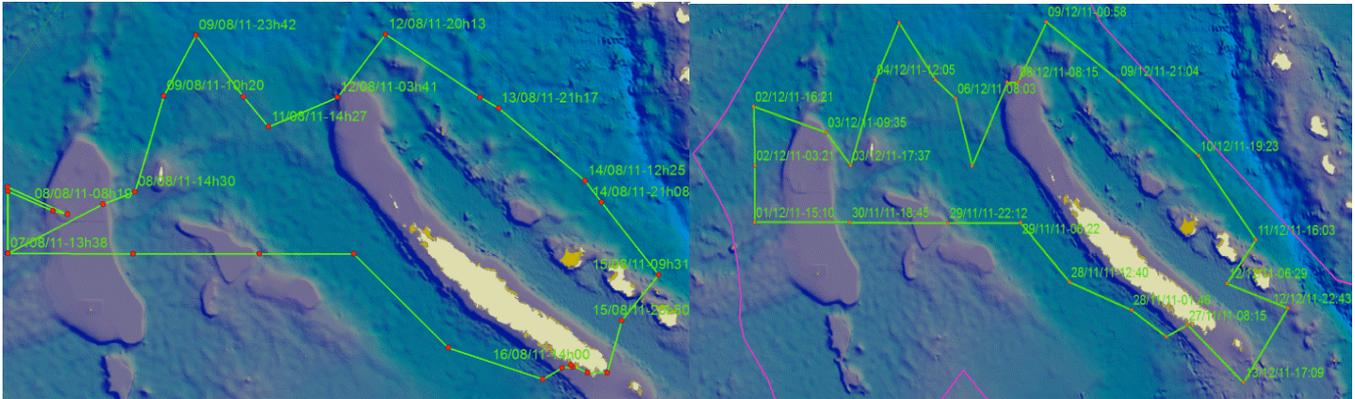


Figure 1 : Les deux campagnes Nectalis (1 à droite du 29/07/2011 au 16/08/2011 et 2 à gauche du 26/11/2011 au 14/12/2011) aux pics des deux saisons de pêche les plus importantes selon les données de CPUE

Pour décrire les caractéristiques physiques et chimiques du milieu, ainsi que la production primaire de phytoplancton, nous avons mesuré la température, la salinité, l'oxygène, la fluorescence, la lumière, les courants, les éléments nutritifs (nitrates, phosphates...) les pigments de photosynthèse, la quantité de phytoplancton, la production primaire et la composition du phytoplancton. Les échelons secondaires (zooplancton et micronecton) sont mesurés par acoustique (TAPS, S-ADCP, L-ADCP, SIMRAD) et par échantillonnage avec des filets à zooplancton et à micronecton.

Un effort particulier a été mis en œuvre pour comprendre l'apport des engins acoustiques embarqués.

Citons, notamment les sondeurs scientifiques 4 fréquences (38kHz, 75kHz, 120kHz et 200kHz) SIMRAD-ER60, l'ADCP à 150kHz de coque (Figure 2) qui mesure les courants océaniques sur 200m et qui peuvent aussi servir à approximer la biomasse de micronecton (voir suite), le sondeur multifréquence TAPS (Figure 2) dédié à l'étude du zooplancton. Ces engins ont été complétés par les mesures in situ de la biomasse et des espèces de zooplancton et de micronecton par filets.



Figure 2. Gauche : rosette de prélèvements d'eaux par bouteilles sur 12 profondeurs, avec sur la droite du cadre, le TAPS. Droite. Le S-ADCP à poste sous la coque du bateau.

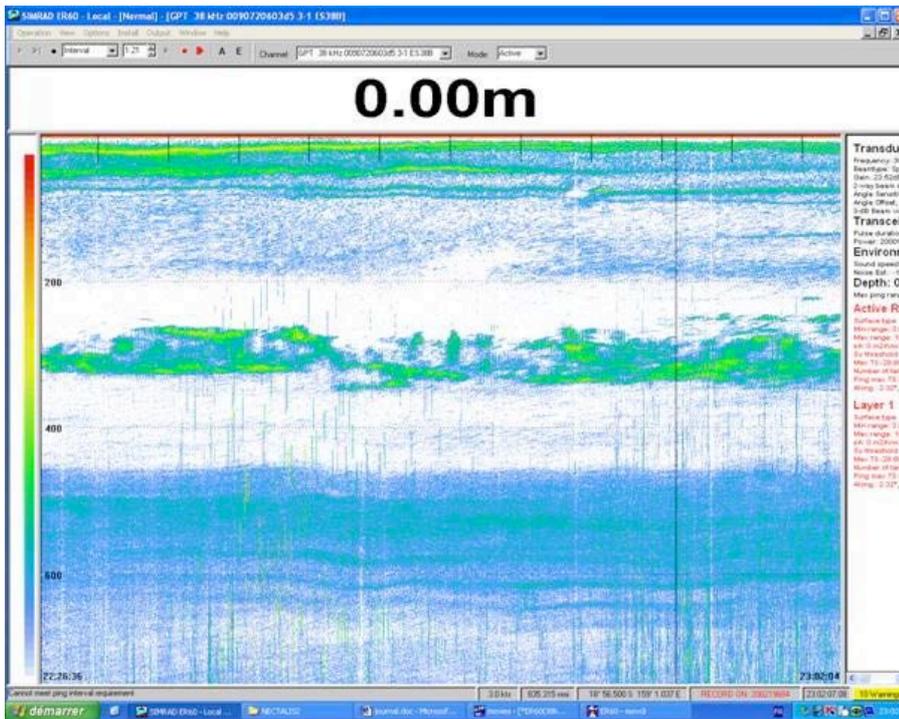


Figure 3 : Typiquement, une image de la colonne d'eau jusqu'à 700m est rendue ci-contre (pour la fréquence 38 KhZ). On y voit les espèces de micronecton structurées en couches homogènes et bien définies à diverses profondeurs.



Ces différentes couches sont majoritairement associées à des espèces spécifiques que nous identifions grâce aux coups de chalut à micronecton. Un coup de chalut typique est présenté ci-contre où il apparaît clairement que diverses espèces spécifiques sont présentes dans la colonne d'eau (poisson hachette, gélatineux, crevettes, myctophidés etc....)

La composition des espèces durant les campagnes Nectalis est en cours de traitement mais ces espèces sont typiquement retrouvées dans les estomacs de thons blancs (voir CHAPITRE proies des thons, Valérie). Un des buts de ces analyses est d'être capable « d'inverser » le signal acoustique (Figure 3) pour estimer une biomasse par type d'espèce sur la colonne d'eau.

Un deuxième objectif important que nous nous étions fixé concernait la comparaison entre le signal acoustique issu de l'ADCP de coque (Figure 2) et celui du sondeur (Figure 3). Notons à nouveau qu'avec les limitations du ADCP de coque, nous n'avons pu effectuer cette comparaison que jusqu'à 200m mais un nouvel ADCP 75kHz sera installé sur l'ALIS et qui permettra de descendre à plus de 700m. Ces résultats sont présentés en fin du chapitre

Résultats principaux.

Situation générale des deux campagnes

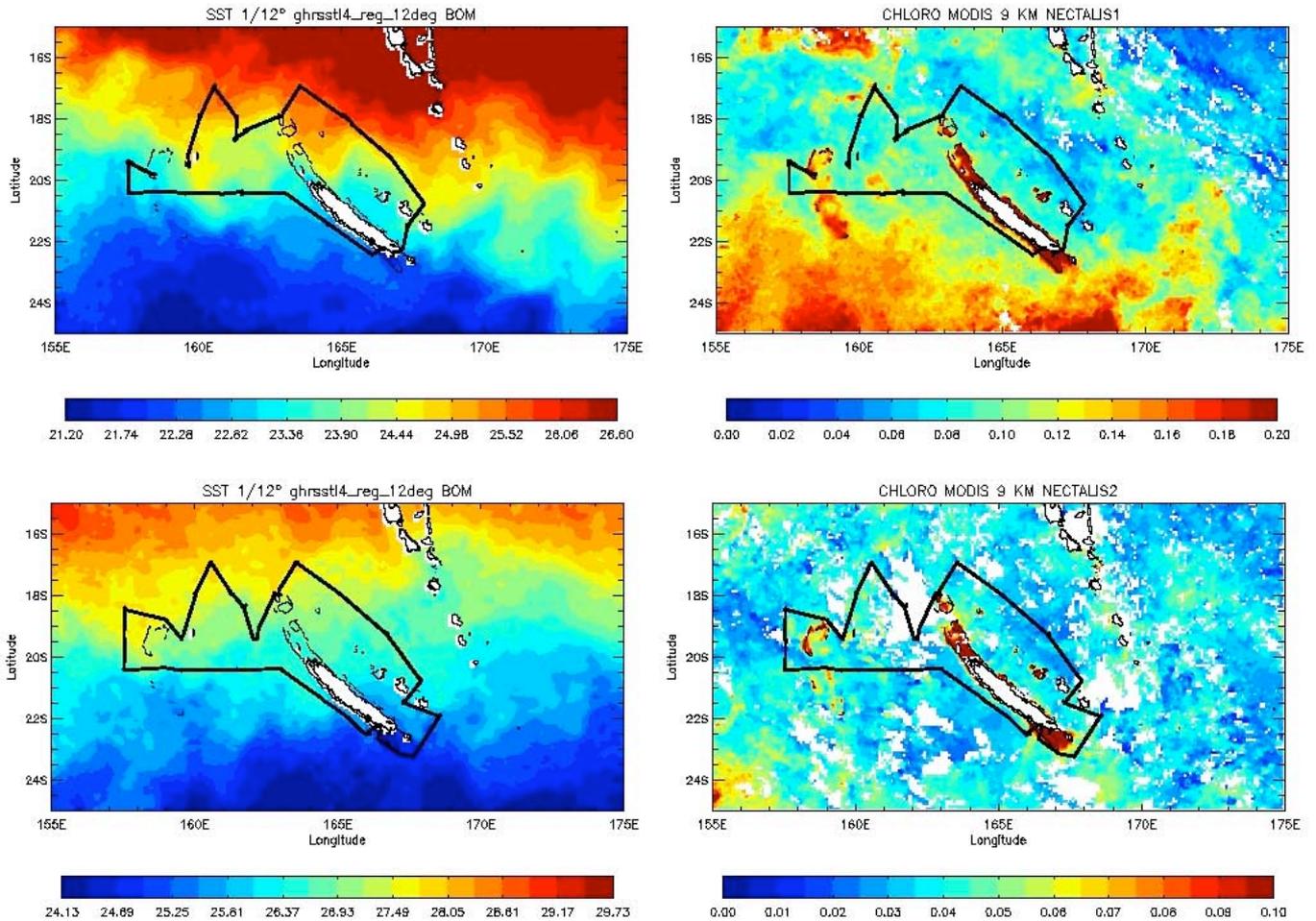
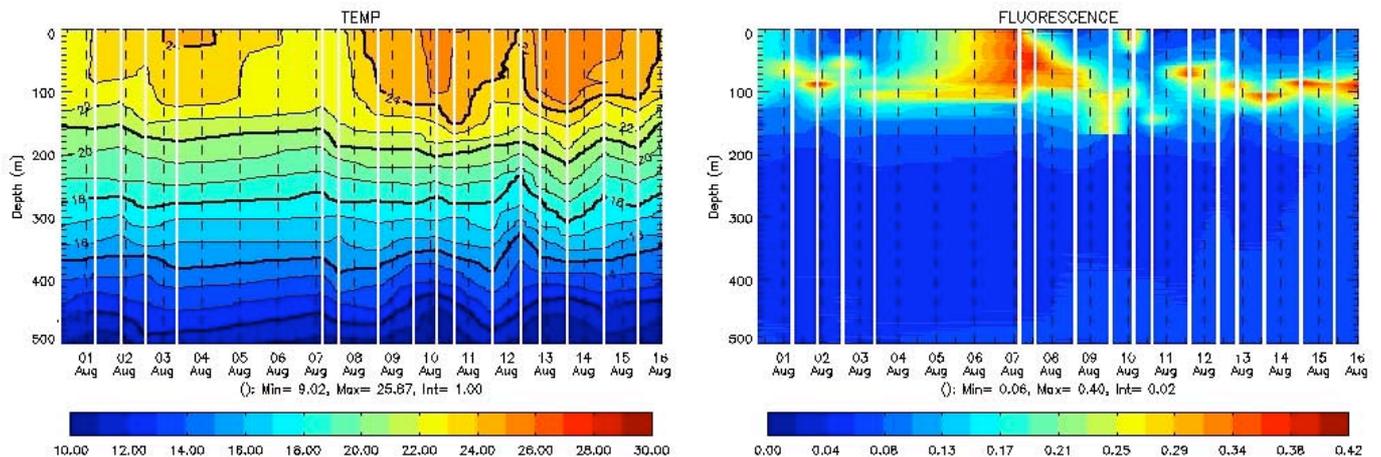


Figure 4 : en haut NECTALIS1 (gauche température de surface moyenne à 9km vue par satellite et à droite, chlorophylle de surface satellite). En bas, NECTALIS2.

La figure 4 illustre les deux différentes saisons de Nectalis1 et Nectalis2. Durant Nectalis1, en hiver, le front subtropical remonte du sud avec des eaux inférieures à 22°C et des eaux à plus de 26° vers le nord. La chlorophylle calque ces températures, avec, dans les eaux froides, des eaux plus riches en terme de chlorophylle (> 0.2 mg Chl/m³) et des eaux plus pauvres au nord. En été, durant Nectalis2, les eaux sont en moyenne plus chaude de 2° partout mais l'ensemble de la zone est globalement plus pauvre. En été, la chlorophylle de surface est découplée de la température contrairement à l'hiver. Cette situation de surface traduit une différence de structure verticale comme illustrée en Figure 5.

Structure verticale



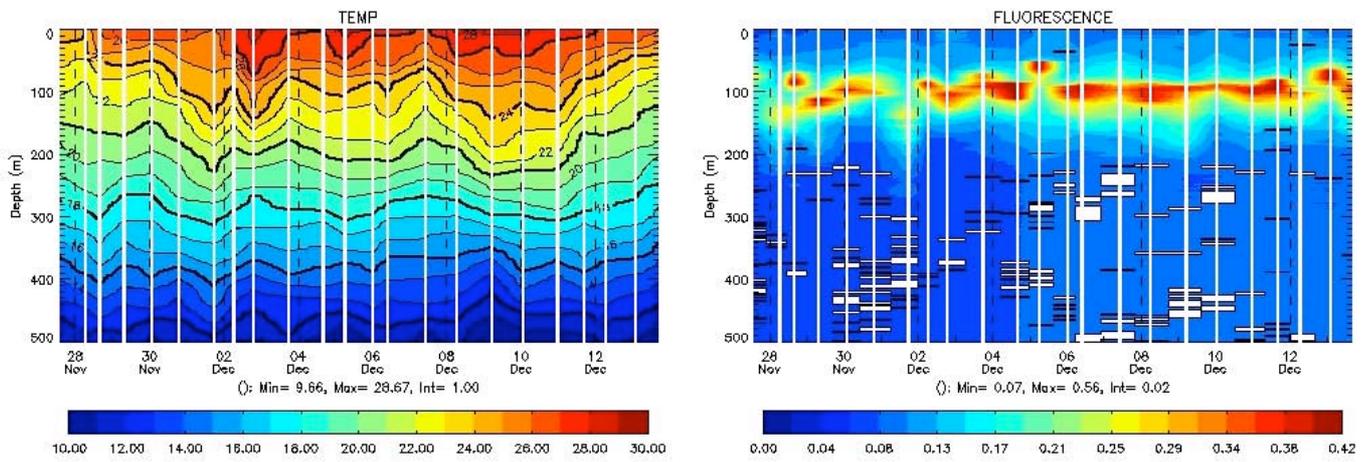


Figure 5 : en haut NECTALIS1 (gauche température sur 500m de profondeur, droite : chlorophylle sur 500m de profondeur). En bas, NECTALIS2 pour ces mêmes variables. Les données sont issues de la sonde CTD. Ces coupes verticales sont effectuées le long du trajet de la campagne (Figure 1)

En hiver, la thermocline (zone de gradient de température maximum dans la colonne d'eau) est plus basse et la couche « mélangée » (où la température est globalement constante sur la verticale) plus profonde qu'en été. Ceci traduit une dynamique plus vigoureuse et des éléments nutritifs qui peuvent remonter plus près de la surface alimentant la croissance des plantes en surface. En effet, on voit que la chlorophylle maximale se situe entre 0 et 100m en moyenne en hiver. En été par contre, la thermocline est plus proche de la surface mais aussi plus marquée et les nutritifs sont moins aptes à remonter des profondeurs. Ceci contraint le phytoplancton à pousser entre 75 et 150 mètres alors que la surface est presque toujours dépourvue de phytoplancton comme illustré aussi en Figure 4.

Ces figures illustrent déjà la complexité du système à comprendre. En effet, si il est vrai qu'en hiver la chlorophylle de surface et ses fronts sont intimement couplés aux variations de fronts de température, en été, par contre, la chlorophylle de surface ne rend pas compte de l'organisation de la chlorophylle sur la colonne. Ainsi, en été contrairement à l'hiver, il est peu probable que l'utilisation de données satellites de couleur de l'eau puisse rendre compte de la position des fronts et de la biomasse sur la colonne.

On peut rapprocher ces structures des données de marquages des thons (**CHAPITRE MARQUAGE THON** ashley). Les thons marqués en Nouvelle Calédonie correspondent à la situation d'hiver de Nectalis1 et ont été observés entre 19° et 26°C (moyenne 23.8°C). Les données de marquages et de température des capteurs sont compatibles avec la situation d'hiver où cet habitat se situe entre 250m et la surface. Donc, basé sur ces quelques données, les thons durant l'hiver se situent dans la partie haute de la colonne d'eau (> 300) en moyenne. Si on extrapole l'habitat à l'été, on s'aperçoit que cet habitat de température ne varie pas beaucoup sur la verticale, sous la couche homogène. Ainsi, par extrapolation, il est probable que les thonidés en été aussi se situent principalement au dessus de 300m.

Acoustique zooplancton

En terme de zooplancton vue par l'acoustique multifréquence TAPS (5 fréquences), la structure verticale sur les 200 premiers mètres est complexe et illustrée en Figure 6.

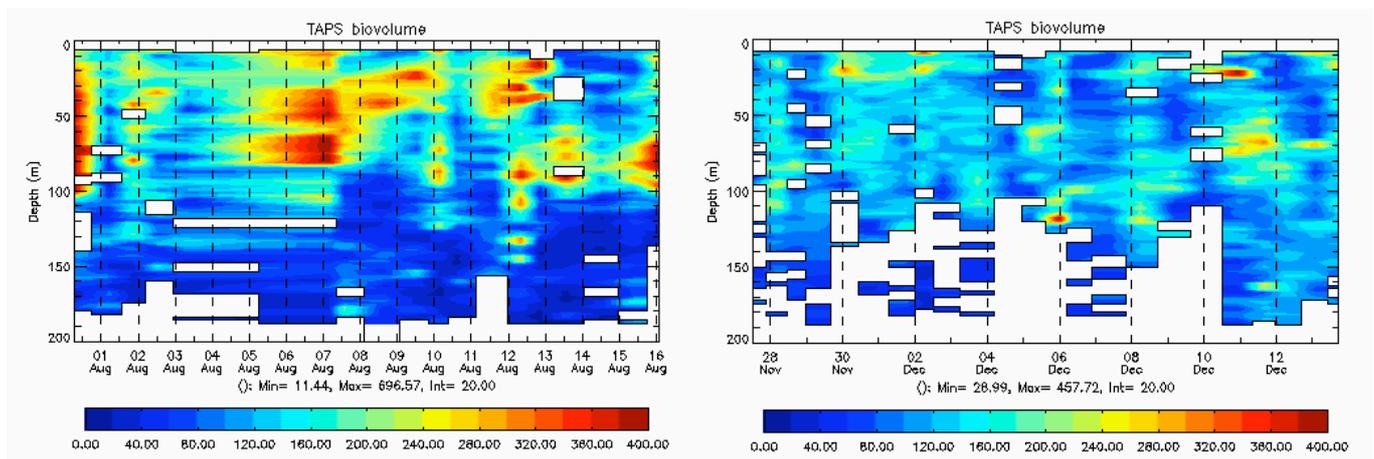


Figure 6 : à gauche NECTALIS1 : biovolume de « zooplancton » vu par l’engin acoustique TAPS. A droite, NECTALIS2.

D’après ces premières analyses, nous voyons donc que la situation d’hiver de Nectalis1 serait plus « riche » en zooplancton que la situation d’été, durant nectalis2, ce qui est conforme aux cartes précédentes de chlorophylle. Par contre, la relation entre le phytoplancton (Figure 5) et le zooplancton (Figure 6) est complexe et il n’est pas clair en général que les structures les plus riches en phytoplancton soient associées aux structures les plus riches en zooplancton sur la verticale, surtout en été où le zooplancton est réparti de manière diffuse sur la colonne. Notons enfin que nous avons échantillonné le zooplancton directement aussi par filet et ces mesures sont en cours d’analyse. Alors, nous serons en mesure de comprendre si l’échantillonnage direct du zooplancton est conforme à l’estimation par acoustique.

Une mesure indirecte de la biomasse d’organismes micronectoniques et zooplanctoniques est donnée par l’instrument habituellement dédié aux courants, l’ADCP. Un des objectifs du projet ZONECO et du projet LEFE-CYBER était d’être capable de montrer l’utilité biologique de cette mesure courante en océanographie physique. En effet, si les mesures exposées plus haut sont généralement peu fréquentes et effectuées durant des missions spécifiques, les mesures d’ADCP sont maintenant routinières durant toutes les missions océanographiques et des bases de données mondiales et conséquentes commencent d’être disponibles. Par exemple, dans la ZEE calédonienne, l’accumulation des campagnes océanographiques sur les dernières années (1999-2012) permet maintenant d’obtenir le pavage de la Figure 7 (remplacer par la figure d’Elodie):

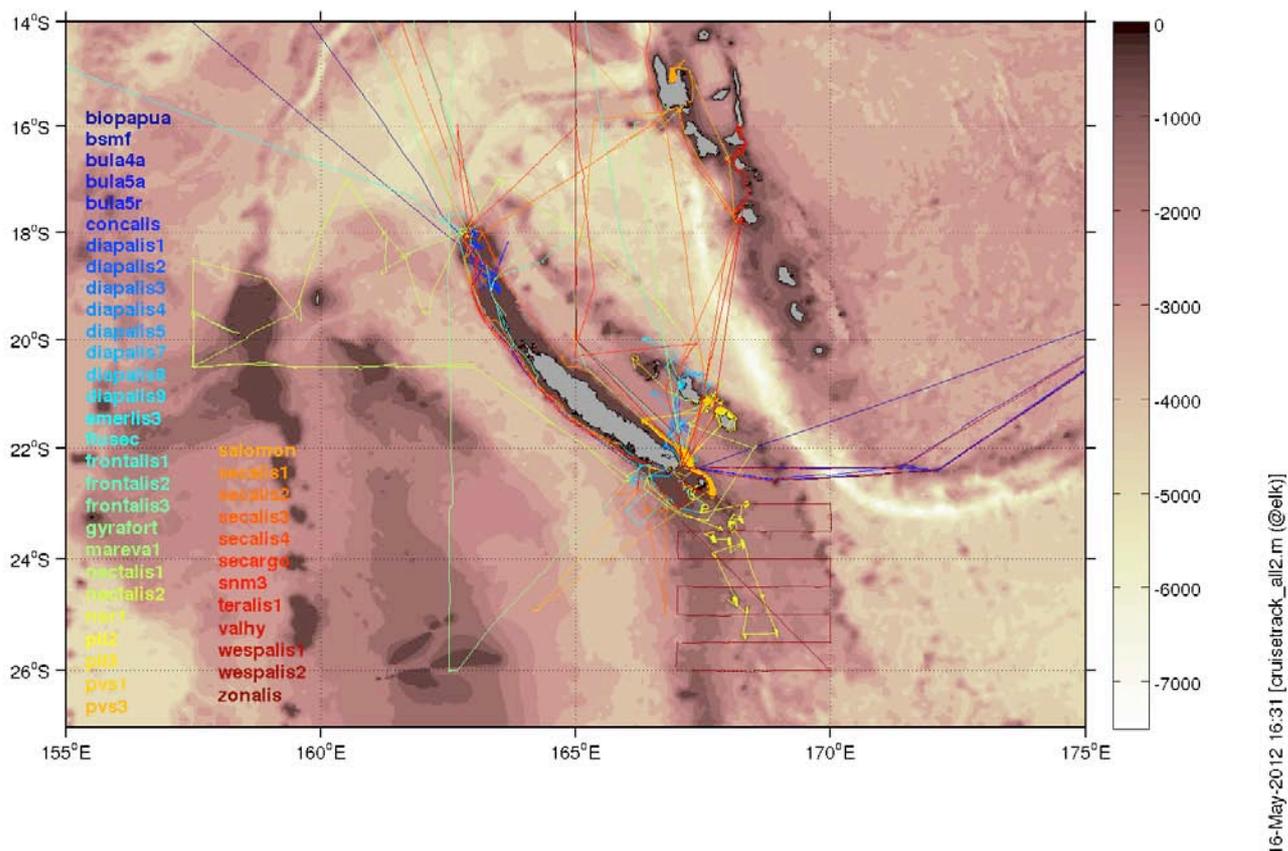


Figure 7 : tracé des années 1999-2012 de campagnes océanographiques.

On voit que l’immense majorité des campagnes a échantillonné la zone située entre le Vanuatu et la grande terre. Cependant, malgré ces disparités spatiales, cette base de données est unique et on s’attache dans la suite de ce rapport à exposer la cohérence entre les données ADCP et les données de micronecton évaluée à partir du sondeur dédié ER60 durant les campagnes Nectalis.

Acoustique micronecton - comparaison avec le sondeur ER60.

A partir de l'écho réfléchi de l'ADCP, on peut, comme pour le sondeur SIMRAD ou le TAPS, calculer un biovolume (Sv) (voir CHAPITRE XX Elodie, Marie-Hélène). Ceux-ci sont présentés pour Nectalis 1 et 2 sur la figure 8.

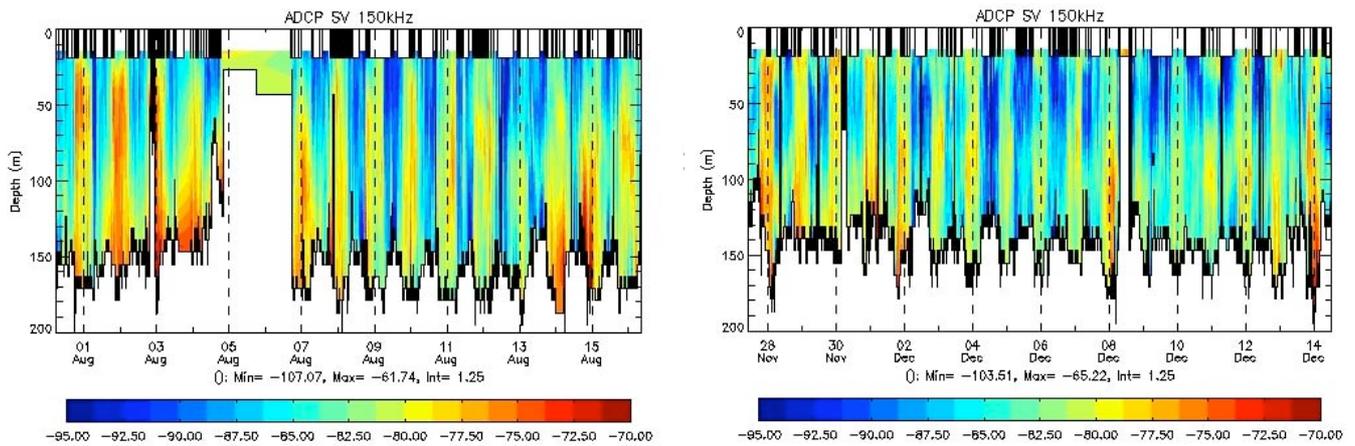


Figure 8 : Biovolume (Sv) de l'ADCP de Nectalis1 (gauche) et nectalis2 (droite) le long du trajet des campagnes.

Tout d'abord, la portée de l'instrument ne permet pas de voir les migration diurnes des espèces migrantes mais on constate quand même un cycle jour/nuit principalement marqué une augmentation du Sv la nuit et une diminution de jour, compatible avec la migration verticale des organismes. Si on examine une coupe identique sur les sondeurs acoustiques ER60, nous obtenons la Figure 9.

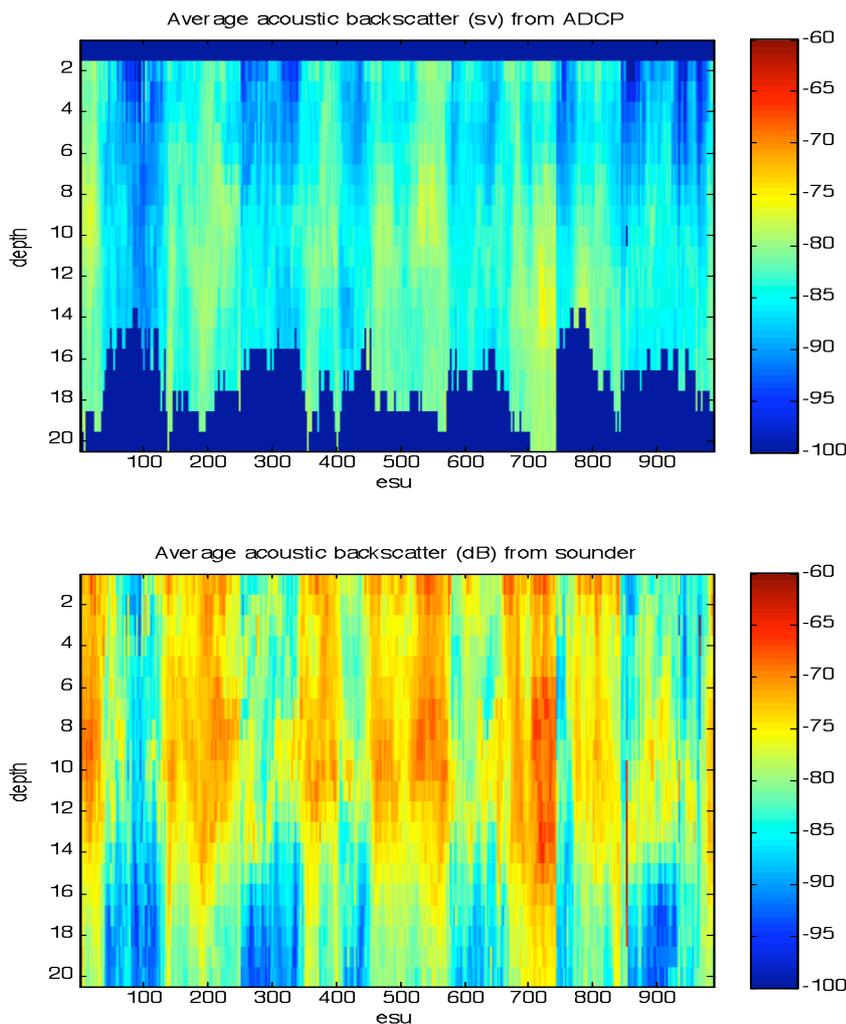


Figure 9a : coupe verticale sur 200m (échelle vertical à multiplier par 10) sur quelques jours du Sv de l'ADCP de Nectalis 2 (cf Figure 8)

Figure 9a : coupe verticale sur 200m (échelle vertical à multiplier par 10) sur quelques jours du Sv de l'échosondeur ER60 de Nectalis 2 aux mêmes dates

La comparaison entre ADCP (Figure 9a) et l'instrument acoustique dédié à la mesure des organismes (ER60, Figure 9b) met en évidence d'abord une différence d'amplitude absolue entre les deux instruments. Or, l'ER60 est calibré précisément et les valeurs absolues qu'il indique sont directement en rapport avec des biovolumes observés.

Par contraste, l'ADCP n'est pas calibré a priori et le recalcul du Sv par l'ADCP pose un certain nombre de problèmes notamment lié à cette absence de calibration (VOIR CHAPITRE ELODIE ET MARIE HELENE). Ainsi, il n'est pas possible dans l'immédiat de comparer les valeurs absolues des deux instruments.

Par contre, nous voyons que les variations temporelles et sur la verticale sont cohérentes entre l'ADCP et l'ER50. Pour illustrer précisément cet aspect fondamental de notre projet, nous avons tracé en Figure 10, sur les campagnes Nectalis, le diagramme de tous les points de l'ER60 sur les 150 premiers mètres et ceux de l'ADCP durant Nectalis1 (Nectalis2 est en cours de traitement à la date de rédaction de ce rapport).

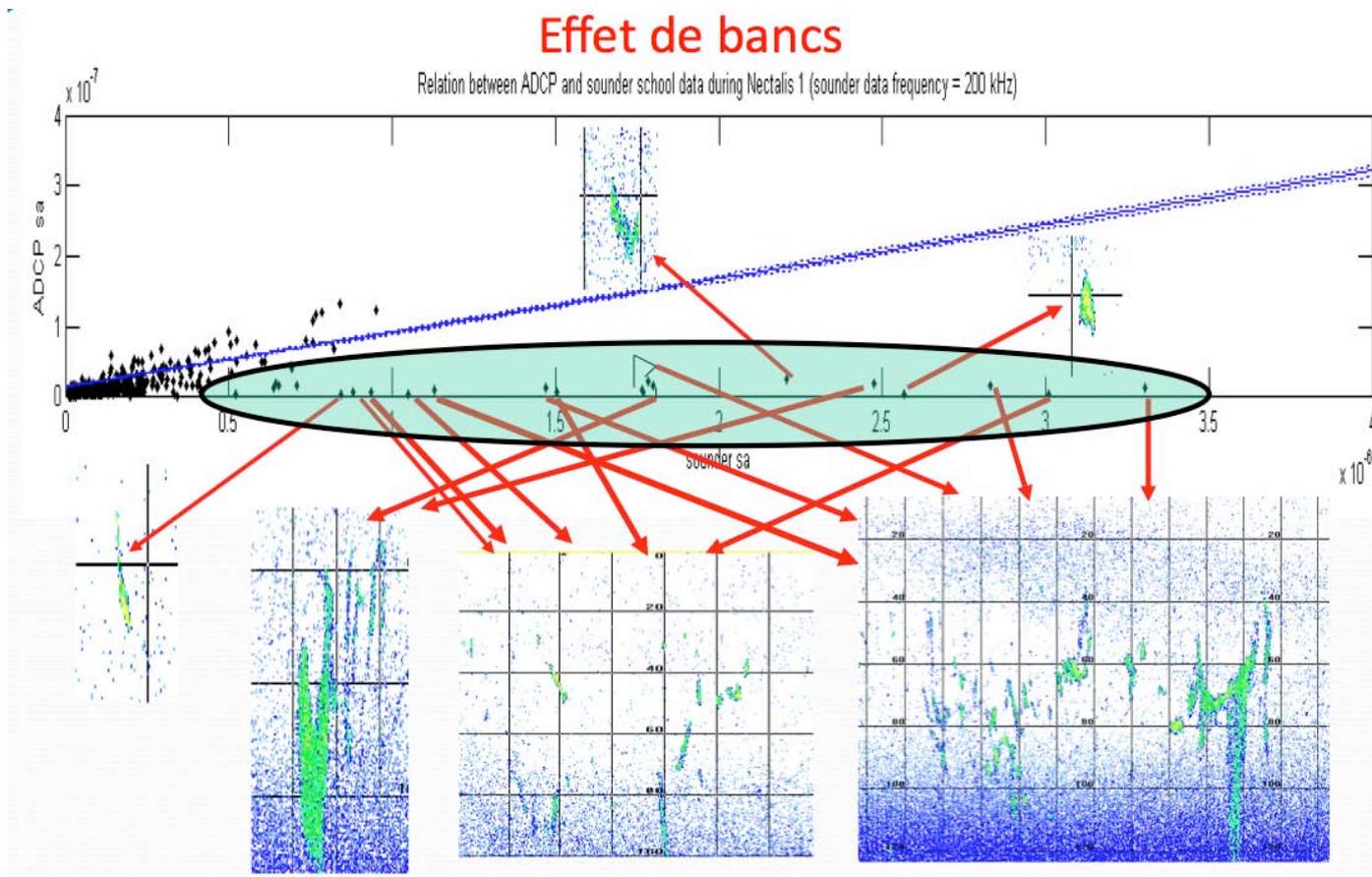


Figure 10 : Comparaison brute entre l'ADCP et l'ER60 sur le panneau du haut. La corrélation entre les deux instruments est de 0.33. Certains points sortent du lot et sont indiqués par des flèches sur le diagramme. Ces points, entourés par l'ellipse verte sont associés à des images du sondeur ER60 montrant la structure acoustique particulière en bancs.

La relation brute entre l'ADCP et l'ER60 est relativement mauvaise sur l'ensemble de Nectalis1 (une corrélation de 0.33). Mais on s'aperçoit que la relation est surtout mauvaise du fait de points faisant état d'un écosystème micronectonique organisé en bancs. Durant ces épisodes, l'ADCP est incapable de « voir » le signal alors qu'il est naturellement détecté par l'ER60. C'est durant ces organisations que la biomasse est la plus élevée ponctuellement. Si on ne considère maintenant que les structures diffuses, en excluant ces points particuliers de « bancs », alors la relation entre l'ADCP et l'ER60 devient excellente avec une corrélation de 0.88

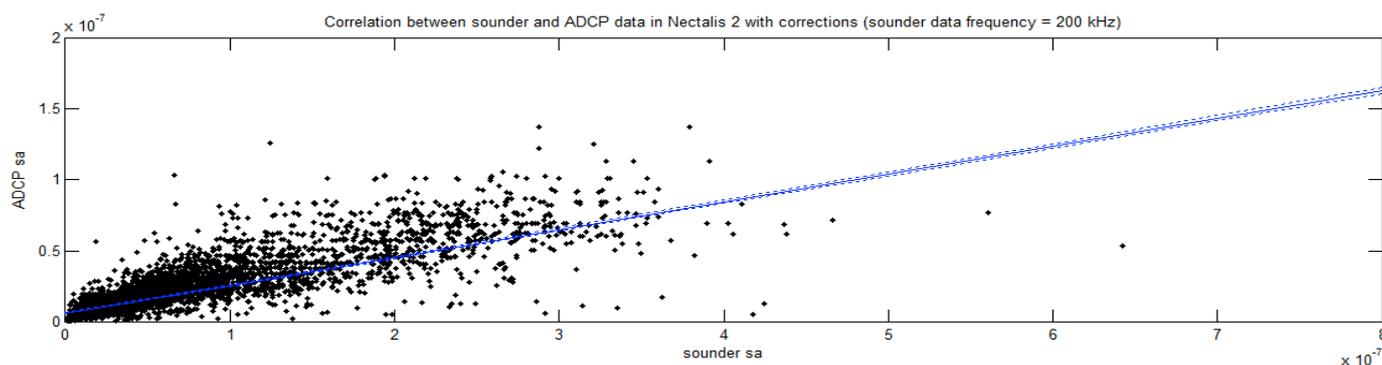


Figure 11 : Comparaison entre l'ADCP et l'ER60 comme sur la Figure 9 mais en excluant les structures en bancs.

Conclusion sur les campagnes Nectalis 1 -2

Bien que les données soient encore en cours de traitement, on peut résumer les résultats ainsi, basé sur 2 campagnes à la mer de 3 semaines en hiver et en été :

- Durant les deux saisons de pêche principale du thon blanc, les situations de surface en température et en chlorophylle sont contrastées ce qui correspond à la situation climatologique connue et typique (rapport ZONECO XXX, Vega et al., Briand et al., XXX)
- En hiver, la chlorophylle de surface suit les isothermes et les fronts thermiques sont certainement détectables aussi dans la chlorophylle de surface. Par contre, en été, l'information sur la chlorophylle ne traduit pas la structure de la température en surface. Ceci a des implications concernant les produits typiquement disponibles pour l'industrie thonière : elle indique qu'en été, l'information chlorophylle de surface n'est pas d'une grande utilité.
- L'habitat du thon blanc en hiver mais aussi en été est préférentiellement situé au dessus de 300m en hiver car les situations hiver et été sont semblables au dessous de 100m.
- La situation d'hiver est plus « riche » en terme de phytoplancton, de zooplancton et, a priori, de micronecton (!!!! aurélie ??) ce qui n'explique pas les deux saisons de pêche en hiver et en été.
- Le sondeur acoustique ER60 multifréquence embarqué sur les navires constitue le meilleur moyen d'observer et de caractériser la biomasse micronectonique dans la colonne d'eau. On doit pouvoir caractériser la biomasse par groupe d'espèce si on lui adjoint des mesures d'espèces in situ par filet à micronecton. Les analyses des données d'espèces sont en cours et une fois effectuées, on pense pouvoir fournir des mesures de la distribution des espèces durant Nectalis, en relation avec l'acoustique
- Le sondeur « courantométrique » ADCP embarqué sur le navire océanographique ALIS est très bien corrélé aux mesures du sondeur acoustique ER60 dédié sur les 150 premiers mètres. ce qui laisse penser qu'il est possible d'avoir une estimation de la biomasse micronectonique par ce moyen indirect pour peu que l'on soit capable de calibrer correctement cet instrument.

Perpectives en terme d'observations :

1. Pour mieux comprendre les relations frontales entre température, chlorophylle de surface (et niveau de la mer par exemple), une étude spécifique doit être entreprise à travers les 15 ans de données satellitale disponibles. Elle doit permettre de comprendre quelle information est vraiment pertinente à partir de ces données de surface
2. L'échantillonnage NECTALIS donne des premières indications mais s'agirait d'échantillonner la ZEE dans les conditions de faible capture thonière c'est à dire aux deux saisons non échantillonnées durant Nectalis. IL faudrait également étendre notre exploration aux zones de la ZEE non couverte où la pêcherie est aussi abondante.
3. Un nouveau sondeur ADCP à portée plus profonde (700m) sera bientôt installé sur le navire ALIS et il s'agira de comprendre si ces relations entre sondeur dédié et échosondeur sont encore valables.