



ZoNéCo

PROGRAMME D'EVALUATION DES RESSOURCES MARINES
DE LA ZONE ECONOMIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE

Rapport d'avancement des travaux :

Etude de la distribution zonale et méridienne de masse et de chaleur
dans l'océan Pacifique tropical au cours des événements climatiques
El Niño Oscillation Australe

Gaël ALORY

Mai 2001

Nouméa, le 2 Mai 2000

Rapport d'avancement des travaux

TITRE :

Etude de la distribution zonale et méridienne de masse et de chaleur dans l'océan Pacifique tropical au cours des événements climatiques El Niño Oscillation Australe

RESUME :

Cette étude s'insère dans le cadre de l'opération ZoNéCo intitulée " Bathymétrie et étude de l'environnement - océanographie physique ". Elle est la continuation du travail de thèse effectué par Gaël Alory sous la direction de Thierry Delcroix, soutenue financièrement en 2000 par le programme ZoNéCo (Arrêté 558 du 12 avril 2000).

Le phénomène El Niño Oscillation Australe, plus fort signal climatique de la planète à l'échelle interannuelle, ne se limite pas au déplacement zonal d'une masse d'eau chaude dans le Pacifique équatorial. Un échange de masses d'eau et de chaleur entre la bande équatoriale et de plus hautes latitudes a été récemment mis en évidence, et pourrait avoir un rôle déterminant dans le déclenchement, le développement et la prévision du phénomène. Notre étude se propose, à travers l'analyse de données in situ et satellitaires, ainsi que de sorties de modèles numériques, de mieux comprendre les mécanismes physiques mis en jeu dans ces échanges méridiens. A terme, le but est d'améliorer la prévisibilité du phénomène et donc des impacts régionaux associés.

CONTENU DU PROJET ET ETAT D'AVANCEMENT:

Introduction.

L'océan Pacifique tropical s'étend sur environ la moitié de la circonférence de la Terre à l'équateur et il comprend dans sa partie ouest les eaux de surface les plus chaudes ($>28^{\circ}\text{C}$) de la planète. Ces eaux occupent une superficie supérieure à celle de l'Europe et sur environ 100 m de profondeur: elles représentent ainsi un immense volant thermique régulateur du climat de la Planète.

La répartition spatio-temporelle de ces eaux chaudes est très étroitement liée au phénomène climatique El Niño Oscillation Australe (ENSO). Ce phénomène qui apparaît tous les 2 à 7 ans constitue le signal climatique le plus fort de la planète à l'échelle interannuelle. L'observer, le comprendre et si possible le prévoir suffisamment à l'avance constituent des enjeux scientifiques et socio-économiques considérables.

Grâce à une coopération internationale établie depuis plus d'une quinzaine d'années, il est désormais possible d'observer le phénomène ENSO en temps quasi réel à l'échelle du Pacifique tropical (mesures in situ et satellitaires). Certains modèles numériques ont obtenu

des succès raisonnables quant à la prévision du phénomène environ 3 mois à l'avance ; d'autres ont été mis en défaut, en particulier lors des récents épisodes El Niño de 1997-98 et La Niña 1998-2001. La compréhension des mécanismes intrinsèques du phénomène ENSO reste fortement perfectible.

Objectifs scientifiques.

Des analyses à partir d'observations effectuées dans le Pacifique tropical ont montré l'existence d'une redistribution de masse/chaleur spécifique directement liée au cycle ENSO (Zhang et Levitus, 1997; Delcroix, 1998). Selon ces études, les anomalies observées peuvent se décomposer en des balancements zonal et méridien de masse/chaleur à l'échelle du bassin. Ces balancements semblent se caractériser par des 'propagations' d'anomalies thermiques situées au voisinage de la thermocline, d'abord vers l'est le long de l'équateur, vers le nord le long de la frontière est du bassin, vers l'ouest à une latitude située légèrement au nord de la zone inter tropicale de convergence des vents (10-15°N), puis vers le sud le long de la frontière ouest du bassin jusqu'à l'équateur. Le temps de transit de ces anomalies thermiques, observées sur plusieurs cycles d'ENSO, est d'environ 3-4 ans, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que la quasi-périodicité du phénomène.

Le thème proposé ici est l'étude des mécanismes régissant le type de 'propagations' observées, à travers une analyse: a) des observations in situ (XBT, mouillages TAO) sur la période 1979-1998, b) des données altimétriques GEOSAT entre 1986-89 et TOPEX/POSEIDON entre 1992 et 1998, et c) de sorties de plusieurs types de modèles de complexité croissante. Les observations seront utilisées en tant que telles et à titre de validation des modèles utilisés. Après une étude basée sur les différentes observations disponibles, nous utiliserons successivement : un modèle linéaire (Cane et Patton, 1984) sur la période 1961-99, puis le modèle de circulation générale aux équations primitives OPA (Delecluse et al., 1993) du Laboratoire d'Océanographie Dynamique et de Climatologie de Paris VI sur la période 1948-99. Nous étudierons le rôle des ondes équatoriales de Kelvin et de Rossby dans la redistribution zonale de masse/chaleur dans la bande équatoriale. Nous étudierons en particulier le rôle de la redistribution méridienne de masse/chaleur, afin de déterminer si celle-ci est active ou passive dans le cycle ENSO.

Etat d'avancement (financement ZoNéCo - IRD en 2000)

Analyse de données

Les anomalies interannuelles de niveau de la mer et de vent de surface, respectivement issues des données satellitaires TOPEX-Poseidon et ERS, ont été analysées en parallèle sur la période 1993-1999 qui leur est commune. Il en ressort que ces deux variables varient principalement selon un mode ENSO, qui correspond à un basculement zonal du niveau de la mer autour de la ligne de changement de date, associé à des anomalies de vent zonal centrées sur l'équateur vers la même longitude. Ces oscillations océaniques sont dues aux ondes équatoriales générées par le vent; les zones principales de propagation de ces ondes ont été mises en évidence et l'importance de leur réflexion à chaque bord analysée. Un mode de variabilité secondaire, pas directement lié à ENSO, est apparu. Il se caractérise par une oscillation méridienne du niveau de la mer autour de la frontière 5°N, à laquelle sont associées des anomalies de vent zonal de signe opposé dans le Nord-Ouest et l'Est du bassin. Ce mode de variabilité semble fortement contribuer à la préparation de l'événement El Niño 1997-1998 par un remplissage de la bande équatoriale.

Modélisation

Pour analyser plus finement les mécanismes mis en jeu, un modèle linéaire a été utilisé. Il a d'abord été forcé par les vents ERS sur la période 1993-1999 afin de comparer le niveau de la mer simulé aux données TOPEX-Poseidon. Les deux modes de variabilité précédemment décrits ont été bien reproduits. Il a alors été forcé par les vents FSU, qui permettent d'étendre l'étude à la période 1961-1999. Le second mode de variabilité s'est révélé particulièrement actif lors de l'autre événement El Niño exceptionnel de 1982-1983, et notamment dans sa phase préparatoire. De plus, le basculement méridien, qui se montre statistiquement précurseur d'ENSO mais de plus basse fréquence, suggère un remplissage de la bande équatoriale entre 1985 et 1997, ce qui pourrait expliquer la fréquence plus importante des événements El Niño sur cette période. Inversement, une tendance à la vidange de la bande équatoriale entre 1970 et 1980 correspond à une plus grande occurrence d'événements La Niña. Enfin, des tests de forçage idéalisé du modèle ont permis d'isoler précisément les structures de vent associées aux deux modes d'oscillation océanique.

On s'est ensuite focalisé sur les trois bandes zonales $15^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{S}$, $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ et $5^{\circ}\text{N}-15^{\circ}\text{N}$, qui sont au cœur de ces mécanismes oscillatoires. Le modèle a permis de calculer les différents transports (de la surface à 200 m de profondeur) géostrophiques et d'Ekman aux frontières de ces boîtes, associés aux deux modes de variabilité, et qui régissent leurs variations de niveau de la mer. Ils ont été validés par comparaison à des transports similaires issus des 70 mouillages TAO (Tropical Atmosphere Ocean) sur la période 1993-1999. Dans la bande équatoriale, le mode ENSO se caractérise par un transport géostrophique zonal important à l'Ouest, et un transport méridien plus fort à 5°N qu'à 5°S , marqué par l'opposition entre composante d'Ekman et géostrophique, cette dernière l'emportant. Le second mode de variabilité consiste essentiellement en un échange de masse à 5°N entre les boîtes $5^{\circ}\text{S}-5^{\circ}\text{N}$ et $5^{\circ}\text{N}-15^{\circ}\text{N}$ par transport géostrophique lié aux variations de pente zonale de la thermocline, alors qu'à 5°S transports géostrophique et d'Ekman se compensent. Ces deux modes de variabilité semblent interagir et pourraient expliquer l'apparitions d'épisodes ENSO d'amplitude exceptionnelle comme ceux de 1982-83 et 1997-1998.

Pour compléter l'étude de processus entreprise avec le modèle linéaire, l'utilisation d'un modèle de circulation générale de l'océan s'avère indispensable. Une simulation de la période 1948-1999 par le modèle OPA du LODYC, forcé par les réanalyses NCEP (National Centers for Environmental Prediction), a donc été réalisée. Elle servira de référence pour la suite de l'étude. Une simulation aussi longue permet de regarder aussi bien des échelles temporelles de type ENSO que des oscillations à fréquence plus basse comme le basculement méridien mis en évidence précédemment. Enfin, des diagnostics élaborés tels que des flux de chaleur devraient permettre de mieux appréhender les mécanismes mis en jeu.

Publications.

Les résultats obtenus jusque là seront soumis ce mois-ci au *Journal of Geophysical Research* sous le titre *Interannual sea level changes and associated mass transports in the tropical Pacific, as inferred from observations and linear model*, par G. Alory et T. Delcroix.