

El Niño : un dérèglement climatique issu de l'Océan Pacifique Tropical : 20 ans de recherches océanographiques françaises dans l'Océan Pacifique

Alexandre GANACHAUD¹, Joël PICAUT² et Thierry DELCROIX²

Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiale (CNES/CNRS/IRD/UPS), Institut de Recherche pour le Développement (1) Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Alexandre.Ganachaud@noumea.ird.nc ; (2) Toulouse, France

El Niño 97-98

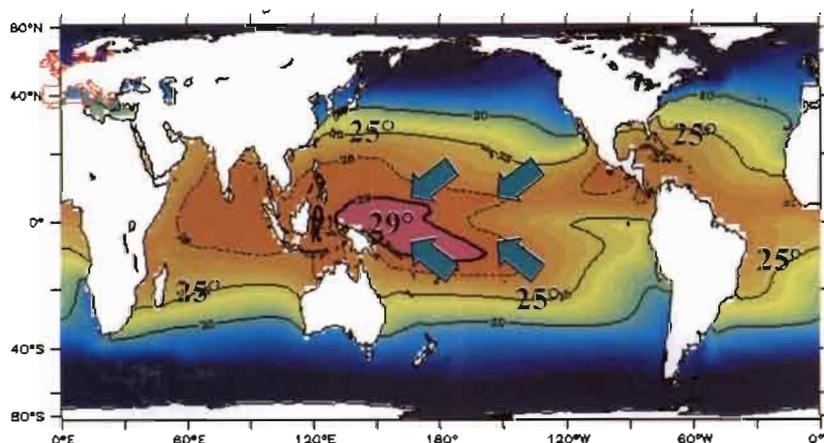


Figure 1 : Température océanique de surface moyenne. Les flèches vertes correspondent aux Alizés dans l'Océan Pacifique.

La température de surface océanique moyenne du Pacifique présente une distribution spatiale remarquable (Figure 1). Outre le contraste entre les tropiques et les pôles, on peut remarquer un vaste réservoir d'eaux chaudes, de la taille de l'Europe (contour rouge), situé dans la partie équatoriale ouest. Cette eau chaude est amenée puis maintenue à l'ouest du Pacifique par l'action des alizés (flèches vertes). Au-dessus de l'eau chaude, une forte convection atmosphérique s'organise, créant un gradient de pression atmosphérique entre l'est et l'ouest qui maintient les alizés: le système est alors auto-entretenu. En mars 1997, des coups de vent d'ouest ont renversé les alizés, poussant le réservoir d'eau chaude vers l'est. Une perturbation de température s'est déplacée vers l'est, traversant en deux mois l'Océan Pacifique pour atteindre les côtes américaines à la fin du mois d'avril. Le système de convection atmosphérique associé aux températures de surface les plus chaudes s'est alors déplacé, amenant de fortes précipitations sur les côtes américaines, habituellement désertiques, et une forte sécheresse à l'ouest du Pacifique. L'El Niño frappait à nouveau le climat planétaire, causant, en 1997-98, 22000 victimes et un coût global de 30 milliards d'Euros. Cet El Niño, le plus fort enregistré au XX^e siècle, fut mesuré de manière très complète par un formidable système d'observations, mais mal prévu.

Le Pérou, la pêche, les incas

A l'origine, le nom El Niño était le nom donné à un courant chaud apparaissant vers Noël sur les côtes du Pérou. Ce courant apportait une grande quantité de poissons tropicaux, et El Niño était considéré comme une année d'abondance par les pêcheurs locaux. Cependant, avec ce courant chaud disparaissaient les remontées d'eaux froides, riches en éléments nutritifs, qui alimentent la vie biologique et en particulier le stock d'anchois qui se développe le long de ces côtes. El Niño était alors perçu alors comme un phénomène purement local.

Au début des années 1930 Sir Gilbert Walker, directeur des observatoires météorologiques de l'Inde, recherchait à prévoir la mousson en utilisant de nombreux enregistrements météorologiques mondiaux. Il constatait ainsi que lorsque la pression atmosphérique est anormalement élevée dans l'Océan Pacifique, elle est anormalement basse dans l'Océan Indien, mettant ainsi en évidence une oscillation atmosphérique majeure dans l'Océan Pacifique, l'Oscillation Australe. Il faudra attendre 1969 pour qu'un lien physique soit établi entre cette oscillation atmosphérique et les changements de températures de surface de la mer sur l'ensemble de l'Océan Pacifique (Bjerknes, 1969). Le système oscillant ENSO (El Niño-Southern Oscillation) était alors découvert.

Lorsque la pêche industrielle s'est développée en Amérique du Sud, El Niño fut rapidement diabolisé car il faisait chuter les prises d'un facteur 10. Observer, comprendre et prédire le phénomène devenaient alors une nécessité. Le manque d'observations océaniques et météorologiques, et l'occurrence d'un événement El Niño majeur en 1982-83 avec des conséquences économiques et sociales dramatiques, ont amené la communauté scientifique à établir un vaste programme d'observations coordonnées de l'Océan Pacifique Tropical, le programme TOGA (Tropical Ocean, Global Atmosphere).

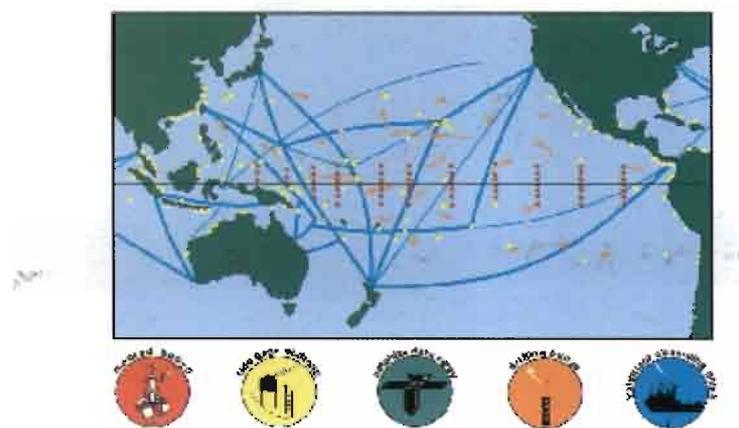


Figure 2 : Le programme TOGA et la contribution Française.

Le programme TOGA avait pour but l'implémentation d'un système de mesures océan-atmosphère pour décrire, comprendre et prévoir El Niño. Ce programme, auquel ont participé, entre autres, la Chine, la France, les Etats-Unis, l'Australie et le Japon, s'est déroulé entre 1985 et 1994. Le réseau de mesures (carte ci-dessus) comprend 80 bouées ancrées (points rouges) mesurant la température, la salinité et les courants océaniques dans les 500 premiers mètres ainsi que les paramètres atmosphériques avec transmission en temps réel. Ce réseau comprend également des stations marégraphiques (points jaunes) ; des données satellitaires ; des bouées dérivantes (mesure de température et déplacement des masses d'eau) et des mesures de T et S effectuées par les navires de commerces équipés. Le réseau TOGA a ainsi permis des avancées spectaculaires dans notre compréhension grâce à des mesures exceptionnelles (Figure 3).

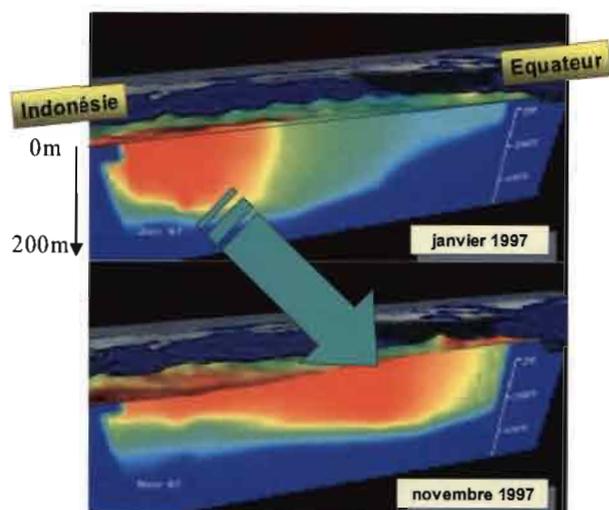


Figure 3 : Elle montre le déplacement du réservoir d'eau chaude qui a ainsi pu être mesuré par le réseau TOGA pendant l'El Niño de 1997-1998. La perturbation atteint 200 mètres de profondeur, déplaçant ainsi d'énormes quantités d'énergie.

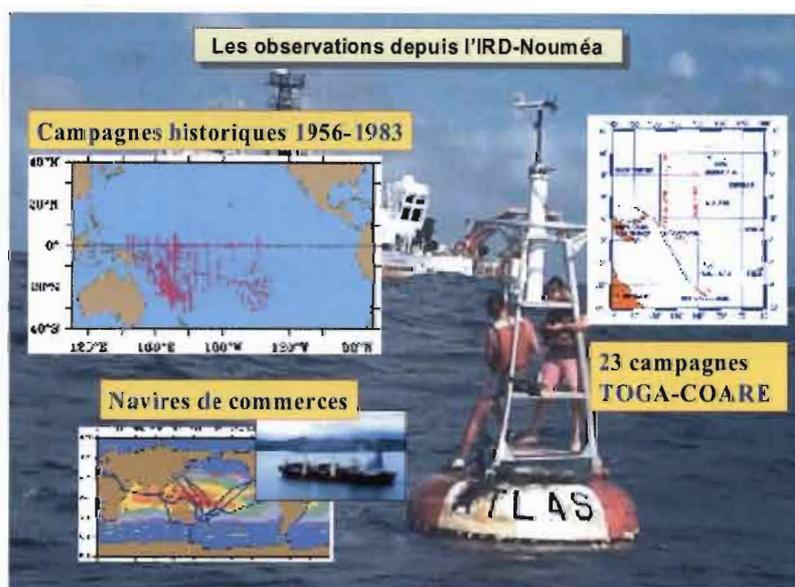


Figure 4 : Les observations depuis l'IRD – Nouméa.

Depuis 1956, les océanographes français de l'ORSTOM de Nouméa ont sillonné les eaux du Pacifique Ouest. Une recherche ambitieuse, avec la construction d'un navire océanographique dédié à l'océanographie tropicale, le Coriolis, a permis la réalisation de nombreuses campagnes, et rapidement les océanographes ont remarqué une forte variabilité dans les courants équatoriaux, sans pouvoir l'expliquer. Dans les années 1970, des pionniers français, américains puis australiens ont eu l'idée d'utiliser les navires de commerce pour mesurer régulièrement les paramètres océaniques et ce à moindre frais. Aux seaux de mesure ont succédé les sondes de température XBT, permettant de mesurer en route la température sur les premières centaines de mètres de l'océan, puis les thermosalinographes, mesurant en continu la salinité de surface. Les événements El Niño étant si « rares » (tous les 2 à 7 années), et les observations intenses si récentes, ces mesures constituent une base essentielle à la compréhension du phénomène. Puis, pendant les dix ans du programme TOGA, l'IRD a eu une contribution majeure dans le Pacifique Ouest, avec 23 mois de campagnes océanographiques (Delcroix et Eldin, 1995), la poursuite des observations à partir de navires marchands (Hénin et Grelet, 1996) et la mise en place et la maintenance de la majeure partie des bouées ancrées de l'Ouest du Pacifique (McPhaden et al., 1998).

La France a également joué un rôle majeur dans le lancement de deux satellites de mesure de la hauteur de mer, les satellites TOPEX/Poseidon et JASON, permettant d'observer les déplacements des masses d'eau. Cette collaboration entre le CNES et la NASA a permis la réalisation d'observations inégalées de l'océan mondial, répétées tous les dix jours. La confrontation des données in situ et de ces nouvelles mesures satellitales qui fournissent une mesure de surface a été la clef du succès de ces missions qui ont révolutionné notre compréhension de la circulation océanique.

Peut-on prévoir ENSO ?

Un des objectifs majeurs du programme TOGA était d'étudier la possibilité de prévoir ENSO. En 1986, une équipe américaine a effectué une première prévision couronnée de succès à partir d'un modèle numérique simplifié, permettant à plusieurs gouvernements d'adapter leur agriculture en prévision d'une sécheresse le Nord-Est du Brésil notamment. En 1997, un El Niño fulgurant a eu lieu ; aucun modèle n'a pu prévoir son déclenchement avant mars 1997 et son amplitude a été fortement sous-estimée pendant la première moitié de 1997. Dans le système couplé donnant naissance au El Niño, l'océan et l'atmosphère ont leur propre dynamique: l'un perturbe l'autre, qui à son tour perturbe le premier. Cette perturbation peut renforcer la perturbation initiale qui continue alors de croître. Dans ce système instable, l'océan constitue la mémoire: l'information s'y propage lentement, par exemple sous forme d'ondes équatoriales, ce qui lui donne un aspect prédictible. L'ensemble met environ 9 mois pour se propager et se réfléchir, correspondant à l'échelle de temps d'un événement. Alors que le déroulement est relativement bien compris, le démarrage du système ne l'est pas. En effet l'apparition et les caractéristiques des événements sont très sensibles à quatre paramètres : les conditions océaniques initiales, les perturbations atmosphériques rapides (coups de vents chaotiques ou associés à de grandes oscillations atmosphériques), les processus de petite échelle et les changements à de très longues périodes de l'état moyen. Il est donc possible de prévoir les effets d'ENSO environ 9 mois à l'avance, à partir du moment où celui-ci est déclenché.

Une découverte des océanographes français : La Zone de Convergence du Bord Est du réservoir d'eau chaude et son rôle vis à vis d'ENSO

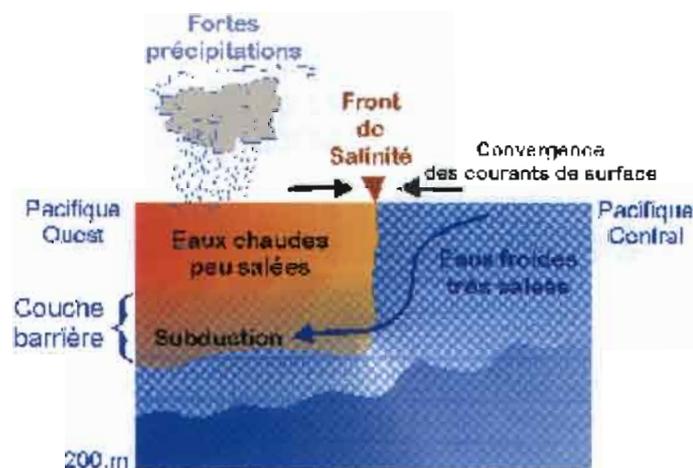


Figure 5 : coupe océanique verticale le long de l'équateur.

Les observations menées par l'ORSTOM puis l'IRD depuis les années 50 ont mis en évidence la présence d'une zone de convergence très prononcée à l'Equateur (Figure 5) entre les eaux chaudes et dessalées de l'ouest et les eaux froides et salées de l'est. Cela a conduit à réviser une des théories classiques de déroulement d'ENSO, les mouvements de cette zone frontale jouant un rôle essentiel dans le couplage océan-atmosphère (Picaut et al. 1997). A l'Est de ce front, les anomalies de température de surface ont des amplitudes importantes, mais la température absolue n'est pas suffisante pour déclencher une convection atmosphérique organisée, organe fondamental du couplage océan-atmosphère. Au niveau de la zone de convergence, l'eau froide plonge, créant une couche mélangée particulière entre les eaux froides et salées, et chaudes et dessalées. Des simulations

numériques (Vialard et Delecluse, 1998) ont montré que l'effet de cette couche est d'isoler le réservoir d'eau chaude de manière mécanique et thermodynamique. Sans cette couche, le couplage entre l'océan et l'atmosphère est plus faible car une partie de l'énergie en surface due au vent est dissipée vers les couches profondes. La formation de cette couche barrière et ses caractéristiques précises sont encore mal comprises et font l'objet d'études approfondies par les scientifiques de l'IRD.

Recherches actuelles

TOGA a permis d'établir un système d'observations permettant de décrire le phénomène en temps réel avec une précision sans précédent. Cependant des énigmes demeurent, et trois thématiques de recherches majeures se dessinent: le déclenchement d'ENSO, son évolution sur plusieurs décennies et ses impacts régionaux.

Le déclenchement des événements fait l'objet de beaucoup d'attention. ENSO est sensible aux conditions océaniques initiales, aux coups de vent haute-fréquence, et aux processus de petite échelle tels que la barrière de sel décrite ci-dessus. Les conditions océaniques changent de façon permanente (article du Prof. McCreary dans ce volume), et seules les mesures continues et étendues du système d'observations mis en place pendant TOGA pourront aider à comprendre pourquoi et comment ces conditions changent. De fortes interrogations demeurent également quant à la manière dont El Niño est affecté par le réchauffement planétaire, sachant qu'il y contribue lui-même (article du Dr Leborgne). Les données modernes sont relativement récentes par rapport à l'échelle de temps des variations considérées, et des carottages effectués dans les coraux massifs fournissent des enregistrements précieux de certains paramètres océaniques sur les 500 voire 1000 dernières années (article du Prof. De Deckker).

Le rôle des coups de vents et des processus de petite échelle est étudié par des équipes françaises, à travers des campagnes d'observations dédiées et l'utilisation de modèles numériques nécessitant d'importants moyens de calcul.

Les conséquences locales d'El Niño et, plus généralement des perturbations climatiques sur les pays du Pacifique Sud-Ouest sont encore peu étudiées. On sait par exemple qu'un El Niño perturbe fortement l'activité cyclonique et les précipitations dans cette région (article du Dr. Timbal). Les pays du Pacifique Sud-Ouest sont demandeurs de prévisions climatiques pouvant être adaptés à leurs besoins.

Pour répondre à ces questions fondamentales, la communauté internationale souhaite maintenir l'excellent système d'observations qui a été mis en place pendant TOGA pour compléter notre capacité à comprendre et prévoir El Niño. Ce réseau doit s'inscrire dans la durée et être étendu avec l'addition de nouvelles techniques de mesures. Un paramètre océanique majeur, la salinité océanique, doit être mesuré par deux nouveaux satellites (Aquarius et SMOS) et des mesures in situ (programme SOOP). Des mesures aux latitudes plus élevées doivent venir compléter le système de surveillance : lâcher de flotteurs profilants dans le cadre du programme ARGO ; mesure des courants de bord Ouest aux faibles latitudes ; campagnes océanographiques répétées. En terme d'amélioration des prévisions, une contribution importante est attendue des programmes d'océanographie opérationnelle GODAE, MERSEA, et MERCATOR qui permettront d'initialiser avec précision l'état océanique des modèles de prévision d'ENSO.

Les expériences numériques sur les évolutions d'ENSO sur de plus longues échelles de temps, mobilisent également une énergie considérable, avec le développement d'importants modèles couplés océan-atmosphère. Nous avons par exemple un manque de connaissance des cheminements des courants océaniques véhiculant les signaux climatiques, notamment au niveau des courants de bord et dans la région du Pacifique Sud Ouest.

Références bibliographiques

- Bjerknes, J. (1969). Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific, *Mon. Weather Rev.*, 97, 163-172.
- Delcroix T. et Eldin, G. (1995). Observations Hydrologiques dans l'Océan Pacifique Tropical Ouest. Campagnes SURTROPAC 1 à 17, de janvier 1984 à août 1992, campagnes COARE156 1 à 3, d'août 1991 à octobre 1992. TDM 141, ORSTOM Editions, Paris, 78 pages.
- Hénin, C., and Grelet, J. (1996). A merchant ship thermosalinograph network in the Pacific ocean, *Deep Sea Res.*, 11-12, 1833-1856.
- McPhaden, M J., Busalacchi, A. J., Cheney, R., Donguy, J-R., Gage, K. S., Halpern, D., Ji, M., Julian, P., Meyers, G., Mitchum, G., Niiler, P. P., Picaut, J., Reynolds, R. W., Smith, N., and Takeuchi, K. (1998). The Tropical Ocean Global Atmosphere (TOGA) observing system: A decade of progress, *J. Geophys. Res.*, 103, 14169-14240.
- Picaut, J., Masia, F. and du Penhoat, Y. (1997). An advective-reflective conceptual model for the oscillatory nature of the ENSO, *Science*, 277, 663-666.
- Vialard, J. et Delecluse, P. (1998). An OGCM study for the TOGA decade : Part I : role of salinity in the physics of the western Pacific fresh pool, *J. Phys. Oceanogr.*, 28, 1071-1088.

Assises de la Recherche Française dans le Pacifique



Actes des Assises

24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

www.assises-recherche-pacifique.org
arfp2004@offratel.nc