

Variabilité interannuelle des anomalies du niveau de la mer dans le Golfe de Guinée à proximité de l'île de São Tomé

São Tomé, un bon indicateur climatique ?

Guillaume Charria

Contact : guillaume.charria@ifremer.fr / 0298224330

Juin 2008 - Juin 2009

1. Introduction

Les questions traduisant les objectifs de l'étude peuvent être exprimées de la manière suivante :

- Quels sont les signaux interannuels dominants entre 2000 et 2005 à proximité de l'île de São Tomé ?
- Quels sont les processus permettant d'expliquer ces signaux interannuels observés sur les anomalies de niveau de la mer dans le Golfe de Guinée ?

Et plus largement :

- L'île de São Tomé, est-elle un bon « indicateur climatique » de la région ?

L'étude est limitée à la période 2000-2005 sur la base des données exploitables au niveau du marégraphe de São Tomé.

Afin de mener ces analyses, nous avons utilisé trois principaux jeux de données :

- **Les anomalies du niveau de la mer (SLA):** produits altimétriques grillés et distribués par AVISO (produits DUACS)
Résolution temporelle 7 jours, résolution spatiale 1/3°
- **La température de surface de la mer (SST):** Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Microwave Imager (TMI)
Résolution temporelle 3 jours, résolution spatiale 1/4°, précision 0.15°C
- **Les vents satellites mesurés par QuikScat**
- **Les observations au marégraphe et à la station météorologique de São Tomé**
- **Données des campagnes EGEE**
- **Mouillages PIRATA à 0°N / 23°W, 10°W, 0°E ; 6°S/10°W ; 10°S/10°W:** SST et Hauteur Dynamique
Moyennes journalières

2. Observations à São Tomé

Localisation géographique :



2.1 Marégraphie

Le marégraphie de São Tomé est situé à 6.5°E /0°N dans le Golfe de Guinée.

Principe de la mesure :

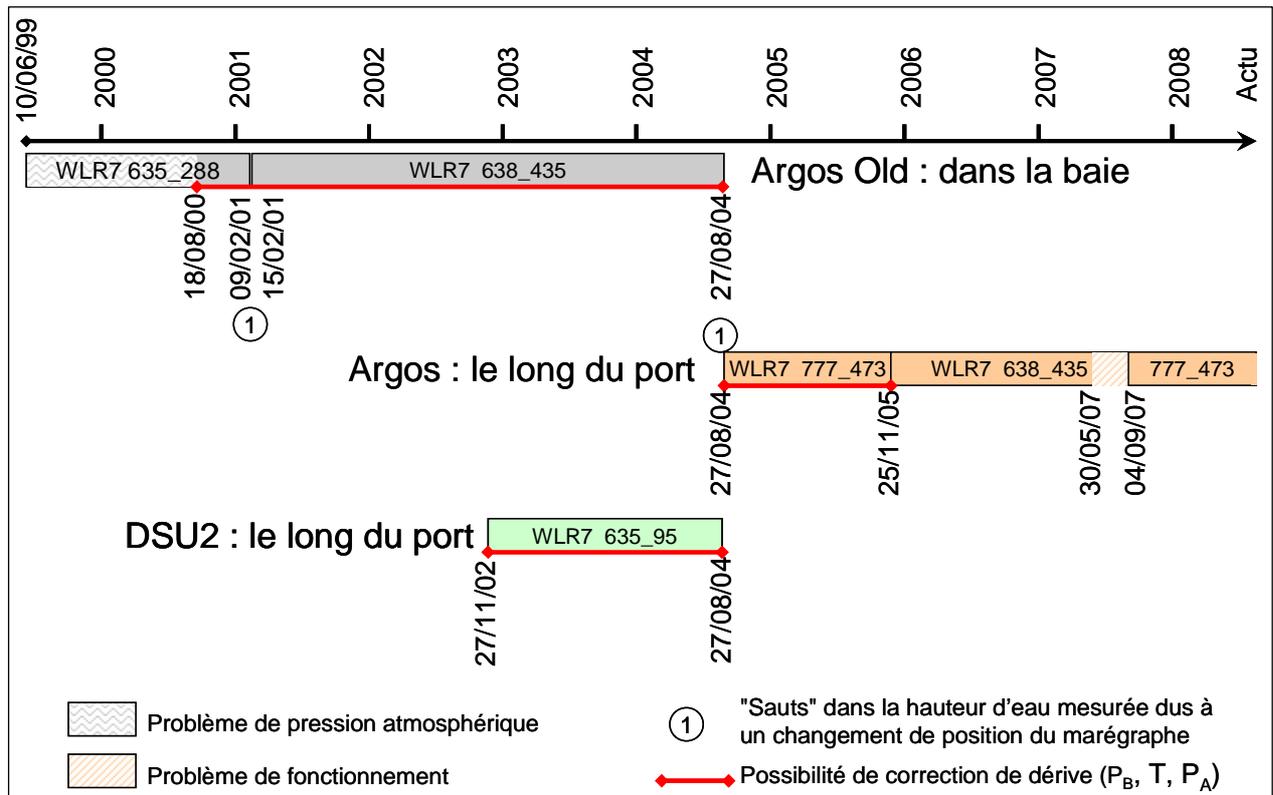
L'appareil de mesure du niveau marin de São Tomé est un capteur de pression, il mesure :

- la salinité, S
- la température de l'eau, T
- la pression de fond, P_B

La densité est calculée à partir de la salinité et de la température de l'eau. Un second capteur, couplé au premier, mesure la pression atmosphérique, P_A . La formule pour retrouver le niveau marin est :

$$h = \frac{P_B - P_A}{\rho \cdot g}$$

Période couverte par les marégraphes :

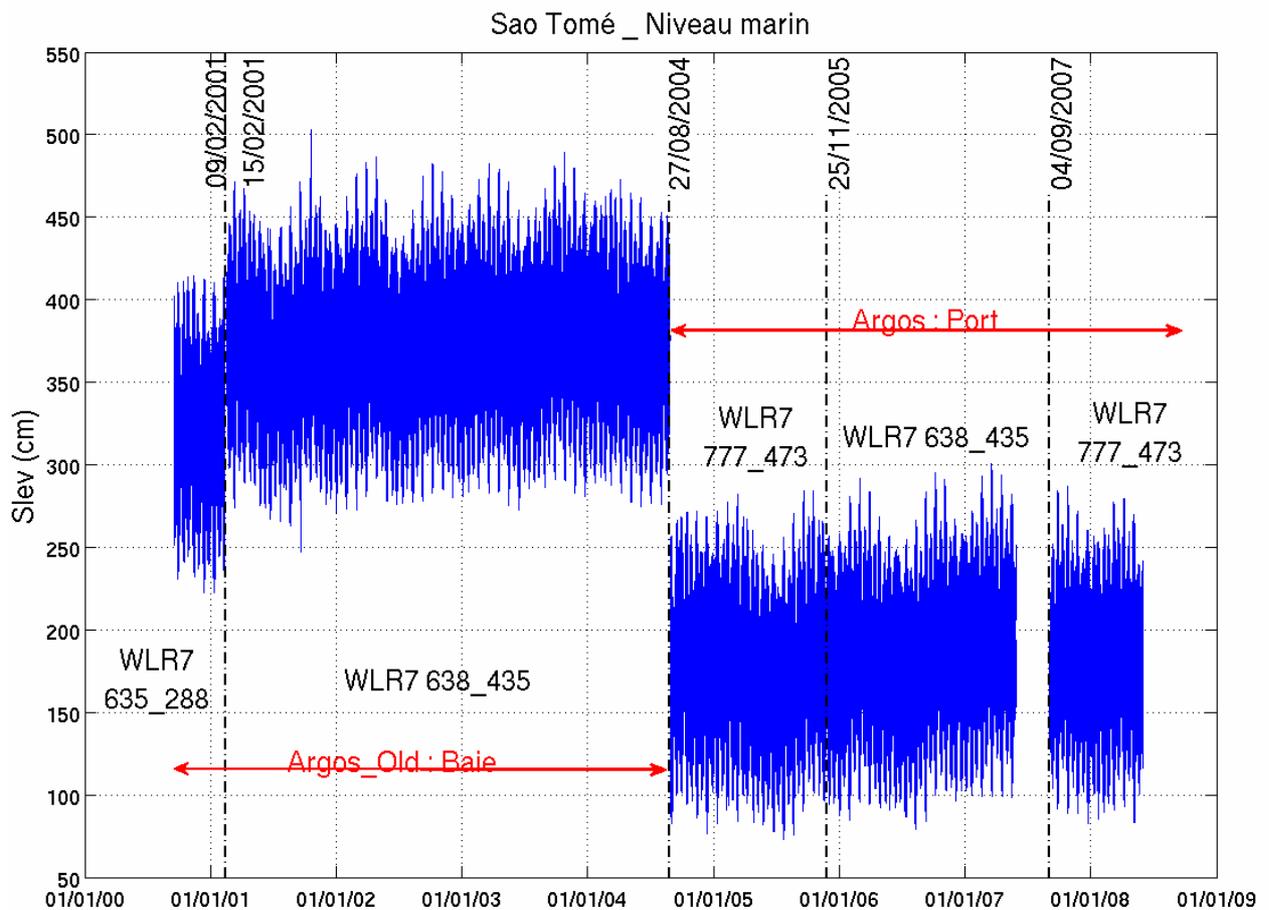


Correction appliquée sur les mesures du marégraphe :

Deux types de corrections ont été appliquées. La première concerne la dérive instrumentale associée aux marégraphes et la seconde a permis de réaligner les différentes séries par rapport à leur niveau moyen respectif.

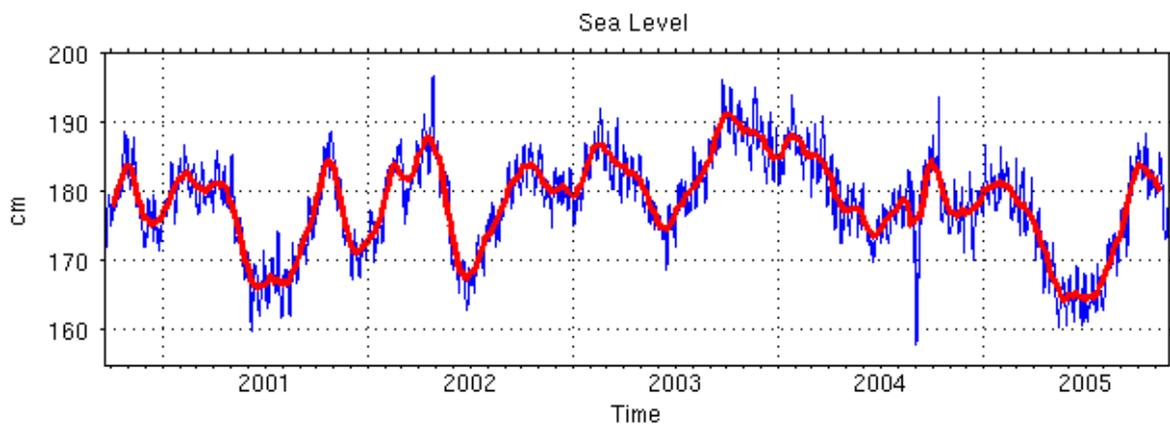
Par la suite, afin d'obtenir un échantillonnage horaire, une interpolation spline a été utilisée pour les données manquantes sur des périodes inférieures à 10h et une prédiction (délivrée par P. Téchiné et L. Testut) a été appliquée pour les coupures plus longues dans la série temporelle.

Série complète avant correction (extrait du rapport de Nelly Rousseau) :



Les changements de position ainsi que les remplacements de marégraphes sont remarquables sur la figure.

Après correction:



La courbe rouge représente les mesures filtrées des effets de la marée à l'aide d'un filtre de Démerliac.

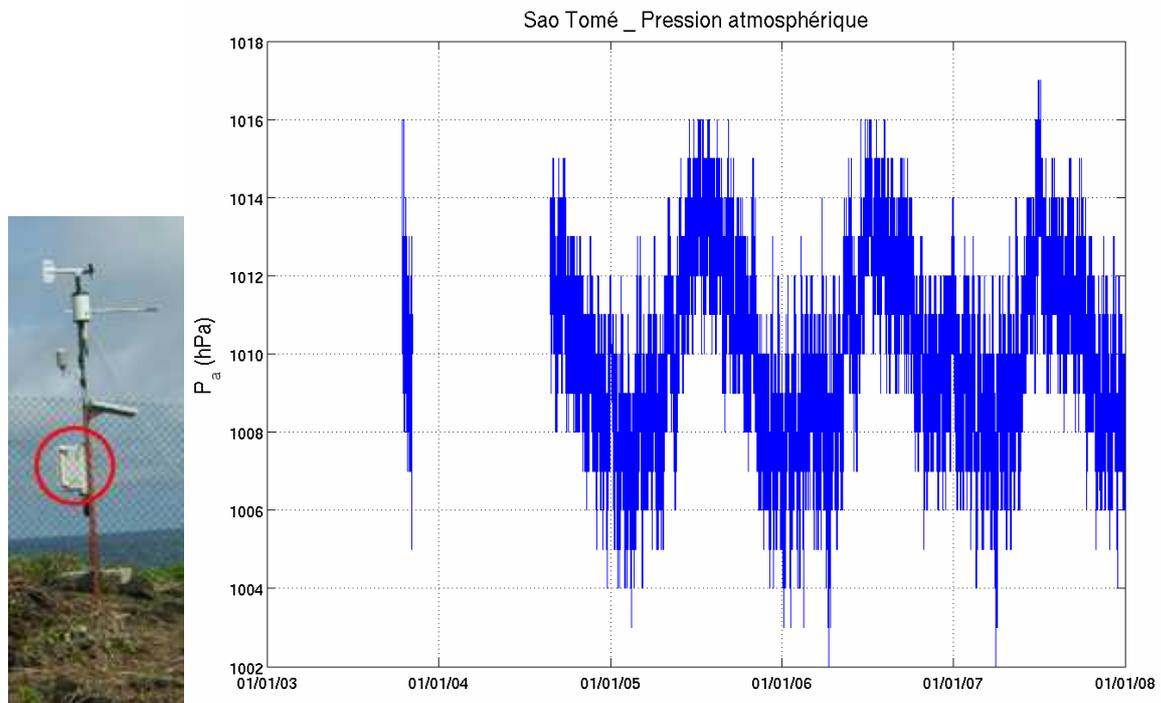
Au final, une série temporelle de fin 2001 à fin 2005 peut être analysée.

2.2 Station météorologique

Description des observations de la station météorologique de São Tomé.

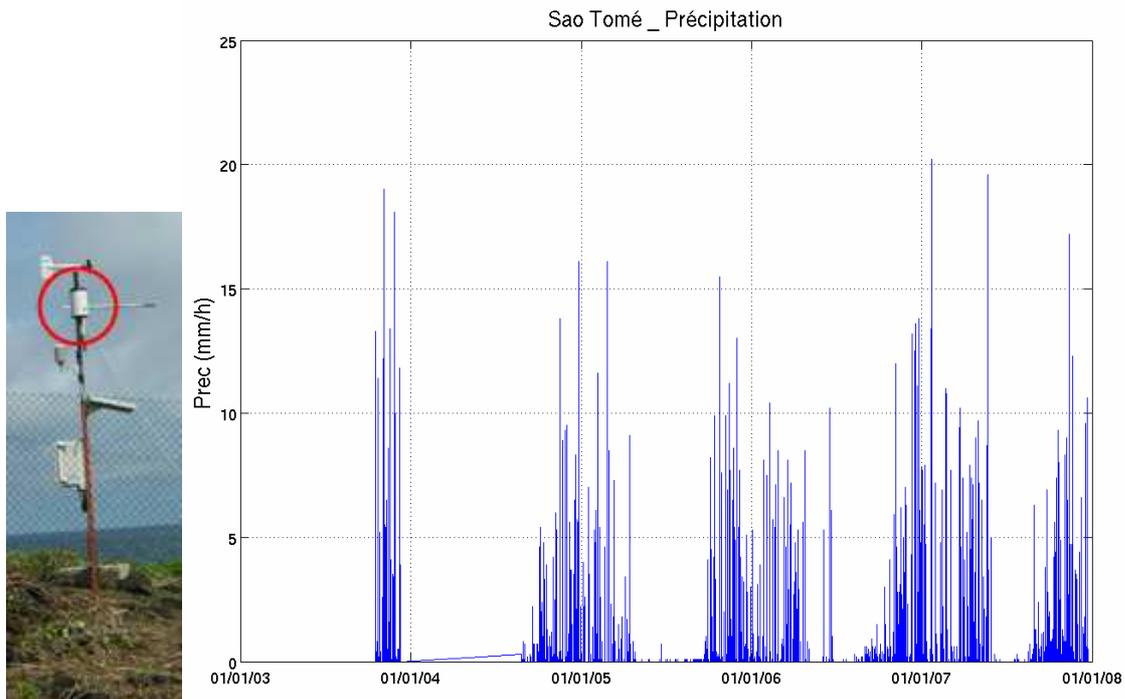


Pression atmosphérique :



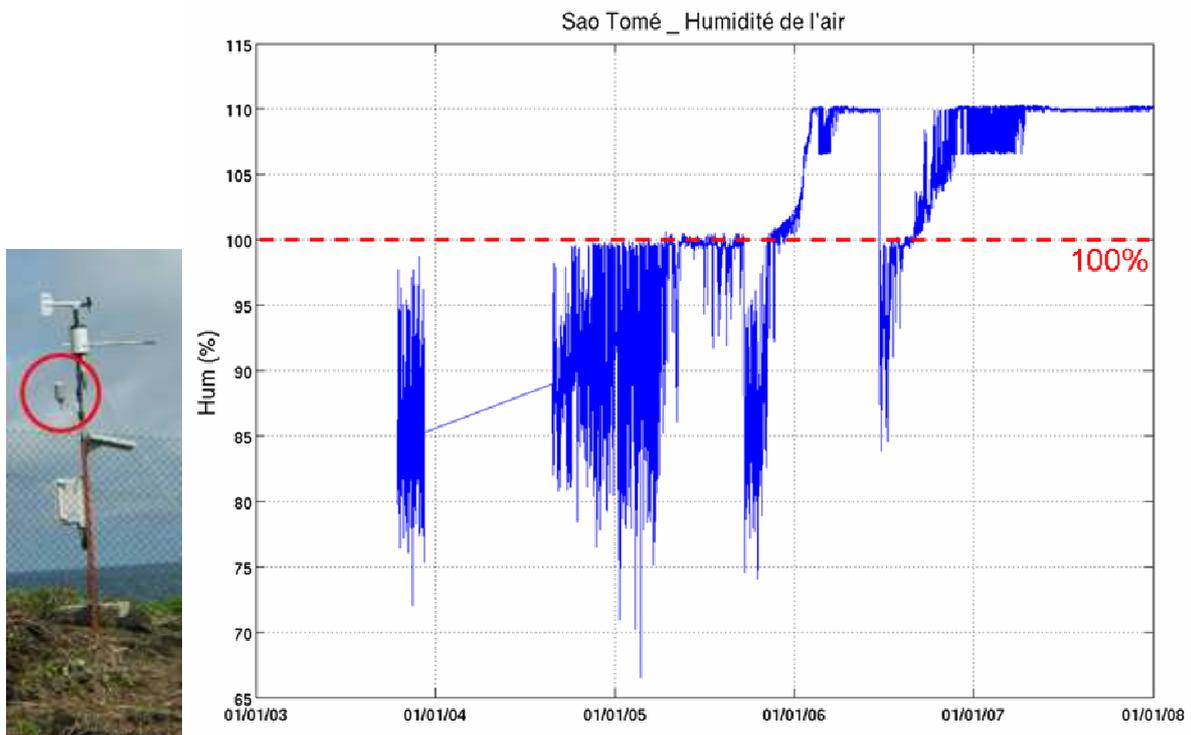
Les observations de pression atmosphériques semblent correctes avec cependant une précision faible (1hPa) liée directement à la mesure.

Précipitations :



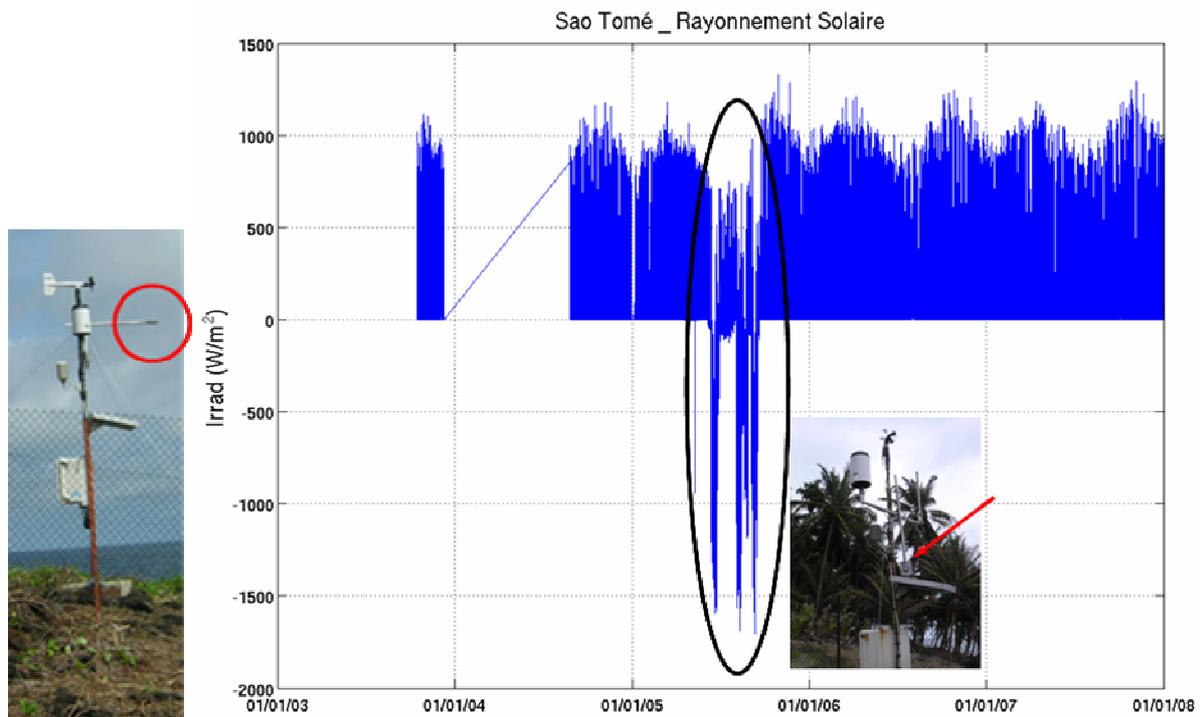
Une réserve est à considérer sur ces mesures de précipitation car certaines missions sur place ont fait état d'un pluviomètre obstrué à causes de pierres projetées suite à des travaux proches du site d'observation. Cependant, il semble y avoir une bonne cohérence de la série obtenue. Une validation possible pourrait être l'utilisation des données au niveau du mouillage PIRATA le plus proche à 0°/0°.

Humidité :



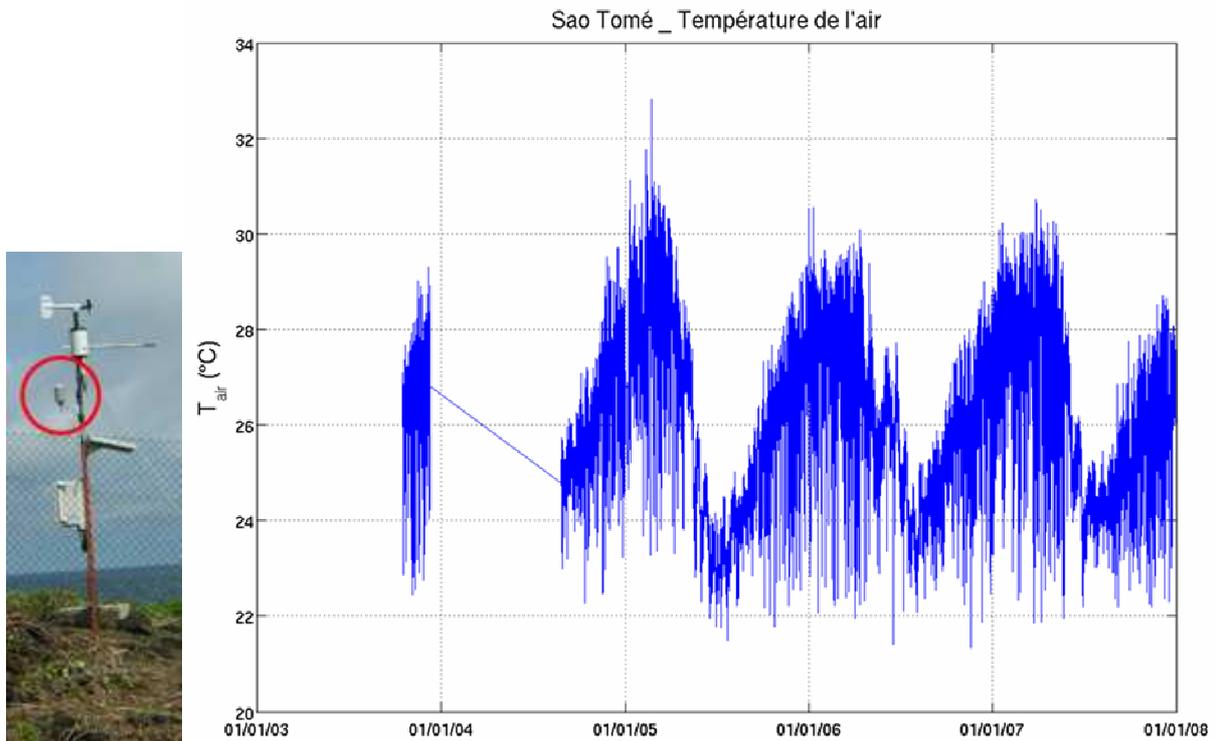
Le capteur d'humidité ne fonctionne pas correctement avec des valeurs mesurées supérieures à 100%. La cause de ces mesures défectueuses est probablement liés à des facteurs environnementaux (i.e. embruns).

Rayonnement solaire :



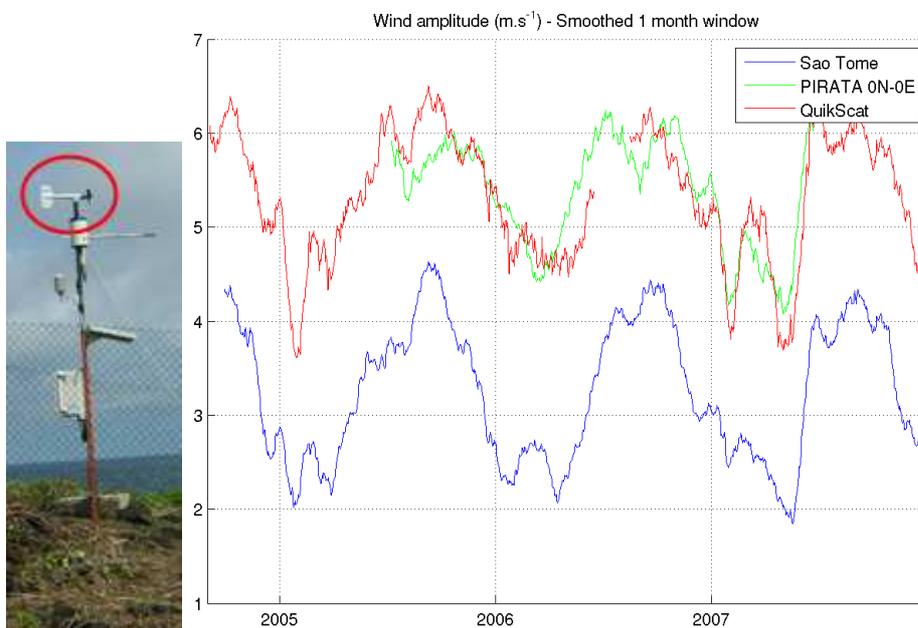
Les données de rayonnement solaire sont de bonne qualité sauf pour une période en 2005 où le mat du capteur a été endommagé entraînant des mesures du rayonnement solaire provenant du sol ...

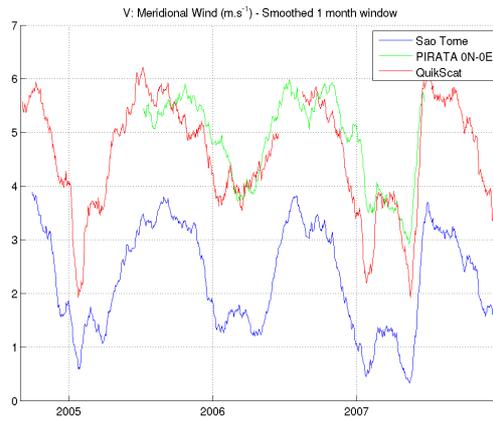
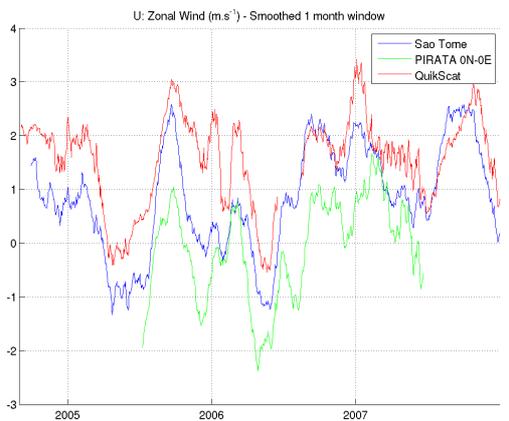
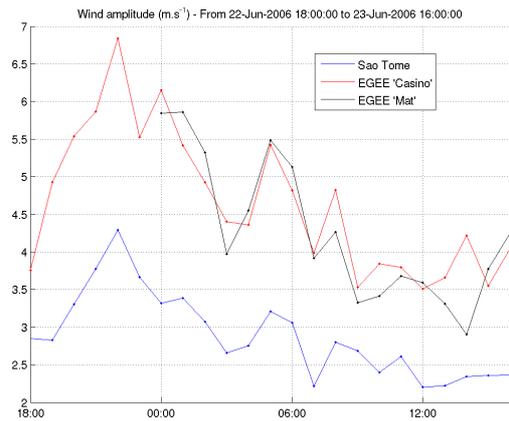
Température de l'air :



Ces observations sont tout à fait correctes et exploitables.

Vent :

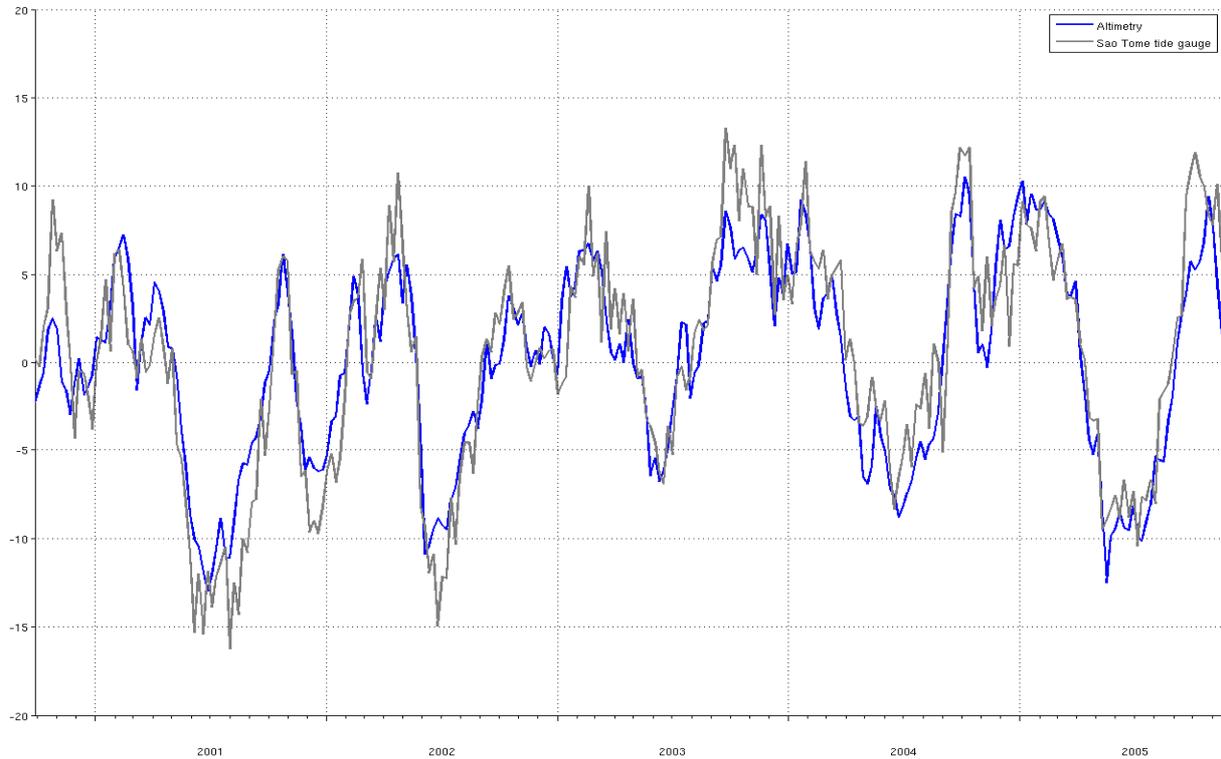




La mesure du vent pose un certain nombre de problèmes au niveau de cette station. La dernière intervention de maintenance réalisée en 2009 devrait permettre de déterminer la cause de ces différences d'amplitude entre les observations à São Tomé et les observations satellites, PIRATA ou durant la campagne EGEE.

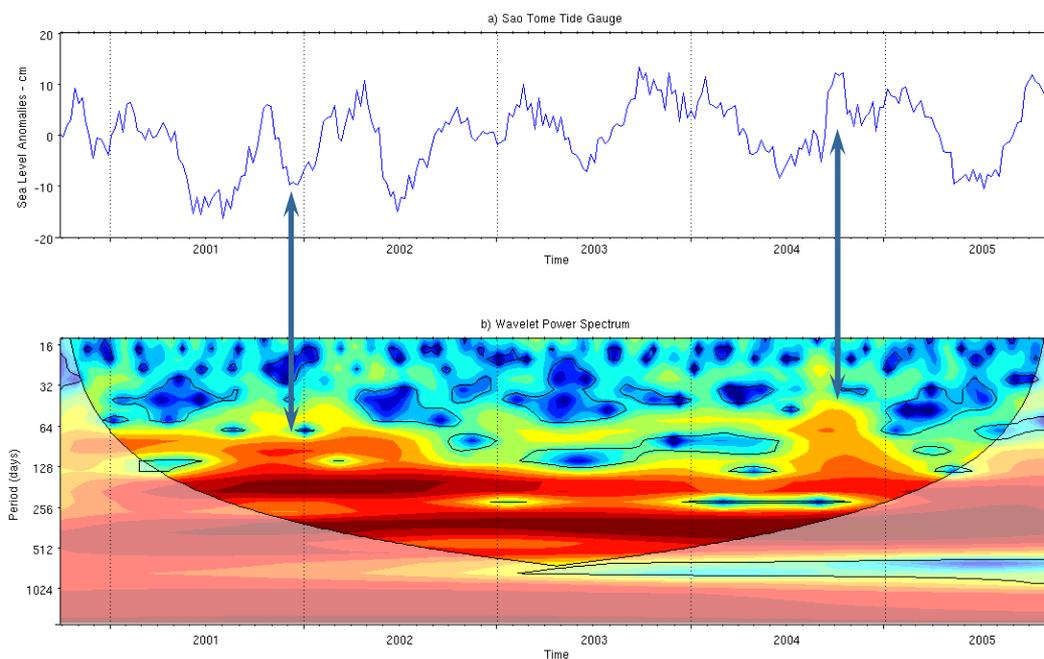
3. Comparaison marégraphe et altimétrie

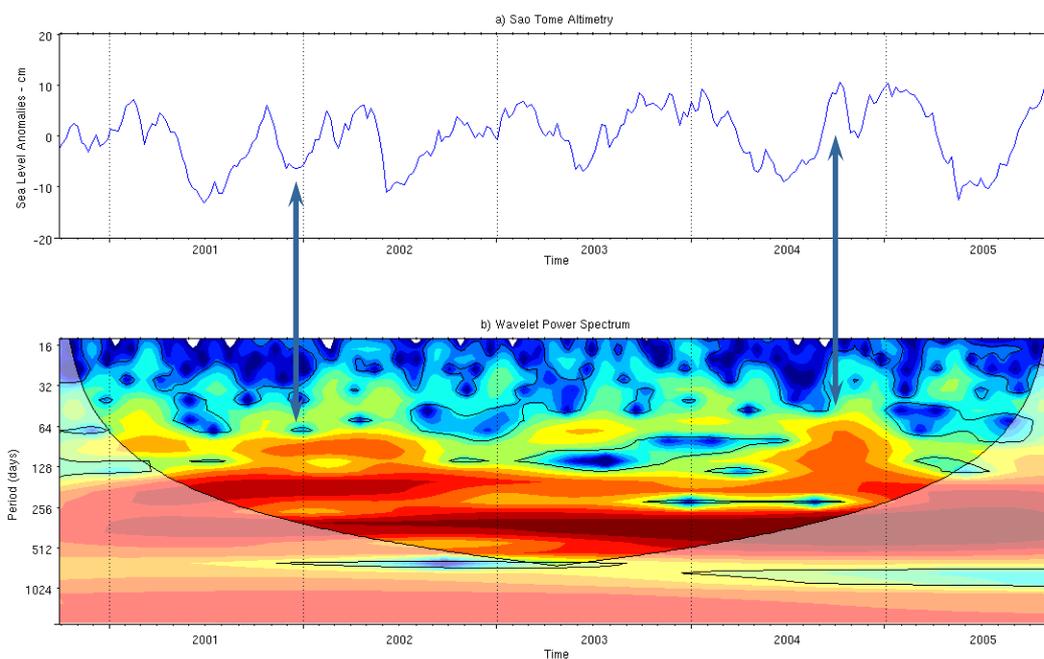
Corrélation : ~90%



4. Variabilité interannuelle

L'analyse en ondelettes sur la SLA mesurée par le marégraphe et l'altimétrie a montré deux événements en hiver 2001 et 2004.





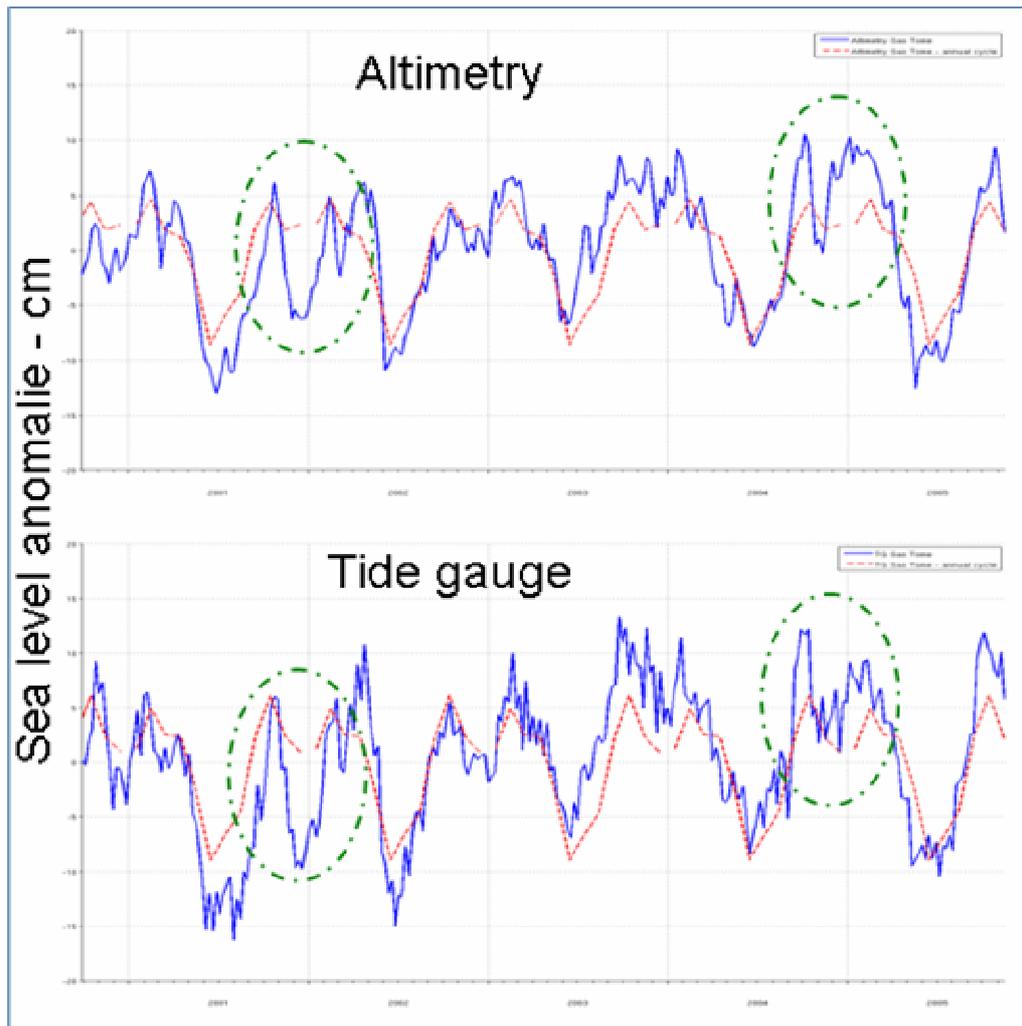
Ces évènements, lorsqu'on compare les observations à une année moyenne, apparaissent de la manière suivante :

2001: amplitude plus importante de l'anomalie négative en hiver

→ Correspond-elle à un évènement froid en SST ? ou à un upwelling hivernal plus important dans le Golfe de Guinée ? ou à un évènement à l'échelle du bassin ?

2004: amplitude plus importante de la SLA en hiver avec un fort contraste avec le minimum de Novembre-Décembre

→ cela traduit-il un hiver plus chaud en SST ?

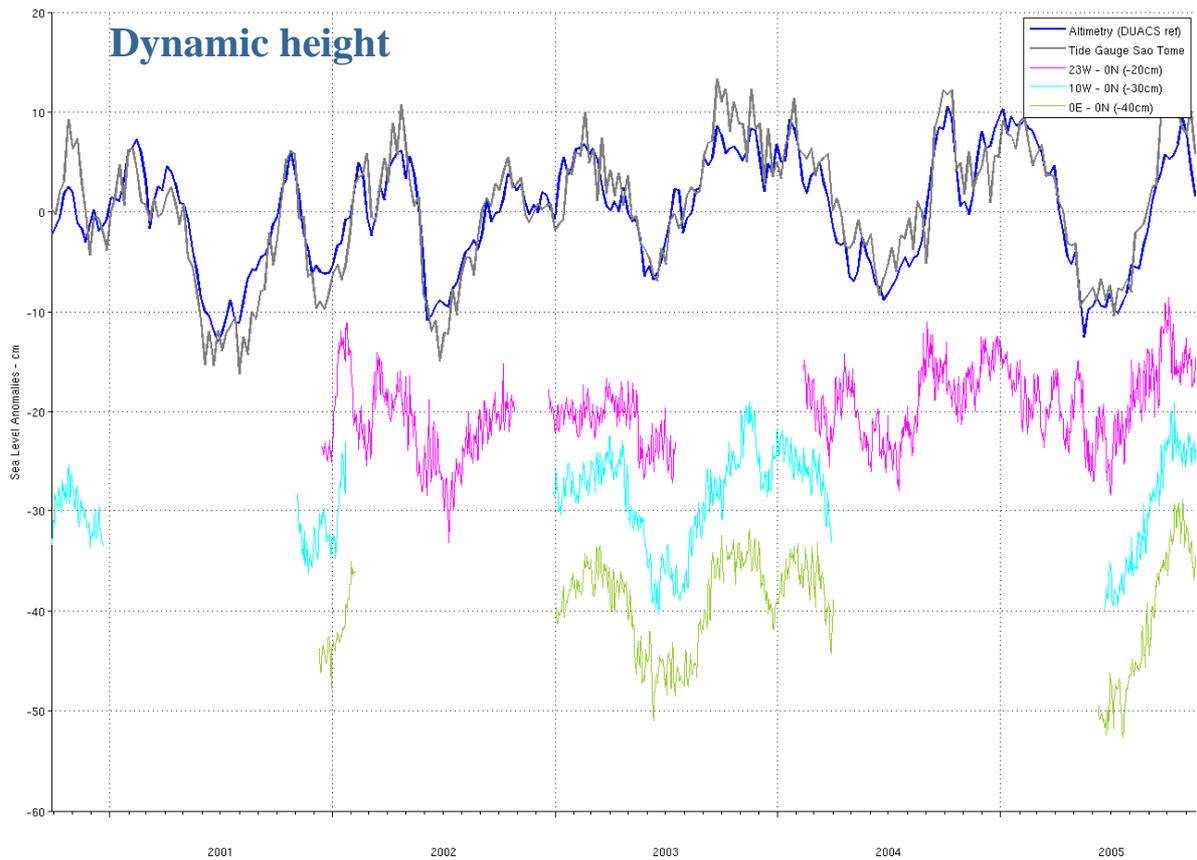


..... **Mean annual cycle**

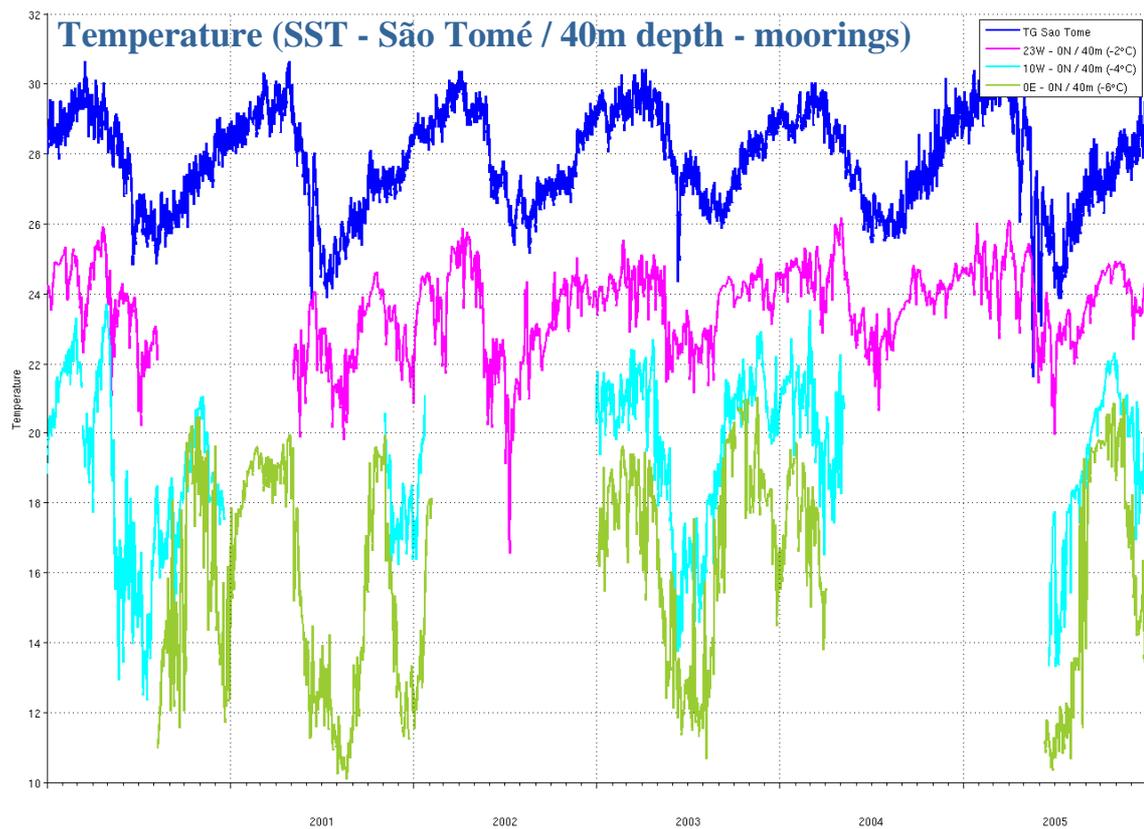
L'étude des mouillages à l'équateur à 23°W, 10°W et 0° ne fournit pas assez de données pour une comparaison exhaustive. Cependant :

- En Janvier 2002, augmentation abrupte de la hauteur dynamique observée aux trois mouillages et à São Tomé, semblant apparaître dès 23°W
- En Septembre 2004, anomalie positive observée dans un premier temps à 23°W

Ces propagations à partir de 23°W sont en accord avec la vitesse de propagation des ondes de Kelvin ($\sim 2\text{m.s}^{-1}$).

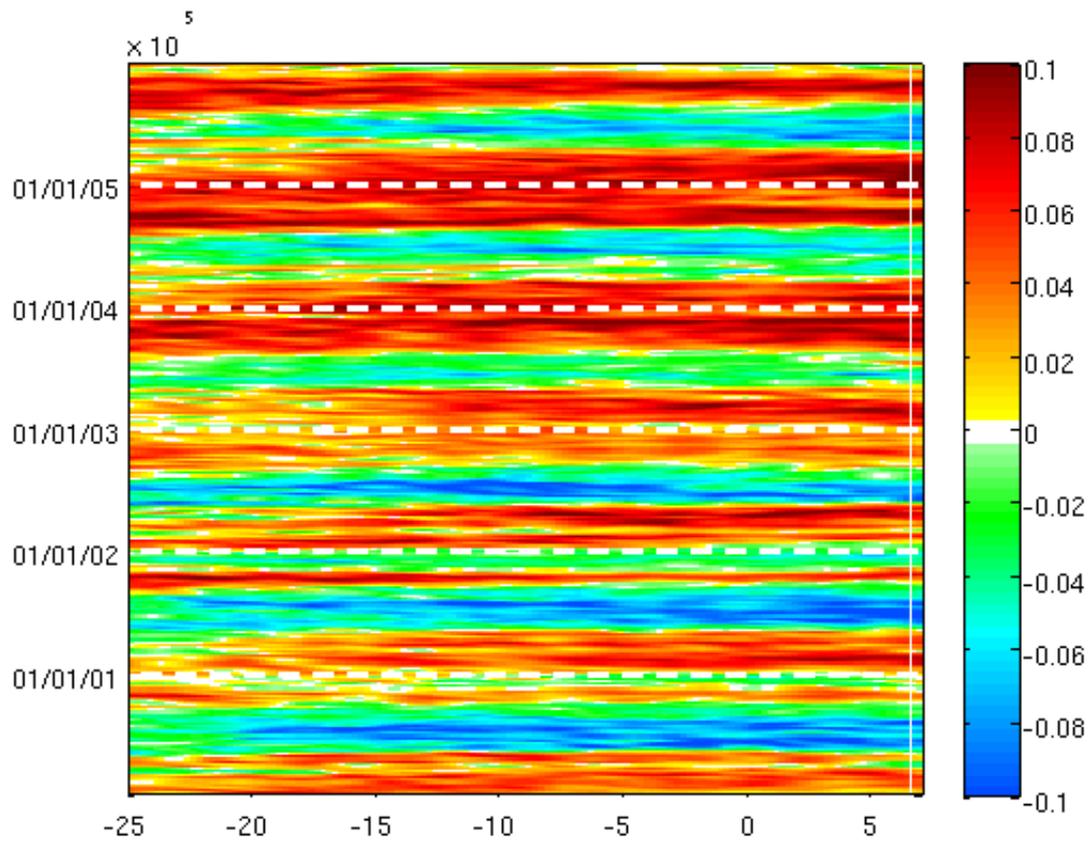


En température, en automne 2001, la SST arrête d'augmenter à São Tomé (en accord avec la décroissance en SLA). Ceci est corrélé avec une décroissance en température à 23°W, 10°W et 0° (plus intense à 0°E, 40m)



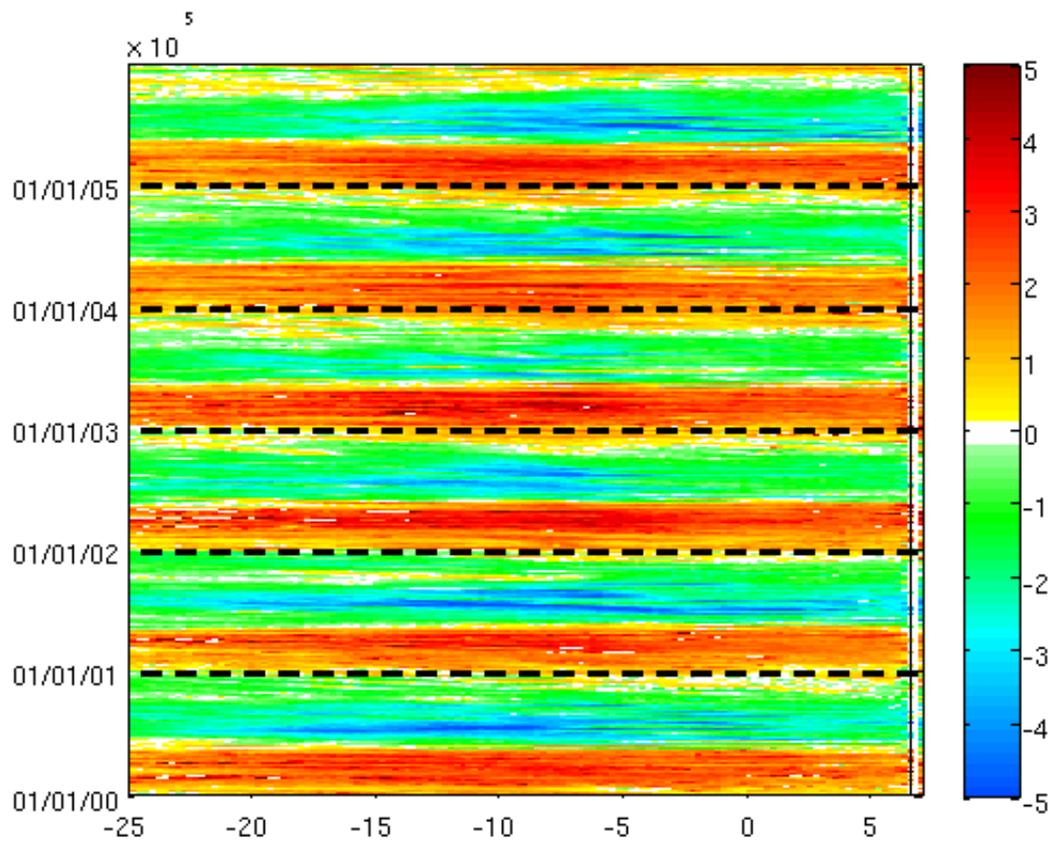
Lorsque nous regardons les images satellites de SLA à l'échelle de la partie Ouest du bassin, nous notons une anomalie négative de SLA se propageant vers l'Est fin 2001 ainsi qu'un signal plus faible en 2004 seulement dans la partie à l'Est de 0°.

SLA DUACS (m):



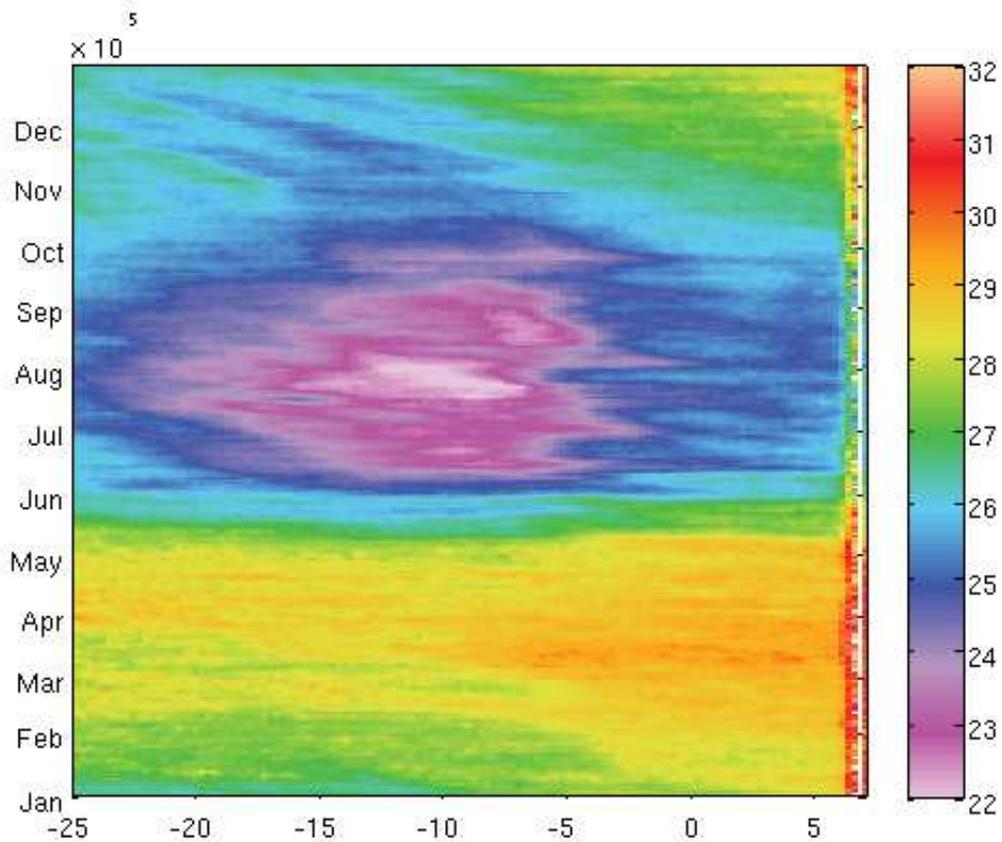
Sur le diagramme longitude/temps de SST, il apparaît clairement que fin 2001 est plus froid que les autres années représentées.

SST TMI (°C):



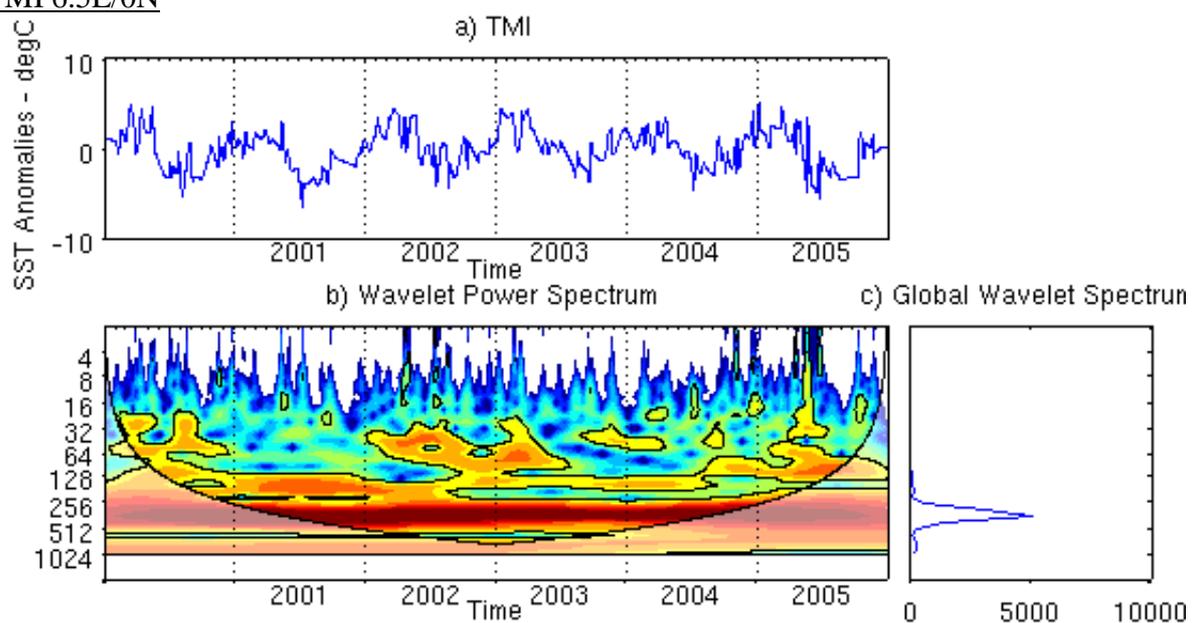
Lorsque nous considérons une année composite calculées à l'aide des observations TMI, le refroidissement saisonnier en hiver n'apparaît pas à l'Est mais seulement à l'Ouest de 5°W.

Année composite réalisée à l'aide des données SST de TMI :

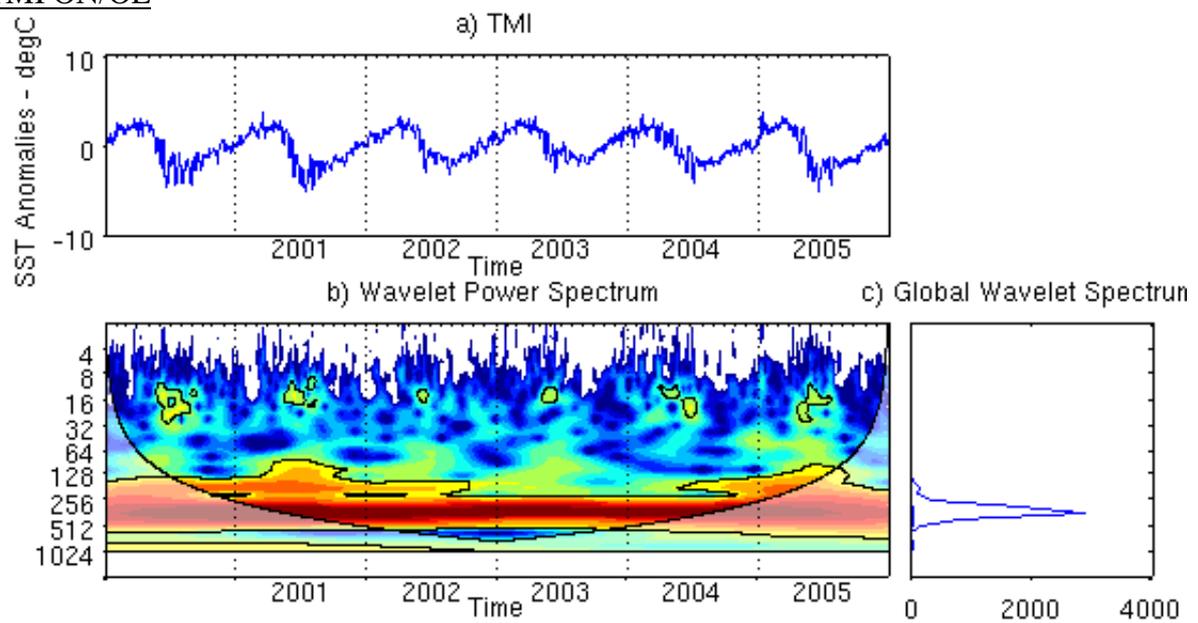


4.1 Analyse en ondelettes temporelle de la SST TMI aux points des mouillages PIRATA et de São Tomé.

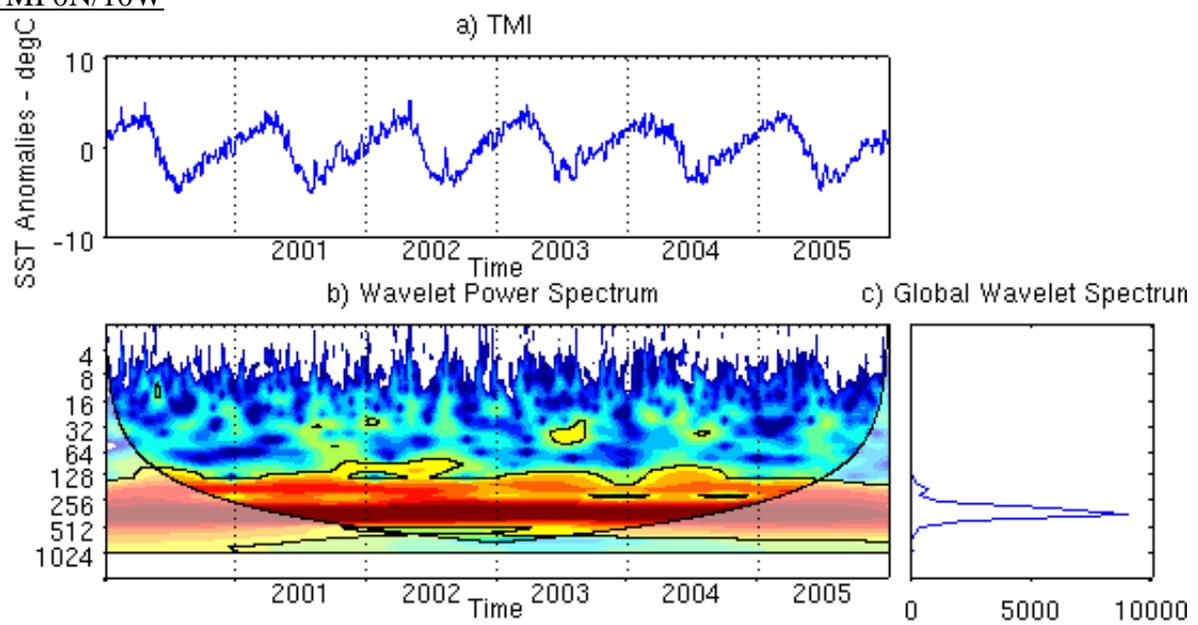
TMI 6.5E/0N



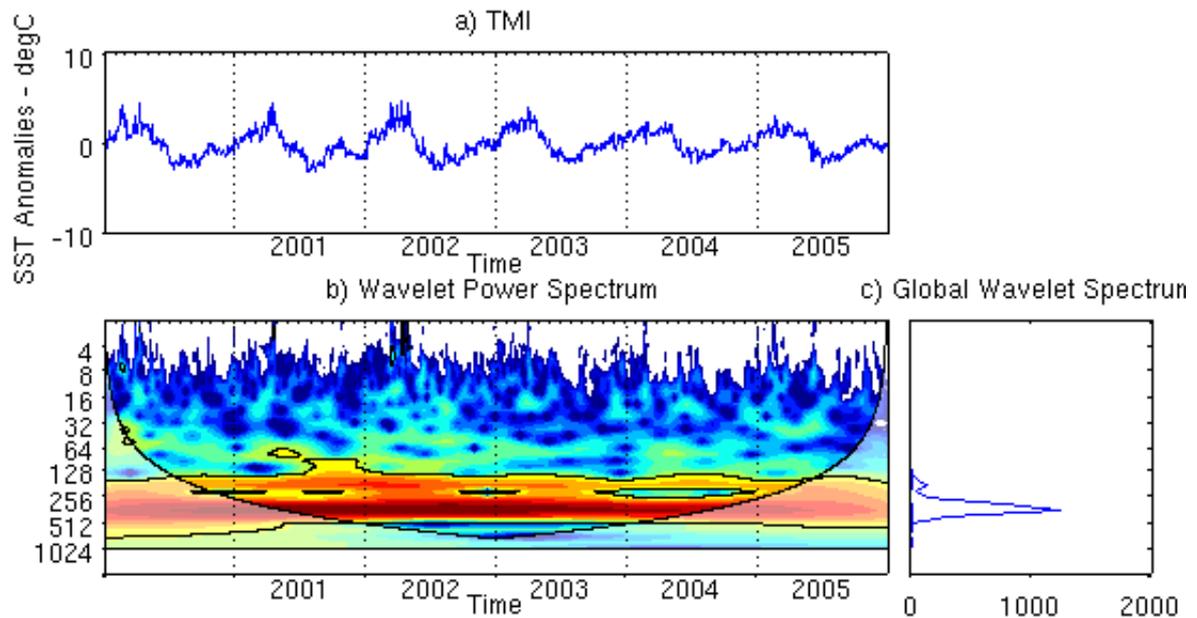
TMI ON/OE



TMI ON/10W



TMI ON/23W



Cette analyse est clairement et logiquement dominée par le cycle saisonnier. Une même analyse sur un signal avec un cycle saisonnier retiré permettra de mettre plus en évidence les signaux aux échelles temporelles plus courtes.

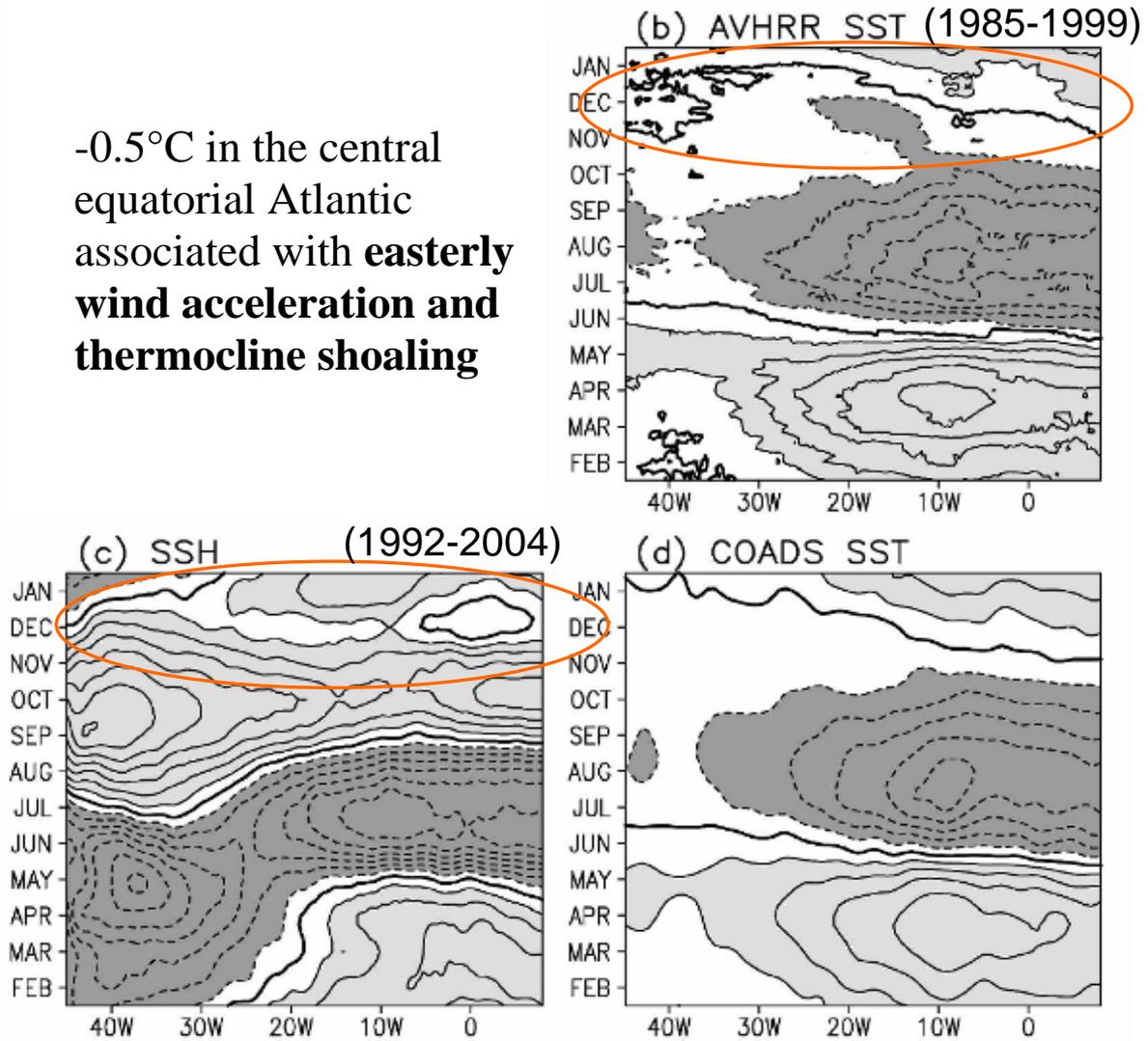
Sur ces diagrammes, nous ne pouvons pas établir de situation particulière fin 2001 au niveau de São Tomé. Par contre, il semble y avoir un signal inférieur à 128 jours à l'Ouest de São Tomé. Cependant il reste difficile à partir de l'analyse seule de ces diagrammes de déterminer l'existence d'une propagation d'un signal vers l'Est.

5. Comparaison à l'étude d'Okumura and Xie, 2006

L'étude d'Okumura and Xie (2006, J. Climate) est en accord avec les observations de São Tomé en 2001.

Okumura and Xie, 2006

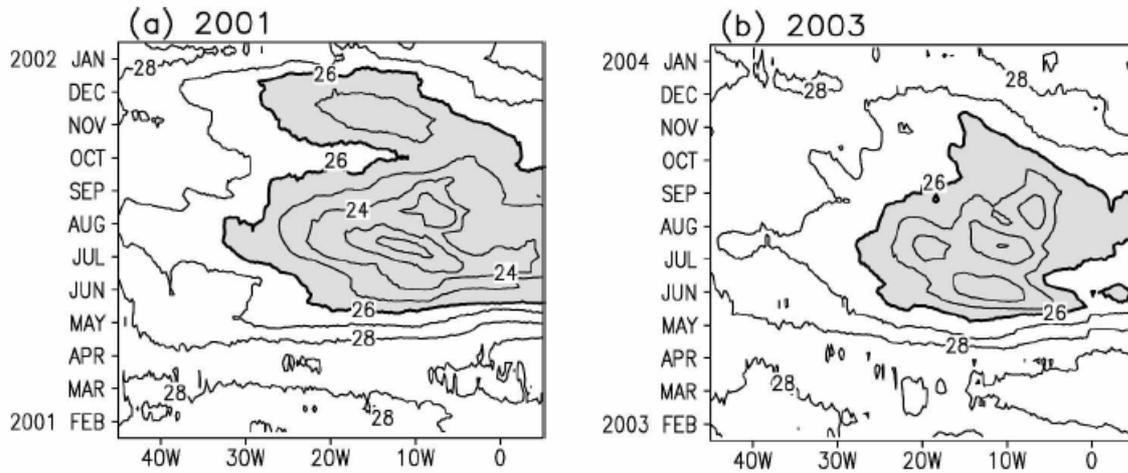
-0.5°C in the central equatorial Atlantic associated with **easterly wind acceleration and thermocline shoaling**



COADS:
 $dt = 6 \text{ days}$,
 $dx = 2^\circ \text{ lat/lon}$

AVHRR:
 $dt = 5 \text{ days}$,
 $dx = 9 \text{ km}$

Okumura and Xie (2006) ont identifiés 2001 comme un évènement froid :



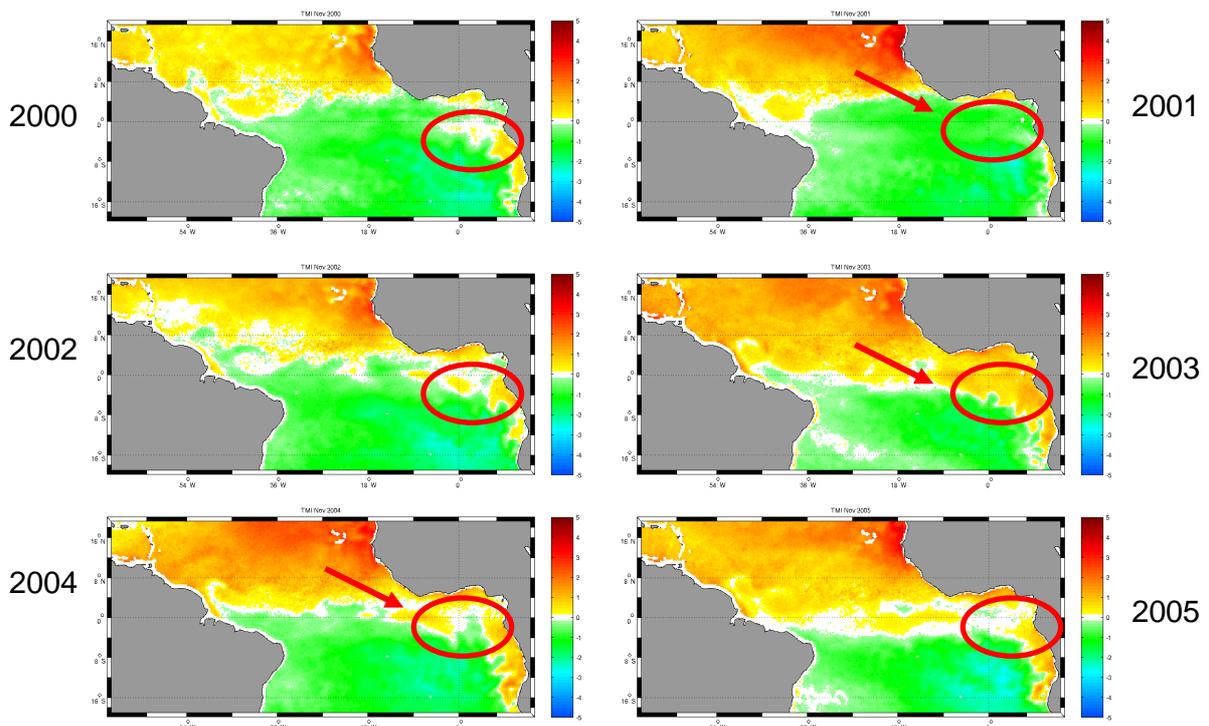
6. Distribution spatiale des anomalies observées

Afin d'avoir une vision un peu plus spatiale des évènements de 2001 et 2004, nous avons représenté la SST de la région pour le mois de Novembre de 2000 à 2005.

Il apparaît distinctement sur ces cartes une absence d'anomalie chaude dans le Golfe de Guinée telle qu'observée les autres années au mois de Novembre.

En 2004, nous pouvons noter une extension d'une anomalie froide vers le Nord dans l'Est du Golfe de Guinée.

Mean SST in November (TMI):



7. Conclusions

Les conclusions préliminaires de cette étude montrent l'existence d'une anomalie froide dans le Golfe de Guinée en hiver 2001 qui, observée plus particulièrement à São Tomé, semble correspondre à une situation générale à l'échelle de l'Atlantique Tropical Est. D'après Okumura and Xie (2006), cette anomalie pourrait trouver sa source au centre du bassin suite à une intensification des vents. Cette hypothèse reste à confirmer par une étude plus approfondie des champs de vent à cette période.

A l'inverse, en hiver 2004, l'anomalie observée à São Tomé, semble plutôt traduire une anomalie froide locale. L'origine de cette intrusion vers le Nord d'eaux plus froide en cette saison reste à établir.

Ce document de travail très succinct et peu détaillé présente les grandes lignes de l'étude qui a été engagée sur la base des observations provenant de l'île de São Tomé. J'ai conscience que le manque de détails de ce document pourra être gênant pour la suite de l'étude et je me tiens donc à votre disposition pour toutes précisions complémentaires.

8. Perspectives – analyses possibles

Points proposés ayant déjà été discutés :

- Analyser les cartes de vent mensuelles en 2001 (QuikScat, ECMWF, ERA INTERIM)
- Analyser les vents PIRATA (+ flux solaire) de 2000 à 2005
- Etendre comparaison avec le Température et la hauteur dynamique à 35W (mouillage PIRATA)
- Compléter l'analyse en ondelettes TMI aux points mouillages avec l'analyse en SSH (et éventuellement vent)

Par extension :

- possibilité d'extension de l'analyse aux champs modélisés (voir avec Fred) pour faire des bilans dans les couches de surfaces afin d'identifier les processus particuliers en 2001.
- Comparaison possible avec les produits de l'altimétrie côtière (XTrack) pour affiner les comparaisons marégraphe / altimétrie.

9. Remerciements

Même si ce rapport reste succinct, je profite quand même de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui ont participé à ce travail et qui m'ont aidé et soutenu, parfois largement au-delà de cette étude ...

Donc un immense merci à ...

... Yves du Penhoat, Bernard Bourlès, Frédéric Marin, Rémy Chuchla ...

... et aussi à Nelly Rousseau, Laurent Testut, Philippe Téchiné, Laurent Roblou, Fabrice Roubaud et Dominique Dagorne pour leurs contributions.