

## **2.2 Processus océaniques & interactions océan-atmosphère**

*Coordinateurs : Bernard Boulès (LEGOS), Guy Caniaux (CNRM)*

*Laboratoires: LEGOS, CNRM, LODYC, CETP, LBCM, LPO+DOPS (IFREMER).*

### **Objectifs :**

La circulation océanique et sa variabilité dans la région orientale de l'océan Atlantique Tropical et du GG, et leurs relations avec le climat des régions environnantes restent encore paradoxalement très peu connues. Il est déjà établi que l'intensité de la mousson, l'intensité des précipitations et leur répartition spatiale sur l'Afrique de l'Ouest, dépendent des gradients méridiens d'énergie entre l'océan Atlantique (et plus particulièrement le GG) et les régions continentales (Afrique de l'Ouest). Ces gradients de couche limite sont conditionnés par les conditions rencontrées en surface, tant continentale (albédo, végétation, état hydrique du sol) qu'océanique (température de surface de la mer). Les motivations ultimes du programme de ce "Work-Package" (WP) sont donc d'aboutir à une meilleure compréhension et caractérisation des processus intervenant dans les couches limites océanique et atmosphérique dans le bassin Atlantique Tropical Est et plus particulièrement le Golfe de Guinée -GG-, et donc à une amélioration des simulations de ces couches limites qui régissent les échanges air-mer et donc le flux de mousson dans cette région spécifique. Ceci implique que l'on devrait, à terme, pouvoir fournir à la communauté les meilleurs flux et les composants validés de ces flux à l'interface air-mer.

Il s'agit donc au sein de ce WP d'étudier d'une part la circulation océanique, sa variabilité dans les couches supérieures et la variabilité associée des interactions à l'interface océan-atmosphère dans l'Atlantique Tropical Est et le GG, et d'autre part les échanges à l'interface océan-atmosphère, et ce via l'exploitation conjointe de mesures *in situ* et satellitales et de résultats de modèles numériques. Une des questions prioritaires réside donc dans la compréhension des mécanismes océaniques qui régissent l'évolution de la température de surface de la mer (SST), de la salinité de surface (SSS), de la profondeur de la couche de mélange (MLD) ainsi que leur variabilité, principalement aux échelles saisonnières à interannuelles. Ce WP s'intéresse aussi à la circulation océanique de sub-surface dans le GG, car elle conditionne en grande partie l'évolution des couches supérieures à cause de la particularité de la dynamique équatoriale et est donc indissociable de l'étude des processus de surface.

Une des motivations de ce WP est également de combiner les informations hydrologiques et courantométriques avec les flux de surface obtenus dans le cadre du programme EGEE (Etude de la circulation océanique et de sa variabilité dans le Golfe de Guinée), PIRATA et d'autres programmes nationaux financés afin de déterminer les transports liés aux cellules de circulation subtropicales (STCs), et d'identifier leur variations intra saisonnière et inter annuelles, et relier ces variations à celles de la SST (ou du contenu thermique au sein de la couche de mélange). Les STCs sont des cellules de circulation peu profondes (confinées dans les 500 premiers mètres), qui connectent les zones de subduction subtropicales aux régions équatoriales et d'upwellings équatoriaux et proches équatoriaux, via les systèmes complexes de courants et sous-courants équatoriaux. Des études associant les observations et les résultats de modèles numériques de circulation océanique devraient permettre d'identifier les processus fondamentaux qui conditionnent les anomalies de SST qui influencent la variabilité de la Mousson Ouest-Africaine (WAM) aux échelles intra saisonnières à décennales. La compréhension et la simulation des échanges d'énergie à l'interface dépendent largement des paramétrisations, au même titre que celles de la convection ou des schémas de sol pour des modèles atmosphériques, qui sont particulièrement complexes et essentielles pour les études climatiques.

Ce WP sera mené en étroite relation avec les programmes PIRATA, CORIOLIS (composante française de ARGO) et MERCATOR (composante française de GODAE), et aussi avec le programme IDYLE de l'IRD.

### **Stratégie :**

La région orientale de l'océan Atlantique Tropical est le siège d'une variabilité saisonnière et interannuelle très marquée. Un des principaux volets de ce WP est donc l'étude spécifique de la variabilité saisonnière à interannuelle de la circulation océanique et ses impacts sur les échanges à l'interface air-mer. Pour ce faire, ce WP comprend plusieurs, mais indissociables, types de travaux. Ils reposent essentiellement sur l'analyse de mesures in situ, de produits satellitaires et de résultats de simulations numériques ainsi que sur l'utilisation conjointe de modèles numériques de circulation générale et régionaux développés dans le cadre du programme pour des études de processus concernant notamment la surface océanique.

- les mesures in situ (qui seront acquises en grande partie dans le cadre du programme ; voir les chapitres dédiés « Outils et méthodes », et plus spécifiquement dans les chapitres 4.2.2 - SOP- et 4.2.3 -EOP et LPO-) seront essentiellement obtenues aux cours de campagnes dédiées pendant les trois années de la EOP d'AMMA, à raison de deux campagnes par an, afin d'appréhender la variabilité saisonnière (et plus particulièrement les conditions de surface en début et en fin de phase de la mousson), et ce pendant ces trois années, afin d'appréhender la variabilité interannuelle. Ces campagnes sont décrites en détail dans le WP4.2.3. Les sections seront systématiquement répétées et une attention particulière sera portée sur la section 10°W, soit la limite ouest du Golfe de Guinée, déjà parcourue à de nombreuses reprises lors de campagnes passées (EQUALANT, PIRATA). Pendant la SOP1, des mesures de flux turbulents seront obtenues pendant la campagne dédiée directement à bord du navire, ce qui permettra d'obtenir des mesures fines simultanées des couches limites océaniques et atmosphériques pendant la phase de déclenchement de la mousson. Pendant cette campagne la radiale située au sud de la radiale « Catch » au Bénin (voir WP.4.2.2) sera également parcourue en avion instrumenté afin de disposer simultanément de mesures atmosphériques permettant de décrire de façon optimale la couche limite pendant, si possible, la phase de déclenchement et de saut en latitude de la mousson. Afin de disposer de mesures caractérisant la couche de surface océanique et permettant de décrire au mieux sa variabilité spatio-temporelle, toutes les mesures disponibles sur zone en dehors de ces campagnes seront utilisées et encouragées.
- les produits de paramètres océaniques (SST, SSS, MLD, contenu thermique, courant...) ou atmosphériques (vent, flux radiatifs...) issus de mesures in situ ou satellitaires seront utilisés (certains devant être validés sur la zone d'étude) afin de permettre une étude de leur variabilité et de leurs interactions sur l'ensemble du bassin avec une résolution spatio-temporelle optimale. Les mesures in situ obtenues pendant le programme (dans une région peu échantillonnée et où la couverture nuageuse empêche l'obtention de paramètres par certains capteurs déployés sur des satellites) permettront d'alimenter les climatologies existantes et une validation de produits. Notamment, les vents et les flux (et les algorithmes utilisés pour les estimer) feront l'objet d'études dédiées spécifiques (voir ci-dessous).
- l'utilisation de modèles numériques de grande échelle (à l'échelle du bassin Atlantique Tropical) permettra d'étudier certains processus (upwelling équatorial, STCs, langue d'eau froide, terminaison vers l'est des sous courants équatoriaux...) qui, en raison de la dynamique équatoriale, requièrent une vision globale de la circulation océanique et des forçages. Ces modèles permettront également de servir de conditions aux limites pour des modèles de plus fines échelles adaptés à la région du GG et des régions côtières, sièges de remontées locales d'eaux froides (upwellings). Ces derniers modèles permettront une étude plus fine des processus régissant la couche limite océanique, les zones de front thermique et d'upwelling, etc. et de valider et de corriger localement les flux et les forçages. Une bonne estimation des flux permettra alors d'envisager des études sur les rétroactions entre les couches limites océanique et atmosphérique (voir ci-dessous), et donc les influences de ces

couches limites sur les échanges océan-atmosphère, et plus particulièrement sur la quantité d'humidité qui, entraînée par les vents, va alimenter la mousson.

### **Description du travail :**

Dans ce chapitre, nous introduisons le cadre général des différentes thématiques détaillées dans le chapitre suivant. Nous nous attacherons donc à la description et à la compréhension de la circulation océanique et aux processus intervenant sur les couches supérieures et la couche de mélange à partir de l'interprétation détaillée des mesures d'hydrologie, de courantométrie et de traceurs (nutritifs) effectuées lors de différentes campagnes océanographiques, de campagnes d'opportunité et de transits validés de navires de recherche ou marchands, en symbiose étroite avec les mesures satellitales (JASON, SEAWIFS, TRMM/TMI, MSG puis SMOS), qui permettront de resituer les campagnes océanographiques "ponctuelles" dans un contexte plus général de variabilité spatio-temporelle. Ces analyses devront permettre de mieux comprendre les processus océaniques responsables de la variabilité de la couche de mélange et de la SST, et particulièrement les mécanismes responsables des upwellings. Ces études seront réalisées en étroite collaboration avec l'ORE-PIRATA, l'ORE-SSS, et le programme national CORIOLIS. Les mesures in situ disponibles et acquises pendant toute la durée du programme seront également utilisées pour valider au mieux l'ensemble des mesures satellitales et des produits disponibles de différents paramètres océaniques et de flux, et aussi de précipitations.

Afin d'être en mesure de pouvoir établir un bilan d'eau douce le plus précis possible dans le Golfe de Guinée, qui permettrait d'estimer la quantité de valeur d'eau disponible pour l'alimentation de la mousson africaine à partir du Golfe de Guinée, l'apport des eaux douces en provenance des fleuves continentaux doit être connu (de même que les précipitations sur la mer ; ce dernier point particulier est mentionné plus en détail dans les WP4.2.2 et 4.2.3 lors de la description des campagnes en mer). Un effort particulier sera donc porté afin de récupérer toutes les valeurs des décharges fluviales disponibles, et au moins celles des fleuves les plus importants qui sont le Congo, le Niger et la rivière Ogooue. Ce travail particulier sera fait en étroite collaboration avec ABN, AGRHYMET et le programme FRIEND-AOC (UNESCO).

Ce programme s'appuie largement sur les résultats de modèles numériques. Les modèles actuellement disponibles, notamment CLIPPER et MERCATOR, seront analysés, et validés à l'aide de mesures in situ, afin de déterminer les paramètres et les processus responsables des disparités entre résultats numériques et observations et d'améliorer en conséquence les simulations. Une version régionale du modèle ROMS (Regional Oceanic Modeling System) sera réalisée. Afin de tenir compte de la variabilité à l'échelle du bassin pour les simulations régionales, les versions régionales des modèles seront imbriquées dans des modèles « grande échelle », pour pouvoir obtenir des bilans les plus équilibrés possibles et donc de pouvoir représenter les échanges océan-atmosphères plus réalistes. L'utilisation des sorties des modèles CLIPPER et ROMS nous permettra d'étudier la variabilité de la couche limite océanique à différentes échelles. Ces modèles doivent être en mesure de fournir le contexte de "grande échelle" et la restitution des principaux courants présents dans le bassin, ainsi que la dynamique de la couche mélangée. L'application de modèles biogéochimiques (en partie dans le cadre d'un programme associé soumis à PROOF) forcés pour reconstituer les cycles des sels nutritifs et du carbone, sensibles aux conditions hydrodynamiques et à la variabilité de la SST, apportera également une qualification pour les modèles dynamiques.

Un modèle de couche de mélange océanique, couplé à des modèles numériques de grande échelle, sera mis en oeuvre. Ce modèle, déjà testé dans le cadre de la campagne POMME, sera adapté à la zone équatoriale. Il permettra de tirer profit des flux de surface validés et fournira, grâce à une résolution accrue, à l'assimilation des données *in situ* obtenues pendant les campagnes océanographiques et grâce à de nombreux tests de sensibilité, une estimation des processus pilotant l'évolution des paramètres de surface. Il permettra également de couvrir les fines échelles de la circulation de surface dans le Golfe de Guinée.

Le rôle des hétérogénéités de surface sera également abordé : l'existence d'hétérogénéités de surface (fronts thermiques associés aux upwellings côtiers, à l'upwelling équatorial et à la langue d'eau froide) est en effet susceptible de modifier les transferts de chaleur/humidité/mouvement et de modifier la circulation dans les basses couches atmosphériques, donc d'affecter la convection dans le flux de mousson. Ces cas seront modélisés grâce au couplage du modèle MESO-NH et du modèle de couche limite océanique précédent. Un groupe de travail est d'ores-et-déjà identifié au CNRM pour la réalisation de ce couplage.

### **Liens avec les autres WPs**

#### **Apports des autres WPs**

1.1	Mousson Afrique de l'Ouest & le climat global	Réponse dynamique de grande échelle spatiale, en terme de vents, de la position de l'ITCZ et des précipitations, aux anomalies de SST. Résultats d'études numériques sur l'impact de l'environnement atmosphérique sur la variabilité des conditions océaniques de surface (SST).
1.2	Bilans d'eau et les problèmes d'échelles	Champs de précipitation et données de décharges fluviales dans sur l'Atlantique tropical et le GG.
1.3	Rétroactions surface-atmosphère	Flux de chaleur et d'humidité à l'interface océan-atmosphère.
4.1.1	Modèles	Sorties de modèles numériques océaniques forcés et de modèles couplés, pour étudier les processus dynamiques.
4.2.2	SOP (Océan et Atmosphère en Atlantique Tropical)	Paramètres météorologiques de surface (Tair, vent, flux, humidité, radiation incidente...), données et produits de SST, SSS, anomalies de hauteur dynamique, profondeur de la couche de mélange, courants, profils verticaux de paramètres hydrologiques et de courant.
4.2.3	EOP & LOP (Océan et Atmosphère en Atlantique Tropical)	Données et produits de SST, SSS, anomalies de hauteur dynamique, profondeur de la couche de mélange, courants, profils verticaux de paramètres hydrologiques et de courant, paramètres météorologiques de surface (Tair, vent, flux, humidité, radiation incidente...).
4.3	Téledétection satellitaire	Climatologies saisonnières et à haute résolution spatio-temporelle de champs de SST, flux air-mer, vents, précipitation, SSS (quand disponibles...), et anomalies de hauteur dynamique et courants de surface déduits de mesures altimétriques, sur l'Atlantique tropical et le GG.
4.4	Base de données et données historiques	Données de précipitation sur l'Atlantique et climatologies diverses.

#### **Apports pour les autres WPs**

1.1	Mousson Afrique de l'Ouest & le climat global	Analyses de processus océaniques impliqués dans la variabilité de la SST et des flux à l'interface. Production de champs de SST pour le forçage. Utilisation de champs atmosphériques issus d'AGCM pour le forçage de modèles océaniques.
1.2	Bilans d'eau et les problèmes d'échelles	Estimation du bilan d'eau douce dans le GG. Structure et évolution de la SST, MLD, contenu thermique et flux air-mer associés dans le GG. Production de données de flux à l'interface océan-atmosphère.
1.3	Rétroactions surface-atmosphère	SST, MLD et flux à l'interface océan-atmosphère.
2.1	Convection et dynamique atmosphérique	Production de données de flux à l'interface océan-atmosphère. et de SST, pour le forçage de la mousson africaine aux échelles intra-saisonnières.
4.1.1	Modèles	Validation des modèles à l'aide de données in situ.

4.3	Télédétection satellitaire	Produits de données in situ dans l'Atlantique Tropical est et le GG. Analyses de Calibration/Validation de mesures et de produits satellitaires.
4.4	Base de données et données historiques	Produits de données in situ de SST, SSS, courants de surface, profils verticaux de paramètres hydrologiques, de traceurs et de courants, et paramètres atmosphériques de surface (Tair, vent, flux, humidité, radiation incidente...) dans l'Atlantique Tropical est et le GG.

### **Données requises (observations & résultats numériques)**

Voir tableaux ci-dessus. Ce WP fournit des données et utilise des données et résultats de certains des autres WP, et est directement associé aux LOP, EOP et SOP mentionnés dans le chapitre « Outils et Méthodes » (voir 4.2.2 et 4.2.3).

## **2.2.1 Plan à 5ans**

Les travaux de recherche s'orienteront principalement selon les trois thèmes suivants :

### **2.2.1.a Echanges à l'interface océan-atmosphère :**

*Coordinateur : Guy Caniaux (CNRM)*

Les flux échangés entre l'océan et l'atmosphère constituent la fonction de forçage des modèles de circulation océanique et de leur estimation dépend la pertinence des études de processus. Or les flux issus des modèles atmosphériques opérationnels ne sont guère utilisables, car fortement entachés de biais ou d'erreurs. C'est la raison pour laquelle leur recalcul à partir de sources multiples (produits satellitaires, analyses météorologiques validées ou encore méthodes de restitution semi-empiriques) est préférable. La précision requise sur le bilan net de chaleur sur le bassin du GG devrait être inférieure à  $10W/m^2$ , cette valeur représentant environ 50% de l'erreur admissible.

#### **-1. Restitutions de champs de flux sur l'ensemble du GG:**

Afin de restituer des champs de flux de surface sur l'ensemble du Golfe de Guinée et pour toute la période de la SOP, on propose d'utiliser trois méthodes:

a) Recalcul du bilan net de chaleur/sel/mouvement à partir de produits satellitaires validés sur la zone (les flux radiatifs d'origine satellitaire sont actuellement restitués avec une bonne précision) et de sorties de modèles également validés à partir des données *in situ* collectées par le mât instrumenté, par la station météorologique de São Tomé et par les bouées ancrées du réseau PIRATA. Les champs de température de surface de la mer d'origine satellitaire, dont l'importance est cruciale pour le calcul du flux infra-rouge net et des flux turbulents, seront également évalués ; de cette évaluation dépendra la nécessité de produire des ré-analyses incluant les données *in situ* (données de thermosalinographes, de bouées, données VOS). L'algorithme bulk nécessaire au calcul des flux turbulents, développé sur la partie occidentale et centrale du bassin Equatorial, devra être validé sur le Golfe de Guinée.

b) Il va être proposé une version "tout satellite" pour le calcul des flux turbulents ; ces estimations reposent sur un modèle d'évolution des paramètres atmosphériques de basse couche (température, humidité) et d'un algorithme neuronal pour le calcul des flux.

c) Des méthodes de restitution des flux turbulents à partir de champs satellitaires selon des méthodes semi-empiriques vont être proposées. Les données primaires seront des produits opérationnels dérivés des radiomètres SSM/I, AVHRR et AMSR, des diffusiomètres de ERS-2, QuickSCAT et ADEOS-2, et des altimètres de ERS-2, TOPEX/Poséidon, Jason et Envisat.

Ces différentes méthodes feront l'objet d'inter-comparaisons et de comparaisons avec les bilans de chaleur/sel/mouvement obtenus à partir des modèles atmosphériques (CEPMMT, NCAR, ARPEGE), et des climatologies. Une attention spécifique sera également apportée aux différents processus susceptibles de modifier l'intensité des flux de surface : températures de peau,

correction de Webb, courants de surface, effets des précipitations sur les flux de surface. Si nécessaire, ces améliorations seront utilisées pour le calcul des champs de flux à l'échelle de tout le bassin. Enfin la validation des champs de flux restitués sera effectuée grâce à des simulations numériques forcées (cf. modèle numérique de couche mélangée ci-dessous) et validées avec les données de la campagne.

-2. Analyses de la couche limite océanique à partir des résultats de modèles OGCM:

L'utilisation des modèles CLIPPER et MERCATOR nous permettra d'étudier la variabilité de la couche limite océanique à différentes échelles (ex: cycle saisonnier, rôle des upwellings etc.). Ces modèles doivent être en mesure de fournir le contexte de "grande échelle" et la restitution des principaux courants présents dans le bassin, ainsi que la dynamique de la couche mélangée. La question du réalisme des simulations notamment en ce qui concerne les caractéristiques de la couche de mélange et des circulations de surface et de subsurface sera abordée. Un travail sera entrepris sur ces aspects de validation, pour permettre, à l'échéance de la campagne SOP1 de 2006, de disposer de produits améliorés.

-3. Expériences à partir de modélisation à «fine résolution»:

La modélisation à fine résolution de la couche mélangée est envisagée grâce à l'utilisation d'un modèle "pseudo-3D" élaboré dans le cadre de la campagne POMME (voir <http://www.ifremer.fr/lpo/pomme/index.htm>); elle tirera profit des produits précédents, à savoir l'utilisation de flux de surface calculés ci-dessus et de la circulation de grande échelle fournie par les modèles globaux. Ce type de modèle permettra également d'apporter ou de proposer des corrections pour pouvoir ajuster l'évolution du contenu thermique aux flux, ce qui est nécessaire pour valider le bilan net de chaleur sur une zone donnée.

-4. Analyse du rôle des hétérogénéités de surface:

Les thèmes abordés précédemment permettront vraisemblablement de mettre en évidence un certain nombre de situations où la présence d'hétérogénéités de surface sont susceptibles de modifier la circulation dans les basses couches atmosphériques et de modifier par conséquent les transferts de chaleur, d'humidité et de mouvement, et donc d'affecter notablement le développement de cyclogénèses dans le flux de mousson. Ces cas seront modélisés en couplant le modèle MESO-NH avec une version du modèle de couche mélangée précédent. Des bilans de transports de chaleur/humidité pourront être déduits de ces simulations qui permettront de prendre en compte l'évolution du contenu thermique de la couche mélangée océanique dans l'évaluation de l'export de ces mêmes quantités par le flux de mousson.

### **2.2.1.b Hydrologie de la couche superficielle dans le GG :**

*Coordinateur : Bernard Bourlès (LEGOS)*

Les paramètres qui conditionnent les flux à l'interface et la quantité de vapeur d'eau disponible pour la mousson dans le Golfe de Guinée sont essentiellement la température et la salinité de surface de la mer, la couche de mélange et le contenu thermique. Le peu de mesures in situ disponibles dans cette région particulière justifie en soi que des efforts spécifiques soient portés en priorité sur ces paramètres et sur leur variabilité.

-1. Etude comparatives sur la SST des climatologies (Reynolds notamment) et les mesures satellitales (MSG, TMI) à partir des observations *in situ* non considérées dans les climatologies. Cette étude est nécessaire notamment afin d'évaluer la représentativité des flux estimés en partie à partir de champs de SST et préalable à leur validation.

-2. Etude portant sur la salinité en Atlantique Equatorial et dans le GG. Origine des eaux douces observées dans le Golfe de Guinée afin d'estimer un bilan de l'eau douce (Précipitations, apports fluviaux et évaporation). Ce point nécessite 1) la quantification des principales décharges fluviales dans le Golfe de Guinée et leur exploitation, ce qui devra être réalisée en étroite relation avec le W.P.1.2 (voir aussi W.P.4.2.3) 2) la validation des rares produits actuellement disponibles de précipitation en mer, qui sera réalisée à l'aide de mesures spécifiques lors des campagnes

prévues dédiées au programme (voir W.P.4.2.2 et 4.2.3). A terme, une estimation du bilan d'eau douce dans la couche de mélange sur l'ensemble du GG devrait pouvoir être évaluée à l'aide de différentes approches (modèle numérique et bilan en boîtes). Cette estimation nécessite au préalable l'obtention de modélisations réalistes, permettant notamment de savoir comment corriger les bons contenus en sel disponibles par ailleurs, et donc des travaux préalables de validation de flux, de sorties de modèles, et de restitution de la couche de mélange, travaux prévus et détaillés ci-dessus (2.2.1.a).

L'impact des eaux douces sur les structures hydrologiques (profondeur de la couche de mélange, effet de barrière de sel) et courantométriques doit être évalué. Cet impact a clairement été mis en évidence dans l'ouest du bassin, où la thermocline et la couche de mélange sont relativement profondes, mais peu étudié dans la partie est de l'Atlantique équatorial. Cette étude a déjà été largement entamée en 2003 (au cours d'un stage DEA) à partir des données de campagnes Cither et Equalant mais reste à finaliser.

-3. Réalisation et validation d'une climatologie mensuelle de salinité de surface (SSS), en collaboration avec l'ORE « Service d'observation de la Salinité de Surface de la mer » (ch.4.2.3). Ce travail a été déjà en grande partie réalisé. La climatologie mensuelle réalisée en 2003 (Reverdin et Kestenare, 2004) doit être finalisée, et une nouvelle climatologie réalisée à l'IRD (Dessier+ORE SSS ; Cf. : [http://www.brest.ird.fr/sss/clim\\_atl.html](http://www.brest.ird.fr/sss/clim_atl.html)) en 2003 doit également être validée.

-4. Etude sur la profondeur de la couche de mélange, sa variabilité, et les processus responsables de cette variabilité. Une validation de la climatologie récemment réalisée au LODYC (Montégut et al., 2004) sera effectuée à partir des mesures in situ disponibles. Ces études reposeront notamment sur l'analyse des profils PROVOR obtenus grâce à CORIOLIS et suite à la réponse à l'appel d'offre d'AMMA-EGEE au GMMC pour 2004-2005.

-5. Analyse de résultats de modèles numériques : Les simulations des structures thermiques et halines dans les couches superficielles de différents modèles numériques (océaniques forcés et couplés océan-atmosphère) seront analysées et comparées, et plus particulièrement du modèle CLIPPER et de celui utilisé dans le cadre de MERCATOR : comparaison avec les observations *in situ* disponibles (bouées PIRATA, profils thermohalins des PROVOR, campagnes EQUALANT, navires marchands -profils XBT, thermosalinographes-, stations côtières, mesures satellitaires -notamment provenant de Seawifs et de Topex/Poseidon-), et études diagnostiques sur les résultats simulés. Une version régionale du modèle ROMS sera réalisée. L'utilisation conjointe des sorties des modèles CLIPPER et ROMS nous permettra d'étudier la variabilité de la couche limite océanique à différentes échelles.

### **2.2.1.c Circulation et processus océaniques dans le GG :**

*Coordinateur : Bernard Boulès (LEGOS)*

La détermination et le rôle respectif des processus océaniques de surface, mais aussi de subsurface voire des couches intermédiaires, qui contribuent à la variabilité observée dans les couches de surface restent à être analysés en détail :

- 1. Analyse des upwellings côtiers et équatorial. Des études sur les processus responsables de ces upwellings et sur la compréhension du rôle des upwellings dans le flux de mousson seront menées. Une des questions est notamment de savoir si leur rôle est effectivement inhibiteur à l'échelle locale dans la mesure où ils vont "stopper" la convection atmosphérique. Ainsi, quels sont les processus qui contribuent à ce refroidissement ?

-2. Analyse des processus de mélange et de conversion entre les masses d'eaux chaudes et froides présentes en Atlantique Equatorial et particulièrement en Atlantique Equatorial Est. Analyse de l'importance relative des upwellings plus profonds. Estimation du rôle respectif des processus d'upwelling côtiers et équatorial. Pour cela, il faut tenter de répondre aux questions : a) quels sont les facteurs (équatoriaux et extra-équatoriaux) qui contrôlent la profondeur moyenne de la thermocline à l'équateur ? b) Quelle est la part des phénomènes locaux d'upwellings côtiers le long

des côtes africaines et de la circulation océanique équatoriale générale dans la remontée d'eaux froides et riches en nutriments à l'est du bassin ? en particulier, quelle est la dynamique de terminaison des courants zonaux au bord Est ? c) Les courants zonaux équatoriaux sont-ils la cause, ou la conséquence, des mélanges verticaux de masses d'eau dans l'Atlantique équatorial ? Suivant quels mécanismes ? d) Dans quelle mesure ces courants, et la circulation de grande échelle qu'ils impliquent, jouent-ils un rôle dans la variabilité climatique décennale ou à des échelles de temps plus grandes ?

-3. Exploitation des mesures in situ courantométriques et hydrologiques effectuées lors des campagnes passées (WOCE, EQUALANT) et spécifiques au programme PIRATA et aux campagnes (et transits validés) effectuées dans la région, permettant d'avoir une estimation plus précise de la circulation et de sa variabilité, des échelles de temps allant de l'intrasaisonnier à l'interannuel, dans les couches supérieures océaniques. Cette étude permettra notamment d'évaluer le rôle respectif de l'advection dans les variations de la couche de surface.

-4. Etude spécifique sur les courants zonaux et leur variabilité le long de la section située à 10°W à partir des différents et relativement nombreux (section répétée systématiquement lors des campagnes, voir WP.4.2.2 et 4.2.3) jeux de mesures *in situ* obtenus le long de cette section lors des campagnes PIRATA, EQUALANT et CITHER 3. Cette étude devra permettre de mettre en évidence le transport moyen du sous-courant équatorial, l'aspect transitoire ou non de certaines structures et d'évaluer le lien entre la variabilité à 10°W (entrée dans le GG des eaux chaudes venant de l'ouest du bassin) et celle observée dans les couches supérieures du GG.

-5. Etude de la terminaison des courants zonaux dans le GG. Transports, dynamique et variabilité des courants équatoriaux et extra-équatoriaux aux niveaux subsuperficiel et intermédiaire et analyse des impacts de la circulation intermédiaire sur la circulation superficielle.

-6. Etude spécifique sur les Ondes Tropicales d'Instabilité. Ces ondes, qui se manifestent sous la forme d'ondulations de méso-échelle se propageant près de l'équateur vers l'ouest de l'été à l'automne boréal, semblent jouer un rôle important dans le transport de chaleur horizontal dans la bande équatoriale et ainsi, associées à l'upwelling, générer des anomalies locales importantes sur la couche limite atmosphérique. Cette étude constitue un projet financé dans le cadre de l'appel d'offre JASON.

-7. Etude de la région Nord-Est Equatorial Atlantique. Des analyses seront menées sur la région du système d'upwelling côtier des Canaries, plus particulièrement au large du Sénégal. Cette région est le siège d'un upwelling très intense associé à des structures de méso-échelles qui pourraient avoir un rôle important sur la couche de mélange, et est donc particulièrement intéressante pour les échanges air-mer notamment dans le cadre de la SOP-3 (voir 4.2.2). Une partie de cette étude s'effectuera dans le cadre du programme IDYLE (IRD) à l'aide du modèle ROMS adapté à la région, afin de comprendre les variations du système physique de l'upwelling sénégalais, variations à la fois intrinsèques et en réponse aux variations de climat sur des périodes allant du saisonnier à quelques décennies. Des études effectuées à partir de modèles numériques de grande échelle et d'observations climatologiques sont également prévues afin de décrire les champs 3D océaniques locaux, d'analyser les processus atmosphériques susceptibles de forcer l'upwelling ainsi que de décrire la génération des ondes de Kelvin côtières et de Rossby et leur propagation. Cette étude constitue également l'essentiel du programme ANETUS soumis à l'appel d'offre JASON de Lazar et al. (et donc financé par le CNES/NASA de 2004 à 2006). L'ensemble de ces travaux devrait être réalisé en étroite collaboration avec les partenaires des différents laboratoires de Dakar (Sénégal ; eg. LPA, Météo, CRODT...), avec qui une série de mesures in situ est envisagée afin de parfaire cette étude, notamment dans le cadre de la SOP (voir WP4.2.2 et 4.2.3).

-8. Des expériences de dispersion/diffusion seront réalisées à l'aide d'un modèle numérique (suivi lagrangien à partir des modèles ROMS et éventuellement CLIPPER) pour les études relatives au bilan de chaleur sur la zone. Ces tests numériques permettront une évaluation de la pertinence



d'une expérience de dispersion à partir de profileurs PROVOR et de bouées MARISONDE qui seraient déployés au sud du Bénin pendant la SOP.

#### 2.2.2 Plan de travail sur 2 ans (2004-2005) :

Les listes ci-dessous ne prennent pas en compte les travaux, et les problèmes associés, liés aux mesures in situ, à leur acquisition et traitement (calibration, suivi), obtenues dans le cadre du programme (entretien de la station météorologique de São Tomé, campagnes en mer validées, mesures de profileurs Provor, transits de navires marchands etc...). Ces points sont décrits dans les chapitres relatifs aux W.P. 4.2.2.5 et 4.2.3.

#### **2.2.2 Bilan des travaux réalisés ou commencés en 2004 :**

- Traitement, validation et exploitation scientifique des mesures obtenues en mer pendant les campagnes les plus récentes et les validations de transits effectuées dans le cadre d'EGEE, et obtenues dans le cadre de CORIOLIS et des ORE PIRATA et SSS, et plus particulièrement lors de la campagne PIRATA-FR12 pendant laquelle de nombreuses mesures ont été réalisées dans le cadre du programme AMMA dans le GG (voir 4.2.3).

- Etude spécifique portant sur le Sous-Courant Equatorial et sa terminaison dans le GG à partir des mesures in situ issues des campagnes, du réseau PIRATA, et à partir des mesures de vent Quikscat. Etude réalisée pendant un stage DEA.

- Contrôle des mesures (vent, humidité, radiation solaire) obtenues à partir de la station météorologique de São Tomé (seulement un mois  $\frac{1}{2}$  de fonctionnement effectif fin 2003) et comparaison / validation des flux calculés à partir de ces mesures avec les résultats de modèles numériques (CEP) et des mesures satellitaires à différentes échelles temporelles (vents et flux Quikscat). Etude de l'influence de l'échantillonnage haute (temps différé 10 minutes) et basse résolution (temps différé 1 heure) temporelle. Application de la méthodologie aux mesures des bouées PIRATA. Etude réalisée pendant un stage Ingénieur.

- Analyses sur la couche de mélange à partir de mesures in situ et des résultats du modèle CLIPPER, influence du forçage (modèle forcé par les champs ERS et CEP) sur la profondeur de la couche de mélange. Etude en cours pendant une thèse au LEGOS.

- Analyse des climatologies régionales, des anomalies du niveau de la mer et de mesures de courantométrie dans le Golfe de Guinée. Travail réalisé dans le cadre d'une thèse de l'Université de Cocody (RCI).

- Mise en place des outils pour l'étude de la SST et du Courant de Guinée au large de la côte nord du Golfe de Guinée et des Précipitations côtières. Travail réalisé dans le cadre d'une thèse de l'Université de Cocody (RCI).

- Début de l'adaptation du modèle « pseudo-3D » du CNRM à la zone du GG.

- Début de l'adaptation du modèle ROMS de P.Marchesiello à la région de l'upwelling Sénégal-Mauritanien. Début d'une thèse sur ce sujet.

- Début d'une réflexion pour l'élaboration d'un programme intégrateur sur l'étude spécifique de la région de l'upwelling Sénégal-mauritanien.

- Etude du cycle saisonnier climatologique du Système d'Upwellings Tropicaux de l'Atlantique Nord Est constitué des trois upwellings de Mauritanie-Sénégal (côtier), du Dôme de Guinée (océan ouvert) et de la ZCIT (Etude réalisée pendant un stage DEA, dans le cadre du projet SUITANE-ANETUS).

- Analyse des sorties du modèle MERCATOR en Atlantique Equatorial. Une analyse de l'année 2003 des résultats du système PS1V2 a permis de mettre en relief la sensibilité du système à l'assimilation des données des mouillages PIRATA, et a montré la limitation du système d'assimilation actuel pour l'étude des zones équatoriales. Le système opérationnel sera donc difficilement utilisable pour des objectifs scientifiques d'AMMA-EGEE mais les observations qui seront obtenues dans le cadre du programme serviront, elles, pour le système MERCATOR.

- Finalisation d'une étude sur la dynamique du Sous Courant Equatorial dans l'Atlantique à partir d'une simulation du modèle CLIPPER au 1/6° adaptée à la zone (paramètres de mélange permettant de reproduire au mieux le sous-courant tel qu'il a été mesuré lors de campagnes océanographiques récentes ; Cf. sur le site internet le rapport 02-16 de 2002 : <http://www.ifremer.fr/lpo/clipper/reports/index.html>). Travail effectué en collaboration au LPO/Ifremer.

- Elaboration d'une version du modèle CLIPPER au 1/12° de degré dans le GG. Travail effectué en collaboration dans le cadre d'une thèse Ifremer/TFE.

- Réflexion sur l'adéquation entre les objectifs scientifiques et les campagnes en mer prévues, réalisées lors de réunions internes au WP2.2 et avec les partenaires allemands de l'IFM-GEOMAR dans le cadre du programme européen AMMA-IP.

### **2.2.3 Travaux prévus en 2005 :**

En plus de la continuité, ou de la finalisation, des travaux entamés en 2004, les travaux qui seront entamés dès le début de 2005 sont :

- Définition d'une base des produits de paramètres océanographiques (couche de mélange, température, salinité etc.) et de flux de surface (climatologies, sorties de modèles).

- Continuité des travaux de validation des produits océanographiques (profondeur de la couche de mélange, SST, courants, SSS) et satellites (vent, précipitations, flux...) à partir de données in situ.

- Continuité des travaux d'analyse des erreurs sur les flux air-mer dans les modèles numériques, les climatologies et les produits satellite.

- Début de l'adaptation du modèle ROMS à la région du Golfe de Guinée. Cette configuration sera imbriquée dans une version grande échelle du modèle CLIPPER au 1/6°. Ce modèle permettra à terme une modélisation plus fine des processus des upwellings principalement côtiers.

- Expérience de dispersion d'un traceur lagrangien dans un modèle numérique de circulation du Golfe de Guinée, à partir de simulations ROMS (possibilité de suivi « on line » et « off line »).

- Analyse des données hydrologiques et courantométriques in situ, des climatologies régionales, des champs SST satellitaires (TMI) et climatologiques (Reynolds) et des résultats du modèle CLIPPER. Analyse des processus responsables de la variabilité des courants locaux et du rôle du vent et des échanges air-mer locaux versus les forçages lointains.

- Validation des simulations des modèles ROMS et Pseudo-3D, chaque modèle étant imbriqué dans une version grande échelle du modèle CLIPPER ou ORCA. Comparaisons des simulations avec les sorties CLIPPER et ORCA. Etude spécifique afin de mettre en évidence comment les petites structures se développent en fonction des structures de grandes échelles observées et utilisées/imposées aux frontières.

- Avec le modèle Pseudo-3D : début de l'étude de l'impact des hétérogénéités de surface océanique sur l'écoulement atmosphérique, séparation des processus intervenant sur le bilan de chaleur et les flux, quantification des rétroactions non linéaires, estimation de la correction à apporter pour améliorer les flux air-mer et correction spatialisée de ces flux.

- Début de l'analyse des ondes tropicales d'instabilité avec le modèle ROMS et les observations (essentiellement produits satellitaires).

- Analyse de la corrélation potentielle entre SST et Précipitation le long de la bande côtière du GG.

- Analyse des bilans de chaleur dans la couche de mélange et hiérarchisation des processus responsables de sa variabilité, à partir des résultats des simulations CLIPPER.

- Contrôle de la station météorologique de São Tomé ; comparaison des mesures obtenues avec cette station et des flux calculés à partir de ces mesures avec les résultats de modèles numériques et des mesures satellitaires (vents et flux). Comparaison si possible avec des mesures

obtenues au large lors de campagnes afin d'étudier l'effet orographique dû au relief de l'île sur les mesures, principalement sur les mesures de vent.

- Contact à prendre afin de vérifier les mesures des décharges des fleuves africains se déversant dans le Golfe de Guinée et leur accessibilité. Leur acquisition pendant les années de l'EOP et au moins pendant l'année 2006 de la SOP doit être assurée, au moins pour les fleuves les plus importants. (en relation WP1.2, AGRYHMET, ANB...).

Méthodologie :

Nous développons ici la méthodologie utilisée pour les études scientifiques qui ont été explicitées plus en détail ci-dessus (chapitre 2.2.1). Nous séparons ce qui relève des mesures et des produits issus de mesures de ce qui relève des expériences numériques. Etant donné que les méthodes utilisées se retrouvent pour toutes les études envisagées, elles ne sont pas énumérées ici systématiquement dans un ordre chronologique sur les cinq prochaines années.

### **Données in situ et produits :**

Pour toutes les études prévues dans le cadre de ce W.P., qui reposent essentiellement sur des mesures in situ ou des produits de divers paramètres, la première étape (nécessaire en préalable à toute étude) consiste à faire l'inventaire des mesures et des produits nécessaires pour l'ensemble des études envisagées, allant, par exemple, de profils thermiques XBT à des champs de température de surface de la mer disponibles avec la meilleure résolution spatio-temporelle possible.

- La plupart des mesures hydrologiques et courantométriques historiques obtenues dans le Golfe de Guinée, disponibles soit à l'IRD (beaucoup de ces données ont été réalisées lors de campagnes de l'ORSTOM dans les années 1970 et 1980), soit au SISMER (banque de données océanographiques) ont déjà été récupérées. Elles ont permis d'affiner une étude relative à la salinité de surface et à l'éventuel impact des eaux douces sur la température de surface, lors d'un stage DEA en 2003. Toutes ces données historiques sont en cours de mise en format unique, ce qui constitue le travail préalable d'une thèse qui a commencé en octobre 2004 au centre IRD de Bretagne.

- Les données plus récentes obtenues pendant les campagnes des années WOCE (notamment CITHER 1 et CITHER 3) et CLIVAR (campagnes EQUALANT) sont bien entendu utilisées : elles sont plus précises et échantillonnées avec une meilleure résolution spatiale et selon la verticale. Les mesures obtenues pendant tous les transits validés dans le cadre des programmes PIRATA, d'EGEE/AMMA et de CORIOLIS depuis plusieurs années sont également inventoriées. Les mesures de courant par ADCP font actuellement l'objet d'un inventaire, et seront mises à jour, également en relation avec CORIOLIS. Toutes ces données seront également intégrées dans la banque de données réalisée à Brest dans le cadre du travail préalable d'une thèse entamée en octobre 2004.

- 2005-2007 : Les données des campagnes dédiées au programme AMMA, les campagnes EGEE, prévues en juin et septembre des années 2005, 2006 et 2007, seront dans un 1<sup>er</sup> temps traitées et validées. Le choix des périodes des campagnes a été adapté en fonction des exigences d'AMMA, à savoir notamment de pouvoir établir une analyse détaillée des processus dynamiques en jeu régissant la mousson lors de son établissement (début de l'été boréal, donc en juin, également lors de l'établissement de l'upwelling équatorial et de la langue d'eau froide dans le Golfe de Guinée) et de son déclin (en fin d'été ou début d'automne boréal). Les mesures hydrologiques et courantométriques seront systématiquement répétées le long de la section située à 10°W, à l'entrée du Golfe de Guinée. Cette dernière a déjà été parcourue à une dizaine de reprises lors des campagnes de maintenance des bouées du réseau PIRATA, et va permettre d'établir une situation moyenne relativement précise des courants et de leur variabilité à l'entrée du Golfe de Guinée, et d'étudier les bilans entre les différents courants et masses d'eau qui y sont rencontrés. Le travail de traitement et de validation nécessite en moyenne un minimum de 6 mois après chaque campagne, délai donc nécessaire avant de pouvoir exploiter les mesures scientifiquement. Elles

seront alors systématiquement mises à disposition pour les études envisagées (étude de la couche de mélange et processus intervenant sur les variations de la température de surface de la mer, bilans de masse et de chaleur, etc...) et intégrées dans la base de données. Tous les paramètres mesurés (température, salinité, oxygène, courants, sels nutritifs, mais aussi par endroit les paramètres du système CO<sub>2</sub>) sont nécessaires et seront utilisés pour les études du programme.

- 2004-2007 : Les mesures des plus innovantes qui seront utilisées au mieux pendant le programme sont celles issues des profileurs PROVOR déployés pendant les campagnes en relation étroite avec le, et aussi dans le cadre du, programme CORIOLIS. Ces profileurs fournissent des profils précis de température et de salinité et permettront une analyse fine de la couche de mélange et de sa variabilité spatio-temporelle dans la région. Le suivi et le contrôle (par comparaison avec des profils CTD récents) des profils obtenus tous les 10 jours grâce à CORIOLIS sont effectués régulièrement, mais une analyse détaillée sur l'ensemble de la zone (Golfe de Guinée et éventuellement Atlantique tropical Nord-Est) ne sera envisageable que lorsqu'un nombre suffisant de profileurs sera déployé (une vingtaine de profileurs PROVOR seront déployés en 2005 pendant les campagnes, et autant en 2006 et 2007), c'est-à-dire pas avant 2006-2007.

- 2003-2007 : Les produits, avant d'être utilisés dans un but scientifique, doivent au préalable être validés. Si de nombreux produits ont pu être déjà validés dans d'autres zones géographiques, pour certains ils ne l'ont pas été encore dans le Golfe de Guinée où la couverture nuageuse est très importante (limitant certains types de mesures par satellite) et le nombre de mesures disponibles très faible. Ainsi, par exemple, un des premiers travaux réalisés dans le cadre du programme a été de valider les produits de SST issus de TRMM/TRIM, à partir de mesures in situ (bouées Pirata, bouées SVP, campagnes Equalant) et de le comparer à la climatologie Reynolds, disponible avec une résolution moindre. Ce travail, réalisé au centre IRD de Bretagne lors d'un stage en 2003, a fait l'objet d'un rapport complet et a déjà été communiqué à plusieurs reprises (voir liste ci-dessous). Désormais, le produit TMI (sur les années 1998-2004) va être largement utilisé dans le cadre des études annoncées dans le cadre du programme (études sur l'upwelling côtier, sur les hétérogénéités de surface et leur impact sur les échanges air-mer, analyse de la variabilité intra-saisonnière, saisonnière à interannuelle de la SST et du contenu thermique, ...), en complément des produits Reynolds et AVHRR/Pathfinder. Une base devrait être développée en 2005 au Centre IRD de Bretagne qui permettrait de disposer d'une banque de divers produits satellites : Vent, SST, chlorophylle, altimétrie, dans une région couvrant tout l'Atlantique tropical entre 10°N et 10°S, avec une résolution spatiale d'1/4 de degré et une résolution temporelle d'environ trois jours. Cette base, qui sera élaborée avec le WP.4.3 (données « satellite ») est nécessaire pour les études relatives notamment aux ondes d'instabilité tropicale, aux hétérogénéités de surface, restitution et validation de champs de flux de surface,... Ceci sera une étape préalable à un travail de thèse qui sera entamé en novembre 2004 au Centre IRD de Bretagne portant sur l'étude des ondes tropicales d'instabilité.

- 2004-2008 : Les mesures obtenues dans le cadre du programme seront utilisées pour la validation de produits disponibles, notamment en ce qui concerne la SST, la SSS (en plus de la climatologie annuelle existante à l'IRD, une climatologie mensuelle a récemment été développée au LODYC et reste à être validée dans certaines régions), la couleur de la mer, les vents, et également les précipitations en mer. Concernant ce dernier paramètre, un effort particulier sera dédié à des mesures de pluviométrie, particulièrement rares, lors des campagnes EGEE afin de tenter de valider les produits existants issus de mesures satellitaires. Ceci contribuera, en plus de mesures des décharges des fleuves, à l'estimation d'un bilan d'eau douce sur le Golfe de Guinée, nécessaire pour estimer la vapeur d'eau disponible pour la mousson à partir du Golfe de Guinée, qu'il devrait être possible d'estimer après la campagne de l'été 2006 (SOP 1).

- 2003-2008 : La station météorologique de São Tomé, en plus des bouées ATLAS du programme PIRATA, permet d'obtenir les paramètres nécessaires pour le calcul des flux à l'interface air-mer. Ces mesures sont utilisées pour valider les produits disponibles de vent, de SST,

d'humidité etc... eux-mêmes utilisés pour établir des produits de flux, et pour améliorer les algorithmes de calcul de ces derniers (Cf. : campagne Equalant 1999 et Pomme).

### **Utilisation de modèles numériques :**

L'utilisation des modèles numériques n'est pas un but en soi, et doit permettre de répondre à des questions précises, sachant que chaque question implique l'utilisation du modèle le plus adapté pour y répondre ... Dans le cadre du WP2.2, les différentes études envisagées nécessitent donc une multiplicité de modèles et de leur utilisation :

- 2003-2007 : L'utilisation des modèles OGCM de grande échelle de type CLIPPER, OPA etc... permettra d'étudier la variabilité de la couche limite océanique à différentes échelles spatio-temporelles. Ces modèles doivent être en mesure de fournir le contexte de "grande échelle" et la restitution des principaux courants présents dans le bassin, ainsi que la dynamique de la couche mélangée. La question du réalisme des simulations notamment en ce qui concerne les caractéristiques de la couche de mélange et des circulations de surface et de subsurface se pose avant toute étude fiable préalable et un travail de validation des modèles est donc indispensable. Ce travail est déjà largement entamé en ce qui concerne le modèle CLIPPER dans le cadre de la thèse de A.C.Peter au Legos /Toulouse (resp. Y.DuPenhoat).

- 2005-2008 : Les hétérogénéités de surface sont susceptibles de modifier la circulation dans les basses couches atmosphériques et de modifier par conséquent les transferts de chaleur, d'humidité et de mouvement, et donc d'affecter notablement le développement de cyclogénèses dans le flux de mousson. Ces cas seront modélisés en couplant le modèle MESO-NH avec une version du modèle de couche mélange (Pseudo-3d du CNRM). Des bilans de transports de chaleur/humidité, à fine échelle et longues durées, pourront être déduits de ces simulations qui permettront de prendre en compte l'évolution du contenu thermique de la couche mélangée océanique dans l'évaluation de l'export de ces mêmes quantités par le flux de mousson. La résolution spatiale du modèle peut être réduite à 5km, ce qui permet notamment une étude fine des zones de forts gradients et offre la possibilité de regarder comment les petites structures se développent en fonction du contexte de grandes échelles assimilées

- 2005-2007 : Une version régionale du modèle ROMS sera réalisée dans le Golfe de Guinée (F.Marin et P.Marchesiello). L'utilisation conjointe des sorties des modèles CLIPPER et ROMS permettra d'étudier la variabilité de la couche limite océanique à différentes échelles. Des expériences de dispersion/diffusion seront réalisées à l'aide de ce modèle numérique pour les études relatives au bilan de chaleur sur la zone. Ces tests numériques permettront une évaluation de la pertinence d'une expérience de dispersion à partir de profileurs PROVOR et de bouées MARISONDE qui seraient déployés au sud du Bénin pendant la SOP.

- 2004-2007 : Des analyses numériques spécifiques seront également menées sur la région d'upwelling des Canaries, plus particulièrement au large du Sénégal (B.Sow et P.Marchesiello). Cette étude sera effectuée à l'aide du modèle ROMS adapté, afin de comprendre les variations du système physique de l'upwelling sénégalais, variations à la fois intrinsèques et en réponse aux variations de climat sur des périodes allant du saisonnier à quelques décennies. Des études effectuées à partir de modèles numériques de grande échelle (CLIPPER, OPA) et d'observations climatologiques sont également prévues afin de décrire les champs 3D océaniques locaux, d'analyser les processus atmosphériques susceptibles de forcer l'upwelling ainsi que de décrire la génération des ondes de Kelvin côtières et de Rossby et leur propagation (resp. A.Lazar). En, parallèle et à terme (2007-2008), il est envisagé que le modèle ROMS puisse être utilisé en mode quasi opérationnel. Le modèle utiliserait les sorties du modèle opérationnel Mercator pour fournir les conditions aux frontières. Un modèle atmosphérique, pour le couplage, devrait aussi être utilisé à terme.

## **Thèses et publications :**

### Thèses en cours :

- Adama KONE, depuis septembre 2002. Circulation superficielle dans le Golfe de Guinée, directeurs de thèse : Paul Assamoy (Univ. Cocody-Abidjan/RCI) et Gérard Eldin (IRD-LEGOS).
- Anne Charlotte PETER, depuis septembre 2003. Influence de la dynamique océanique sur le couplage océan-atmosphère dans le Golfe de Guinée. directeur de thèse: Yves DuPenhoat (IRD-LEGOS).
- Kouadio ALI EUGENE, depuis septembre 2003. Relation entre les variations de la température de la surface de la mer et des précipitations le long de la bande côtière du nord du Golfe de Guinée, directeurs de thèse : Paul Assamoy (Univ. Cocody-Abidjan/RCI) et Bernard Boulès (IRD-LEGOS).
- Bamol ALI SOW, depuis septembre 2004, Impact de la météorologie côtière sur l'upwelling sénégalais, directeurs de thèse : Amadou Gaye (LPA/Dakar) et Claud eRoy (IRD-IDYLE).
- Nicolas KOLODZIEJCZYK, depuis octobre 2004, Circulation océanique dans le Golfe de Guinée, directeur de thèse : Bernard Boulès (IRD-LEGOS).
- Gabriela ATHIE, depuis novembre 2004, Dynamique/thermodynamique des ondes tropicales d'instabilité dans l'océan Atlantique tropical, directeur de thèse : Bernard Boulès (IRD-LEGOS).

### Stages et rapports (liste non exhaustive) :

- Estimation de flux net de CO<sub>2</sub> à partir de données historiques ; analyse de la variabilité saisonnière ; Mémoire de stage – Bourse BFC-IRD, Laboratoire de Biogéochimie et Chimie Marine, Paris, Georges KOUADIO, direction N.Metzl et C.Andrié, Février-Mai 2002.
- Intercomparaison de champs et de mesures de la Température de Surface de la Mer dans le Golfe de Guinée: validation des mesures TRMM. Stage de fin d'étude de l'ENSIETA (6 mois) de Nicolas KOLODZIEJCZYK; responsable: B.Boulès, 2003.
- Etude de la couche de mélange et bilan de chaleur dans le GG, stage de DEA (5 mois): A.C. PETER ; responsable: Y.DuPenhoat, 2003
- Expérience Perenne : Estimation de l'assimilation de données PIRATA dans MERCATOR, Stage Ingénieur Ecole Mines Nancy (6 mois) Rémy COUSIN, responsable: Y.DuPenhoat, 2003.
- Etude de la salinité de surface de la mer dans le Golfe de Guinée, stage de DEA (UBO) de Catherine GUIAVARC'H, responsable : B.Boulès, 2003.
- Etude des paramètres du cycle du carbone océanique dans le Golfe de Guinée; Mémoire de stage – Bourse BFC-IRD, Laboratoire de Biogéochimie et Chimie Marine, Paris, Georges KOUADIO, direction N.Metzl, pp 1-58, Février-Mai 2003.
- Etude de la terminaison du Sous Courant Equatorial dans le Golfe de Guinée. stage de DEA (UBO) (3 mois) de Nicolas KOLODZIEJCZYK; responsable: B.Boulès, 2004.
- Validation des mesures d'une station météorologique située à São Tomé. stage de fin d'école Ingénieur (ISITV-Toulon ; 5 mois) de Mélanie JUZA; responsables: Dominique Dagonne et B.Boulès, 2004.
- Comparaison vitesses déduites de l'altimétrie et vitesses in situ, stage ingénieur ENSTA (3 mois), Olivier AELION, responsables: S.Arnault et C.Provost, 2004.
- Cycle saisonnier et climatologique du Système d'Upwellings Tropicaux de l'Atlantique Nord Est (projet SUITANE), stage DEA (3 mois), M. Le HENAFF , responsables: A.Lazar, 2004

### Articles (liste non exhaustive) :

- Boulès, B., On the Gulf of Guinea and the West African Monsoon, *CLIVAR Exchanges Letters*, n°27, Vol. 8, n°2/3, *CLIVAR-Africa*, 15-16, sept. 2003.
- Brut, A., A. Butet, P. Durand, G. Caniaux, et S. Planton: Estimations of turbulent air-sea fluxes and their parameterizations including airflow distortion corrections from the EQUALANT99 dataset. *soumis à J. Geophys. Res.*, 2003.
- Dourado, M.S., et G. Caniaux: Surface salinity budget in oceanic simulation using data from TOGA COARE, *J. Geophys. Res. Oceans*, 108, C5, 3135, 10.1029/2001JC001013, 4-1, 4-15, 2003.
- Dourado, M.S., et G. Caniaux: One-dimensional modeling of the oceanic boundary layer with PIRATA data at 10°S – 10°W. *Submitted to the Revista Brasileira de Meteorologia*, 2003.
- Hua, B. L., F. Marin, et R. Schopp, Three-Dimensional Dynamics of the Subsurface Countercurrents and Equatorial Thermostat. Part I: Formulation of the Problem and Generic Properties, *J. Phys. Oceanogr.*, 33, 2588-2609, 2003
- Marin, F., R. Schopp et B. L. Hua, Three-Dimensional Dynamics of the Subsurface Countercurrents and Equatorial Thermostat. Part II: Influence of the Large-Scale Ventilation and of Equatorial Winds, *J. Phys. Oceanogr.*, 33, 2610-2626, 2003.
- Weill, A., L. Eymard, G. Caniaux, D. Hauser, S. Planton, H. Dupuis, A. Brut, C. Guérin, P. Nacass, A. Butet, S. Cloché, R. Pedreros, P. Durand, D. Bourras, H. Giordani, G. Lachaud, et G. Bohours: Toward a better determination of turbulent air-sea fluxes from various mesoscale experiments: a new perspective. *J. Climate*, 16, 4, 600-618, 2003.

- Arhan, M., A.M. Tréguier, B. Boulrès, and S. Michel, Analysis of the structure and variability of the Equatorial UnderCurrent in the Atlantic Ocean, *submitted to Deep Sea Res. II, TAV Special Issue*, 2004.

Communications lors de congrès/workshops nationaux et internationaux et conférences (liste non exhaustive) :

- Boulrès, B., Présentation du programme AMMA et de son volet océanographique EGEE, présentation orale au Meeting CLIVAR-TAV, Miami (USA), mars 2003.
- Boulrès, B., Présentation du programme AMMA et de son volet océanographique EGEE, présentation orale au Meeting CLIVAR-ATLANTIC Steering Panel, Villefranche sur Mer (France), avril 2003.
- Boulrès, B., São Tomé et Príncipe: Environnement climatique et océanique et présentation du programme scientifique EGEE en cours dans le Golfe de Guinée : pourquoi une station météorologique à Sao Tomé ? Conférence à l'Alliance Française de São Tomé et Príncipe, octobre 2003.
- duPenhoat, Y., et B. Boulrès, AMMA et les données océaniques disponibles dans le Golfe de Guinée, présentation orale aux Journées « Atelier Modélisation de l'Atmosphère » de Météo-France : AMA2003, Toulouse, 3-5 décembre, 2003.
- Kouadio, G., N. Metzl, C. Andrié, et B. Boulrès: Etude de la variabilité saisonnière de la pression partielle de CO<sub>2</sub> océanique et estimation du flux de CO<sub>2</sub> air-mer dans le Golfe de Guinée. Ecole d'Eté AMMA- 1-12/09, Lannemezan – France, septembre 2003.
- Kouadio G., N. Metzl, C. Andrié, et B. Boulrès : Etude de la variabilité saisonnière de la pression partielle de CO<sub>2</sub> océanique et estimation du flux de CO<sub>2</sub> air-mer dans le Golfe de Guinée. Colloque Copramaph/Amma, Cotonou-Bénin, novembre 2003.
- Peter, A.C., et Yves du Penhoat : Etude de la couche de mélange océanique et bilan de chaleur dans le Golfe de Guinée, communication orale, « Atelier Modélisation de l'Atmosphère », Météo France, Toulouse, décembre 2003.
- Peter, A.C., et Yves du Penhoat : Etude de la couche de mélange océanique et bilan de chaleur dans le Golfe de Guinée, poster présenté aux journées prospectives du PATOM, CIC de Météo France, Toulouse, décembre 2003.
- Ramos-Buarque, S., G. Caniaux, and H. Giordani: ERA-40 air-sea surface flux validation. ERA-40 Final Report, ERA-40 Report Project Series, ECMWF, Reading, 2003.
- Mercier, H., et B. Boulrès, Présentation du programme EGEE et du lien avec Coriolis/Argo, *présentation orale à l'atelier « ARGO –France »*, Brest, 12 mars 2004.
- Boulrès, B., Présentation de l'évolution du programme AMMA et de son volet océanographique EGEE, *présentations orales au Meeting CLIVAR-TAV, KNMI-Utrecht (Pays-Bas)*, juin 2004.
- Boulrès, B., Y. Gouriou, F. Marin & G. Caniaux, Etude de la couche de mélange océanique dans le Golfe de Guinée (dans le cadre du programme AMMA-EGEE) ; *Poster présenté aux journées Mercator-Coriolis, Météo-France (France)*, octobre 2004.
- Marin, F., C. Menkes, Y. DuPenhoat, T. Gorgues & Boulrès, B., Dynamique et variabilité des océans Atlantique et Pacifique équatoriaux : Etude des ondes tropicales d'instabilité ; *Poster présenté aux journées Mercator-Coriolis, Météo-France (France)*, octobre 2004.

Organisations de réunions nationales ou internationales dans le cadre d'AMMA et du WP.2.2 :

- Réunion EGEE/AMMA, 1<sup>er</sup> octobre 2003, PARIS, IPSL, 31 personnes. Cette réunion était la première du WP depuis sa création et avait principalement pour but 1) de faire le point sur les études en cours et/ou prévues dans le cadre du programme et 2) de clarifier certaines options du programme initial qui pourraient être envisagées dans le cadre de programmes associés. Le compte-rendu de cette réunion a été largement diffusé au sein de la communauté:
- Réunion ORE-PIRATA et liens avec EGEE, mai 2004, PARIS, LODYC, 12 personnes. Cette réunion avait pour but de faire le point sur l'organisation de l'ORE PIRATA, sur l'utilisation des données in situ acquises grâce à ce programme et de faire le lien avec leur utilisation potentielle dans le cadre d'EGEE/AMMA.
- Réunion AMMA-API, IP, et US, et TAV-AMI (Clivar-Atlantique), 11-13 octobre 2004, Brest, 25 personnes. Cette réunion avait principalement pour but de faire le point avec nos collègues allemands, impliqués dans le programme européen AMMA-IP sur les actions océanographiques prévues dans les prochaines années, et plus particulièrement en 2006, dans le cadre de la SOP, et également en relation avec nos collègues états-uniens de la NOAA /AOML, impliqués dans US-AMMA. Le compte-rendu de cette réunion sera diffusé prochainement au sein de la communauté:

Participation à l'Ateliers AMMA, 20-24 septembre 2004, Dijon : réunion spécifique WP.2.2, 23 personnes. Les principaux buts de cette réunion étaient de préciser les priorités à donner sur les travaux à mener à court terme, de clarifier la répartition des tâches (analyses mesures in situ versus expériences numériques), et de clarifier définitivement les campagnes EGEE de 2005 et 2007 (EOP) et de 2006 (SOP).

Compte rendu de la réunion WP2.2 (+WP4.2.2 et 4.2.3 « Océan-Flux ») de Dijon :

Une vingtaine de personnes ont participé à la réunion :

Outre les coordinateurs du WP, Bernard BOURLES (IRD/LEGOS) et Guy CANIAUX (Météo-Fr./CNRM), étaient présents : Ludos-Hervé AYINA (IFREMER/LOS), Denis BOURRAS (CNRS/CETP), Cyril CAMINADE (CERFACS), Dominique DAGORNE (IRD/US025«mer»), Gaëlle DeCOETLOGON (CNRS/CETP), Yves DuPENHOAT (IRD/LEGOS), Hervé GIORDANI (Météo-Fr./CNRM), Yves GRANDPEIX (LMD), Serge JANICOT (IRD/LODYC), Alban LAZAR (Univ.P6/LODYC), Frédéric MARIN (IRD/LEGOS), Christophe MESSAGER (LTHE), Ionela MUSAT (LMD), Anne-Charlotte PETER (IRD/LEGOS), Jean-Jacques PELON (SA), Philippe PEYRILLE (CNRM), Jean-Luc REDELSPERGER (CNRS/CNRM), Geneviève SEZE (CNRS/LMD), Mireille TOMASINI (MF/CNRM/GMME), Nicolas VILTARD (CETP) et Alain WEILL (CNRS/CETP).

Il est rappelé que les motivations ultimes de ce WP concernent la compréhension, la caractérisation et l'amélioration des simulations des couches limites océanique et atmosphérique, qui régissent les échanges air-mer et le flux de mousson. Ceci implique que l'on devrait, à terme, pouvoir fournir à la communauté les meilleurs flux et les composants validés de ces flux à l'interface air-mer. Les principaux buts de l'atelier étaient de préciser les priorités à donner sur les travaux à mener à court terme, de clarifier la répartition des tâches (analyses mesures in situ versus expériences numériques), et de clarifier définitivement les campagnes EGEE de 2005 et 2007 (EOP) et de 2006 (SOP). La session devait aborder les thèmes suivants : -1. Faire le point sur les priorités ; -2. Faire le point sur les études actuellement engagées et les prospectives ; -3. Faire le point sur les campagnes (EOP & SOP) ; -4. Faire le point sur l'exploitation des données disponibles et de celles des campagnes pendant la SOP ; -5. Faire le point sur les aspects financiers, missions, pour API 2005 & 2006.... Ce programme était un peu ambitieux au vu du temps disponible, et surtout les 2 premiers points ont pu être discutés en détail.

Le 1<sup>er</sup> point abordé concerne le **bilan d'eau douce dans le Golfe de Guinée**. Ce bilan est nécessaire pour avoir une évaluation du bilan de sel et de l'évaporation, et donc de l'apport d'eau douce atmosphérique provenant de l'océan pour le flux de mousson. Ceci implique la nécessité d'obtenir une quantification 1) des apports fluviaux et 2) des précipitations en mer. En ce qui concerne les apports fluviaux, il faut voir la possibilité de récupérer (ou financer l'obtention ?) des mesures qui seraient assurées via AMMANET, et ce en lien avec le WP 1.2 (bilan d'eau). Il faudrait déjà vérifier si (au moins) des mesures (réalisées aux embouchures) de débit des deux principaux fleuves (Niger+Congo) sont accessibles...

*N.B. : Gil Mahé (IRD/Hydrosociences), présent aux ateliers, nous a contacté suite à la réunion et s'est proposé de contribuer à cette tâche, ayant travaillé il y a quelques années sur les problèmes de décharges fluviales et côtières dans le Golfe de Guinée. Les informations qu'il a fournies fin septembre ont permis de prendre en compte ce travail dans la demande API-2005, et ce dans le cadre du WP2.2, et il sera responsable de cet aspect du programme.*

En ce qui concerne les précipitations sur l'océan, il existe peu de produits disponibles. A partir des mesures satellite, on peut espérer des données journalières, avec une résolution spatiale d'1/4 de degré, mais reste le problème de leur validation à partir de mesures in situ ! Une requête spécifique sera faite auprès du WP4.3 sur ce type de produit sur l'océan (ie un produit de précipitation -P- à l'échelle locale, au moins pendant les mois de la SOP de juin à août-septembre 2006, avec une résolution fine dans le Golfe de Guinée -GG-, élargie à la zone 15°N-20°S, 15°E-20°W ...). De fait, il n'existe pas, ou peu, de mesures in situ, excepté via la station météorologique de Sao Tomé (encore faut-il qu'elles ne soient pas perturbées par l'orographie de l'île, ce qui reste à vérifier), et aussi sur les bouées ATLAS de PIRATA (cependant peu exploitables, le pluviomètre étant soumis aux mouvements liés à la houle et aux embruns). Il faut donc une validation des produits de précipitation sur le GG pendant les campagnes réalisées dans le cadre d'AMMA (éventuellement faire des points fixes -navire arrêté- pendant les campagnes, qui pourraient aussi permettre d'étudier l'effet de la pluie sur la variation de la température de surface de la mer -SST-). Pour obtenir de bonnes mesures de P, il faut disposer de 2 capteurs différents pour tenir compte de la taille des gouttes (le problème se pose de l'acquisition des 2 appareils de mesures de pluie...). Ces mesures de pluie doivent donc être réalisées pendant toutes les campagnes EOP (2005 & 2007) et SOP (2006). Cependant, cela est indissociable d'études numériques pour disposer à terme d'un bilan représentatif. Cela implique qu'il faut disposer de modélisations réalistes, et des travaux préalables de validation de flux, d'analyses de sorties de modèles, etc. sont nécessaires pour la restitution des paramètres caractéristiques de la couche de mélange. Ces études seront possibles à partir du modèle de couche de mélange qui sera développé au CNRM en 2005.

Un second point concerne les conditions d'obtention d'une estimation et d'une **meilleure connaissance possible du flux de mousson océanique** pendant la SOP. Un but de la SOP1 est de documenter la couche limite atmosphérique, ce qui implique des mesures synoptiques du flux de mousson et donc induit le besoin d'associer des mesures de surface océanique et de la couche limite atmosphérique avec des mesures situées « au-dessus » de celle-ci... Cela suggère la nécessité d'un vol avion (permettant d'obtenir des mesures dynamiques sur au moins deux niveaux selon la verticale) le long d'une section suivant la trajectoire du navire (et si possible une perpendiculaire à la trajectoire) et simultanément à celle-ci, au sud de la radiale 'Bénin' à 2°50'E. Une discussion s'est engagée sur la faisabilité d'une telle expérience, déjà envisagée par le passé, mais pas retenue dans les plans actuels des vols avion. Or, un transect méridien par avion serait indispensable pour accéder à l'épaisseur de la couche limite, avec des lâchers de drop-sondes. Des vols avion seraient possibles jusqu'à 500km au large des côtes, soit quasiment jusqu'à l'équateur à partir de Cotonou! Ce point sera donc demandé en priorité au groupe de la SOP-avion.

Une question est posée concernant la longitude à parcourir à partir du navire pour la radiale méridienne, au vu des résultats de l'expérience de trajectoires de ballons plafonnant qui s'orientent plutôt vers le Nord-Est. Vaut-il mieux la faire à 0° (longitude d'une bouée ATLAS de PIRATA à l'équateur) ou à 2°50'E. Après discussion, il s'avère cependant que cette position serait relativement peu importante car les mesures atmosphériques faites à partir du navire se font toujours face au vent. Donc, la priorité donnée sur 2°50'E reste d'actualité, quitte à faire la seconde radiale à 0°E pendant le second leg.

La question de la connaissance de la couverture nuageuse est importante pour accéder à une modélisation réaliste, en raison de son impact sur les flux radiatifs (variations possibles associées de la SST, impact sur la SST « de peau »...). Les données « Meteosat » seront disponibles, mais une validation au préalable à partir de mesures in situ (navires, station météorologique de São Tomé) est nécessaire. Ceci implique qu'il faudrait apporter aussi un ceilomètre (mesure hauteur des nuages) pendant les campagnes en mer, au moins pendant celle de la SOP1.

Un troisième point concerne **les processus qui régissent la variabilité de la température et de la salinité de surface de la mer -SST et SSS-**. Ceci passe par une validation préalable (via des mesures in situ) des produits et mesures satellite et des simulations numériques obtenues avec les modèles (paramétrisations, résolutions ...). Une étude de processus 3D superficiels via des expériences numériques ne peut s'envisager qu'après une bonne validation des modèles utilisés et des forçages... Il est noté qu'on doit absolument dans un premier temps commencer à s'occuper de l'océan, afin d'être en mesure de corriger les flux de manière à fermer le bilan énergétique de la couche de mélange. En effet, pour que des études impliquant l'utilisation conjointe de modèles océanique et atmosphérique, il faut que le forçage



des 2 modèles soit réalisé avec des flux compatibles. Une fois cette étape réalisée, il est possible d'utiliser ces flux pour les modèles atmosphériques et pour les futures études de couplage. Alors seulement on pourra envisager une analyse portant sur la quantification de la rétroaction de la couche de mélange sur la circulation dans la couche limite atmosphérique et sur l'étude de l'impact des hétérogénéités de surface océanique sur l'écoulement atmosphérique.

Il faut noter qu'il existe des produits utilisables pour ces études, qui sont une climatologie de la température de l'océan dans les couches supérieures, TAOSTA, développé au LEGOS, une climatologie de la couche de mélange et une climatologie de la salinité de surface, développées au LODYC. Ces deux derniers produits restent à être validés dans la zone d'intérêt. D'autre part, il est spécifié que la mise à jour de ces produits à partir des mesures qui seront obtenues dans le cadre du programme constitue une optimisation des campagnes océanographiques. Il est alors noté qu'il faudrait définir une base des produits océanographiques dans la région du GG (à revoir avec le WP4.4).

La discussion a suivi avec un **inventaire des analyses et/ou des expériences envisagées avec des modèles numériques**.

En ce qui concerne le programme Mercator, une réanalyse 1993-2004 sera disponible début 2005. Cependant, en conséquence des problèmes liés à l'assimilation des données dans la bande équatoriale, Mercator ne sera cependant pas un outil adapté pour nos études de processus.

En ce qui concerne le modèle Clipper dans sa résolution au  $1/6^\circ$ , une étude de bilan de chaleur et de la couche de Mélange est déjà en cours (thèse A.C.Peter au LEGOS). Une des étapes de ce travail consistera à établir une hiérarchisation des processus régissant ce bilan.

Il faut procéder à des imbrications de modèles (par exemple en couplant des versions régionales de modèles de type Pseudo3D du CNRM ou ROMS avec des sorties de modèles de grandes échelles de type Clipper ou Orca).

Au CNRM, un modèle Pseudo 3D sera adapté en 2005 au GG afin de procéder à des analyses du bilan de la CM (bilan de chaleur) à de fines échelles spatiales (la résolution pourra être de 5km) et sur de longues durées. Les avantages de ce modèle sont qu'il offre la possibilité de 1) séparer les processus et d'obtenir une quantification des rétroactions non linéaires, 2) regarder comment les petites structures se développent en fonction du contexte de grandes échelles assimilées (aux limites), 3) procéder à une correction de flux spatialisée (via l'estimation de la correction du flux à apporter pour minimiser l'erreur) et ce sur le flux net.

Il faut également faire des études de processus via des modèles simples permettant des études en parallèle par plusieurs équipes (en opposition à des modèles très complexes à utiliser de type Clipper). D'ores et déjà, des expériences à partir d'Orca (une version du modèle OPA du LODYC) ont été réalisées avec différents jeux de flux (Ifremer, Lodyc) ont mis en évidence un problème lié à la tension du vent à l'est du bassin (ECMWF versus ERS... ERS est plus adapté dans le GG pour représenter les variations interannuelles). Ces expériences seront poursuivies.

A l'IRD, le modèle ROMS (Regional Ocean Model System) va être configuré pour l'Atlantique Equatorial, et dans un premier temps les simulations obtenues seront à comparer avec celles de Clipper et Orca. Si l'expérience est concluante, des études de processus avec ROMS pour l'analyse des ondes tropicales d'instabilité et des bilans de masse et de chaleur dans l'océan superficiel seront menées.

Concernant les analyses **des mesures et des validations de produits**, un rapide point a été fait. Les mesures de la station météorologique de São Tomé ont commencé à être utilisées. De premières comparaisons de vent, de SST, de flux sont relativement encourageantes. Les produits satellites de la vitesse du vent sont surestimés dans la région de vents faibles. Un problème est posé relativement aux mesures du flux solaire incident (nette dégradation à partir de 12h), qui reste à être interprété.

Des validations de différents produits de flux ont été réalisées à travers des simulations de l'océan à grande échelle (ORCA) et mettent en évidence des biais de 20Watts/m<sup>2</sup> dans le GG.

Toutes ces études, débutées en 2004, sont en cours...

Il est spécifié qu'on risquait de ne pas avoir de SST microonde pendant la durée du programme. TRIM va être arrêté fin 2004. Mais AQUA (NOAA, 2 traces par jour, depuis 2000) fonctionne. Un nouveau produit de flux de chaleur latente (et sensible) sera disponible via SSM-AVHRR... en 2006. Concernant les produits de vent et de flux, un mélange de produits satellite et de résultats du Centre Européen est envisagé à l'IFREMER.

Enfin, le problème de **la campagne lié à la SOP 3** est soulevé, en raison de la non disponibilité prévisible de l'Atalante en automne 2006, et donc de mesures de flux. A priori, une reprise de la trajectoire des campagnes EOP, limitées au GG, est à envisager, en conformité avec le programme EGEE initial. D'autres mesures au large du Sénégal pourraient être obtenues à partir d'un navire qui pourrait être affrété pour l'occasion (Itaf Dem du CRO de Dakar). Des bouées ATLAS seraient déployées au printemps 2006 le long de  $23^\circ\text{W}$  par la NOAA, ainsi que de nombreuses bouées dérivantes.

En conclusion, cette réunion très fructueuse aura, en plus de faire le point sur les analyses, les validations de produits et les expériences numériques, principalement permis de définir les priorités suivantes : 1) obtenir des mesures de précipitation en mer et donc disposer du matériel nécessaire à très court terme, 2) obtenir les mesures des décharges d'eau douce via le fleuves dans le GG, 3) réaliser une survol 'avion' le long de la trajectoire du navire au sud du Bénin pendant la SOP 1, qui auront été prises en compte lors de la définition de la version 2005 de l'API-AMMA.