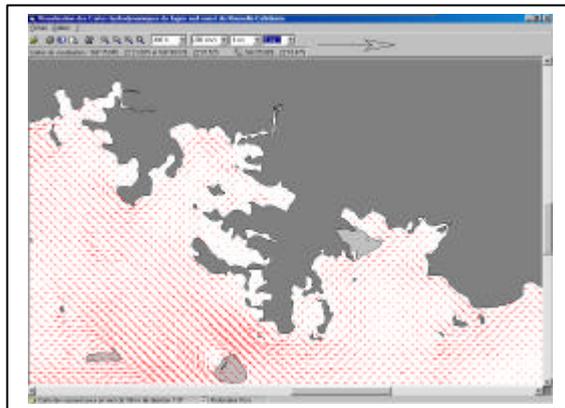
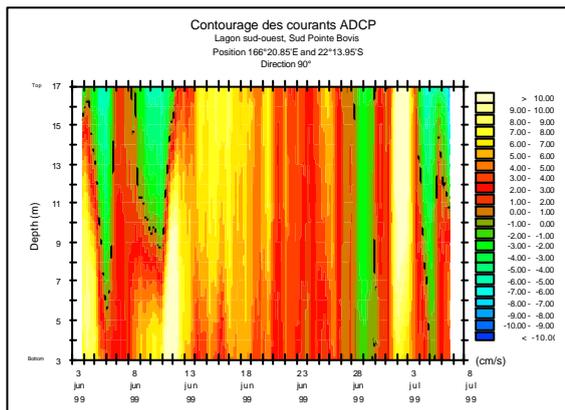


## ATLAS HYDRODYNAMIQUE DU LAGON SUD-OUEST DE NOUVELLE-CALEDONIE (Rapport intermédiaire)

Pascal DOUILLET

Mai 2000



$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial \sigma} - f v = \frac{\partial}{\partial x} \left( D \int_b^{\sigma} b d\sigma \right) - g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - b \left[ \frac{\partial h}{\partial x} - \sigma \frac{\partial D}{\partial x} \right] + \frac{1}{D^2} \frac{\partial (N_x \partial u)}{\partial \sigma^2} + F_x$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial \sigma} + f u = \frac{\partial}{\partial y} \left( D \int_b^{\sigma} b d\sigma \right) - g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - b \left[ \frac{\partial h}{\partial y} - \sigma \frac{\partial D}{\partial y} \right] + \frac{1}{D^2} \frac{\partial (N_y \partial v)}{\partial \sigma^2} + F_y$$

l'équation de continuité :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial u D}{\partial x} + \frac{\partial v D}{\partial y} + D \frac{\partial w'}{\partial \sigma} = 0$$

et w est solution de :

$$w = w' + \sigma \frac{\partial \zeta}{\partial t} - u \frac{1}{D} \left( \frac{\partial h}{\partial x} - \sigma \frac{\partial D}{\partial x} \right) - \sigma \frac{1}{D} \left( \frac{\partial h}{\partial y} - \sigma \frac{\partial D}{\partial y} \right)$$

## ***Introduction***

Le Présent document a pour but de présenter l'état d'avancement de la fiche programme « Atlas des cartes hydrodynamiques du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Il se décompose en trois parties : description des modèles développés, validation des modèles, présentation du logiciel de visualisation et d'impression des cartes.

La première partie s'applique à décrire les deux modèles développés pour cette étude : le choix des équations, les schémas numériques utilisés, ainsi que les critères d'application au lagon sud-ouest.

La deuxième partie présente les tests de validation qui ont été mis en œuvre pour cette étude qui consistent à simuler des situations réelles et à les comparer aux mesures physiques. Le résultat d'une campagne de mesures réalisée dans le cadre de Zonéco est aussi présenté.

La troisième partie présente le logiciel d'affichage et d'impression des cartes de courants développé dans le cadre de la convention entre Zonéco et l'IRD.

## 1. Description des modèles hydrodynamiques

Deux modèles de circulation ont été utilisés pour cette étude de courantologie du lagon sud-ouest de Nouvelle Calédonie. Le modèle bidimensionnel sert à calculer les courants générés par la marée (cette force génère des courants barotropes qui ne varient pas sur la verticale). Le modèle tridimensionnel sert principalement à calculer les courants générés par le vent. Ces deux modèles se réfèrent à ceux développés par le laboratoire d'hydrodynamique de l'IFREMER Brest. Leur validité numérique et physique a été vérifiée par de nombreux tests. Leur utilisation dans le cas du lagon sud-ouest de Nouvelle Calédonie est donc tout à fait adapté.

### 1.1 Modèle bidimensionnel

Le modèle bidimensionnel est basé sur les équations de Saint Venant, qui sont obtenues après intégration sur la verticale des équations de Navier-Stokes dans le cas d'un océan homogène et en respectant les hypothèses de Boussinesq et de pression hydrostatiques. Les équations régissant le mouvement de la masse d'eau sont donc :

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - f V = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + N_h \left( \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0 (h + \zeta)}$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + f U = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + N_h \left( \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) - \frac{\tau_{by}}{\rho_0 (h + \zeta)}$$

L'équation de continuité est définie par :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial((h + \zeta)U)}{\partial x} + \frac{\partial((h + \zeta)V)}{\partial y} = 0$$

où  $\zeta(x, y, t)$  est l'élévation de la mer par rapport au zéro hydrographique,  $h$  est la hauteur d'eau par rapport au zéro hydrographique,  $U(x, y, t)$ ,  $V(x, y, t)$  sont les composantes zonales (ouest est) et méridiennes (sud nord) de la vitesse,  $f$  est la force de Coriolis,  $\rho_0$  est la densité de la mer,  $g$  est l'accélération de la pesanteur,  $\tau_{bx}$ ,  $\tau_{by}$  sont les composantes des forces de frottement appliquées au fond :

$$\tau_{bx} = g \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{K_r^2 (h + \zeta)^{1/3}} U \quad \tau_{by} = g \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{K_r^2 (h + \zeta)^{1/3}} V$$

et  $K_r$  est le coefficient de Strikler,  $N_h$  est la diffusion horizontale de turbulence.

Le modèle numérique est du type différence finie avec un schéma en temps utilisant la méthode A.D.I. (Alternating Direction-Implicit) (Leendertse, 1967). Les courants sont calculés alternativement dans les deux directions en rendant les équations le plus implicite possible dans la direction calculée. Ce code a été développé par J.C. Salomon (Laboratoire d'hydrodynamique côtière IFREMER Brest) et inclus le traitement automatique des bancs

découvrants. Un pas de temps critique est estimé en extrayant des équations l'accélération et les forces de frottements. Celui-ci est défini par la formule :

$$\Delta t < \frac{2g(\Delta x)^2}{K_r^2(h + \zeta)_{\max} |U_{\max}|}$$

où  $|U_{\max}|$  est le maximum de la vitesse de marée.

La discrétisation en espace des équations est basée sur une grille Arakawa C (Messinger and Arakawa, 1976) qui a été légèrement modifiée en ce qui concerne la position des profondeurs placées au même endroit que les composantes de la vitesse (Fig. 2).

Les conditions limites aux frontières fermées sont simplement écrites en imposant un flux nul à travers la ligne de côte. Pour les conditions limites aux frontières ouvertes, les élévations de la mer et une condition de radiation des vitesses sont spécifiées en chaque point de grille. Ce sont les variations de l'élévation de la mer imposées en chaque point de grille qui permet d'injecter les forces de marée dans le modèle.

## 1.2 Modèle tridimensionnel

Le modèle tridimensionnel résout le jeu complet des équations de Navier-Stokes simplifiées par une série d'hypothèses qui sont maintenant standard (i.e. Nihoul, 1984 ; Blumberg and Mellor, 1987) : l'approximation de Boussinesq et l'équilibre hydrostatique. De manière à maintenir un nombre constant de points de grille sur la colonne d'eau, lors de la discrétisation verticale, les équations hydrodynamiques sont résolues dans le système de coordonnées sigma (Fig. 1) (Blumberg and Mellor, 1987 ; Lazure et Salomon, 1990, 1991) :

$(x, y, z, t) \rightarrow (x^*, y^*, \sigma, t^*)$  où  $\sigma = (z+h) / (\xi+h)$ ,  $\xi$  étant la côte de la surface libre (élévation de la mer par rapport au zéro hydrographique) et  $h$  la profondeur,  $z$  la position dans la colonne d'eau. Les coordonnées sigma transforment toute position dans la colonne d'eau  $z$  en une valeur comprise entre 0 (au fond) et 1 (en surface).

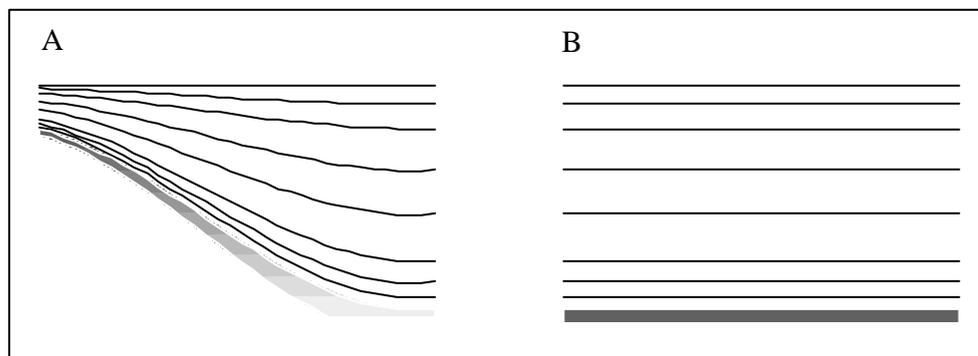


Figure 1 : Exemple de l'utilisation des coordonnées sigma : A Tranche de bathymétrie réelle, B transformation en coordonnées sigma.

Dans ce nouveau système de coordonnées, les équations s'écrivent :

$$\frac{\partial u}{\partial t^*} + u \frac{\partial u}{\partial x^*} + v \frac{\partial u}{\partial y^*} + w^* \frac{\partial u}{\partial \sigma} - fv = \frac{\partial \left( D \int_{\sigma}^1 b \, d\sigma \right)}{\partial x^*} - g \frac{\partial \zeta}{\partial x^*} - b \left[ \frac{\partial h}{\partial x^*} - \sigma \frac{\partial D}{\partial x^*} \right] + \frac{1}{D^2} \frac{\partial (N_z \partial u)}{\partial \sigma^2} + F_x$$

$$\frac{\partial v}{\partial t^*} + u \frac{\partial v}{\partial x^*} + v \frac{\partial v}{\partial y^*} + w^* \frac{\partial v}{\partial \sigma} + fu = \frac{\partial \left( D \int_{\sigma}^1 b \, d\sigma \right)}{\partial y^*} - g \frac{\partial \zeta}{\partial y^*} - b \left[ \frac{\partial h}{\partial y^*} - \sigma \frac{\partial D}{\partial y^*} \right] + \frac{1}{D^2} \frac{\partial (N_z \partial v)}{\partial \sigma^2} + F_y$$

l'équation de continuité :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial u D}{\partial x} + \frac{\partial v D}{\partial y} + D \frac{\partial w^*}{\partial \sigma} = 0$$

et  $w$  est solution de :

$$w = w^* + \sigma \frac{\partial \zeta}{\partial t} - u \frac{1}{D} \left( \frac{\partial h}{\partial x} - \sigma \frac{\partial D}{\partial x} \right) - \sigma \frac{1}{D} \left( \frac{\partial h}{\partial y} - \sigma \frac{\partial D}{\partial y} \right)$$

où  $(u, v, w)$  sont les composantes de la vitesse dans le système de coordonnées  $(x, y, z, t)$ ,  $D = \xi + h$ ,  $N_z$  la viscosité virtuelle verticale,  $b$  la flottabilité,  $f$  la force de Coriolis,  $F_x, F_y$  la dissipation horizontale par viscosité :

$$F_x = N_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \text{ et } F_y = N_h \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

Les Conditions limites en surface sont :

$$w^* = 0$$

$$\rho_0 \frac{1}{D} N_z \frac{\partial (u, v)}{\partial \sigma} = (\tau_{sx}, \tau_{sy}) \text{ où } (\tau_{sx}, \tau_{sy}) \text{ est la tension du vent.}$$

au fond

$$w^* = 0$$

$$\rho_0 \frac{1}{D} N_z \frac{\partial (u, v)}{\partial \sigma} = (C_d \sqrt{u_b^2 + v_b^2} u_b, C_d \sqrt{u_b^2 + v_b^2} v_b)$$

Au sud du lagon et aux limites du domaine, nous avons imposé une pente de la surface de la mer proportionnelle à la tension du vent et une dérivée normale nulle de la vitesse. Sur la limite ouverte, extérieure au lagon, à l'ouest, nous avons imposé un niveau constant sur toute la frontière et une dérivée normale nulle de la vitesse.

Dans le cas du modèle du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie, la flottabilité est considérée, en première approche, comme constante sur tout le domaine. Dans ce cas, le

modèle à longueur de mélange de Prandtl (*Prandtl mixing length model*) est bien adapté pour décrire les couches limites de surface et de fond (Davies and Gerritsen, 1994). En supposant que la production d'énergie est équilibrée par la dissipation, la viscosité virtuelle verticale est de la forme :

$$N_z = l^2 \left| \frac{\partial u}{\partial z} \right|$$

où  $l = \frac{1}{\frac{1}{0.4z} + \frac{1}{0.7(D-z)}}$  est la longueur de mélange.

La résolution des équations est basée sur la séparation des modes externes et internes (Blumberg et Mellor, 1987 ; Lazure et Salomon, 1991). Les deux modèles tournent en parallèle. Le modèle bidimensionnel calcule les élévations de la surface libre (mode externe) et les fournit au modèle tridimensionnel (mode interne). Ce dernier résout entièrement les équations. Le modèle bidimensionnel est basé sur la méthode numérique d'intégration du type A.D.I. (Alternating Direction-Implicit) (Leendertse, 1967) qui a été largement utilisée durant les 20 dernières années. Les termes de friction, qui lui sont appliqués au fond, sont déduits des courants de fond calculés par le modèle tridimensionnel.

Les conditions limites aux frontières fermées sont simplement écrites en imposant un flux nul à travers la ligne de côte. Pour les conditions limites aux frontières ouvertes, les élévations de la mer et une condition de radiation des vitesses sont spécifiées en chaque point de grille.

La discrétisation spatiale des équations est basée sur la grille C d'Arakawa comme pour le modèle bidimensionnel (Fig. 2).

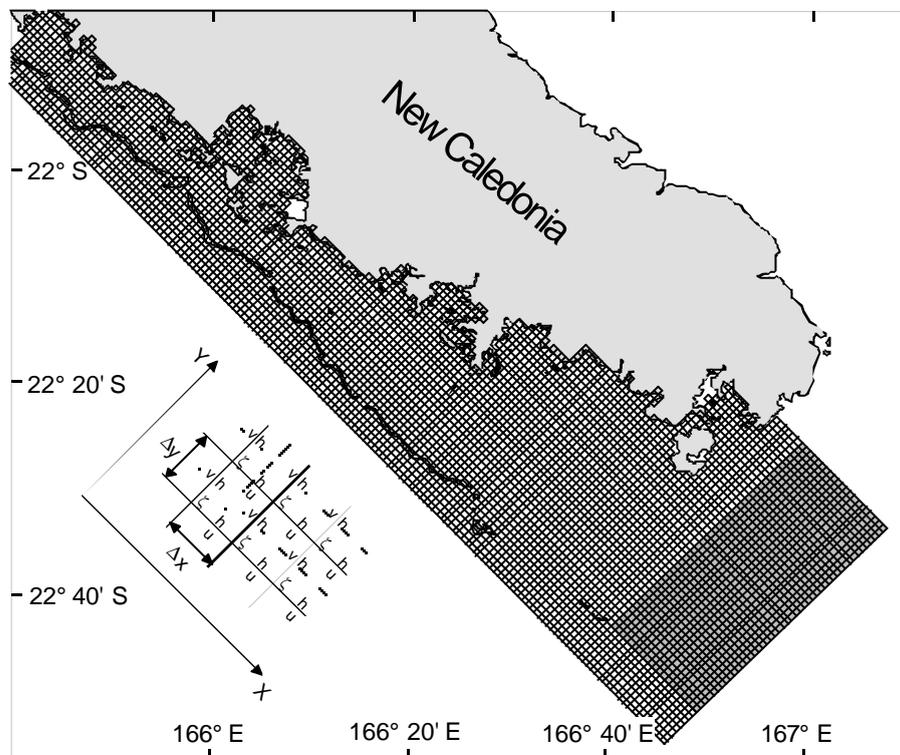


Figure 2 : Domaine de simulation. Schéma de la grille Arakawa C modifiée.

### **1.3 Application au Lagon sud-ouest**

Le domaine géographique couvert par les deux modèles est limité à l'ouest par une ligne extérieure au lagon dans des fonds supérieurs à 1000 mètres (Fig. 2). Au nord la zone d'étude va jusqu'à la zone de fermeture du lagon situé près de La Foa. La corne sud du lagon n'ayant pas été hydrographié, une profondeur uniforme de 50 mètres a été imposée dans cette partie (Fig. ?, zone en gris).

La grille de calcul a une valeur constante de 500 mètres. Cette valeur a été choisie comme un compromis entre la capacité de puissance de calcul des ordinateurs utilisés et la résolution nécessaire pour représenter les caractéristiques géomorphologiques (passes, côte, canyons). Le nombre de points de grille est de 341 par 109. Le pas de temps du modèle bidimensionnel est de 30 secondes. Le pas de temps du modèle tridimensionnel est de 5 minutes.

## 2. Validation des modèles appliqués au lagon sud-ouest

La méthode de validation consiste à simuler des situations réelles et à les comparer aux mesures physiques obtenues dans ces situations.

### 2.1 Campagnes de mesures

De 1988 à 1990, l'IRD a réalisé une série de mesures dans le lagon sud-ouest : 6 courantomètres, 4 marégraphes et 2 stations météorologiques ont été placés stratégiquement dans le lagon (Douillet *et al.* 1989, 1990). Ceci nous a permis de créer une base de données avec à peu près deux ans de mesures par instruments (Fig. 3). De plus, les données de marée récoltées par le S.H.O.M. ont été intégrés dans notre base de données ainsi que les données collectées par l'IRD lors de précédentes campagnes.

Les premiers résultats obtenus par le modèle tridimensionnel ont fait ressortir l'existence d'une structure verticale dans la zone du Banc Gaï. Il est apparu nécessaire de compléter la base de données par des mesures supplémentaires. Dans le cadre du programme Zonéco, de nouvelles campagnes de mesures ont été réalisées en 1999. Celles-ci ont consisté principalement dans la mise en œuvre d'un courantomètre Doppler dont la caractéristique principale est de mesurer par tranche de un mètre les courants de la surface au fond.

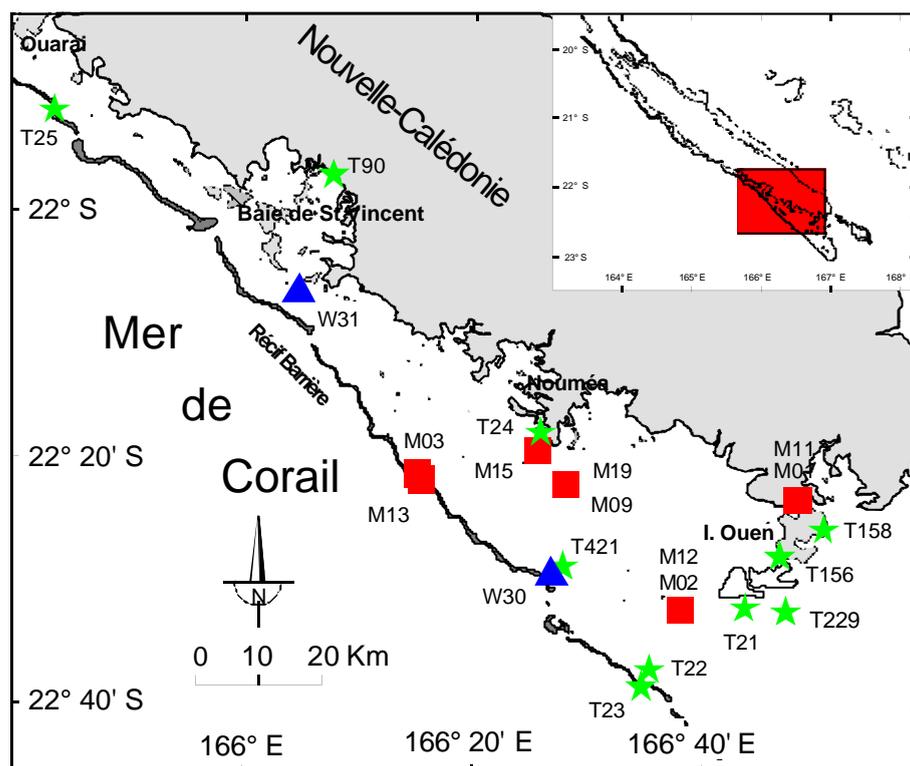


Figure 3 : Position des mesures des marégraphes (♠), des courantomètres (■) et des stations météorologiques (★).

### 2.2 Validation du modèle bidimensionnel

La validation de la modélisation de la marée a fait l'objet d'un article paru en 1998 (Douillet, 1998).

Les amplitudes et les phases des ondes de marée  $M_2$  et  $S_2$  calculées par le modèle ont été comparées à celles calculées à partir des mesures (Tableau 1). Les premières sont calculées par le modèle après 9 jours de simulation sur deux périodes du cycle de marée. Les mesures du niveau de la mer sont utilisées pour déterminer les conditions limites, en aucun cas elles n'ont été utilisées pour contraindre le modèle.

Location/ model	$M_2$				$S_2$			
	Modèle		Mesure		Modèle		Mesure	
	H(m)	g(°g)	H(m)	g(°g)	H(m)	g(°g)	H(m)	g(°g)
T21	0.356	221.7	0.354	222.1	0.117	277.7	0.118	277.1
T22	0.381	223.7	0.382	223.2	0.126	273.9	0.126	272.9
T23	0.386	227.0	0.386	227.0	0.136	272.0	0.136	272.0
T25	0.377	228.9	0.377	228.9	0.138	267.7	0.138	267.5
T24	0.403	228.9	0.409	228.1	0.143	274.2	0.141	274.8
T90	0.427	234.4	0.423	234.1	0.155	273.9	0.135	280.3
T156	0.371	227.1	0.376	226.8	0.129	279.6	0.125	284.5
T158	0.314	214.0	0.308	211.3	0.083	282.6	0.082	282.2
T229	0.341	218.1	0.337	218.1	0.106	278.8	0.103	280.0
T421	0.391	227.1	0.397	228.0	0.136	273.3	0.138	275.4

Tableau 1 : Comparaison entre les amplitudes, phases mesurées et calculées.

Les grandes caractéristiques de variation du niveau de la mer sont bien reproduites par le modèle.

La croissance de l'amplitude de  $M_2$ , minimale en T158 et maximale en T90, est confirmée (Fig. 4). L'erreur maximale entre l'amplitude mesurée et celle calculée pour l'onde  $M_2$  est de 0.006 m. Les valeurs mesurées et calculées de l'onde  $M_2$  présentent une différence de 2.7 degrés au point T158, mais celui-ci est près de la frontière sud-ouest où la marée n'est pas parfaitement connue. Deux autres points présentent une différence de l'ordre 0.9 degrés, T421, T24. T421 n'a été mesuré sur que 74 jours mais avec une interruption de plusieurs mois créant une incertitude sur la phase. T24 est situé dans la rade de Nouméa près d'un petit chenal qui n'a pu être pris en compte par le modèle.

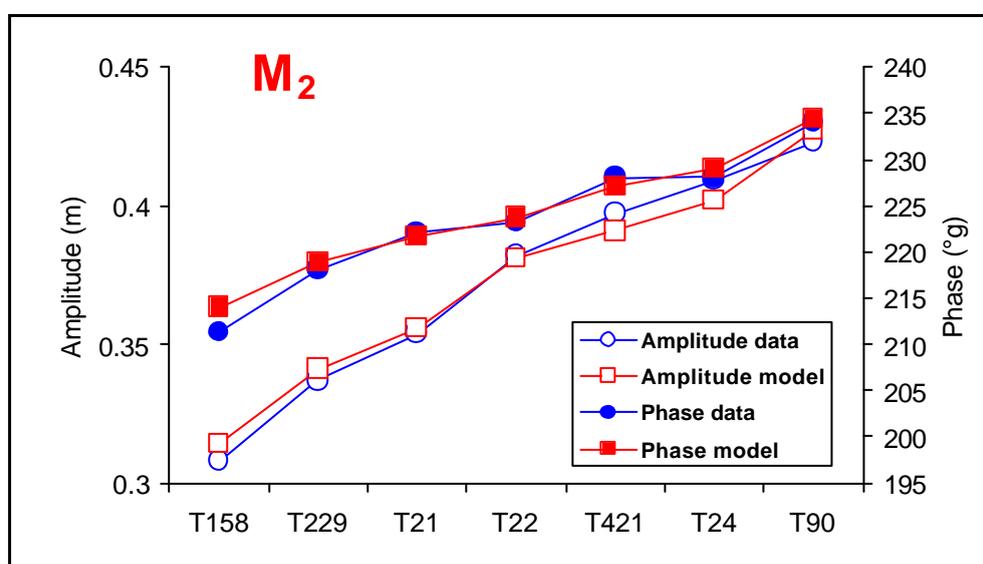


Figure 4 : Comparaison des amplitudes et phases de l'onde  $M_2$

De la même manière, l'accord entre les amplitudes mesurées et calculées pour l'onde  $S_2$  est excellent sauf pour le point T90 qui n'a que 44 jours de mesures (Fig. 5). Pour les phases de  $S_2$ , l'erreur en T421 et T90 est vraisemblablement dû au manque de mesures en ces points.

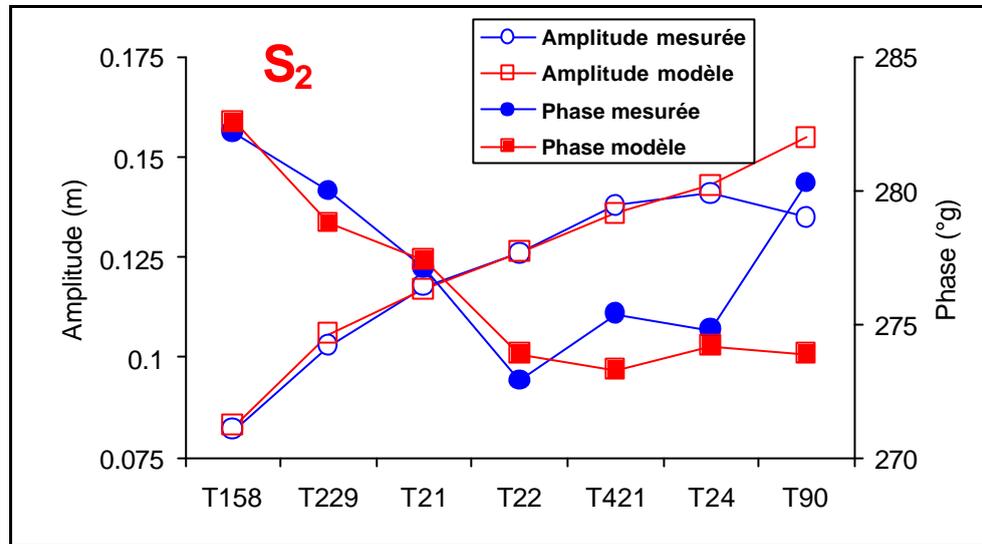


Figure 5 : Comparaison des amplitudes et phases de l'onde  $S_2$

La deuxième phase de validation du modèle bidimensionnel a consisté dans la comparaison des courants calculés et mesurés (Tab. 2 et 3). L'accord sur les amplitudes des courants est bon pour les ondes  $M_2$  et  $S_2$ . Les courants sont légèrement surestimés aux points M02/M12 et M01/M11, et légèrement sous-estimés au point M03/M13. Ces différences peuvent être attribuées à différentes causes. Premièrement, la bathymétrie du lagon n'est pas parfaitement représentée par la maille de 500 mètres. Par exemple les points M03 et M13 séparés de 500 mètres sont dans la même cellule. Ceci illustre la différence entre les mesures qui sont locales et les données du modèle qui sont une moyenne sur une cellule. Deuxièmement, les modèles en différences finies distordent la bathymétrie dans le voisinage des canyons, ceci explique les erreurs de l'orientation des ellipses aux points M01/M11 et M03/M13.

Location	$M_2$ modèle			$M_2$ mesuré		
	Semi-major axis (a)	Semi-minor axis (b)	Orientation (°North)	Semi-major axis (a)	Semi-minor axis (b)	Orientation (°North)
Model	( $s^{-1}$ )	(m $s^{-1}$ )	(m)	( $s^{-1}$ )	(m $s^{-1}$ )	(m)
M01/M11	0.220	0.013	58.7	0.178	0.035	35.7
M02/M12	0.140	0.004	115.3	0.109	-0.005	112.9
M03/M13	0.239	0.006	45.2	0.280	0.010	38.0
M15	0.128	-0.005	141.9	0.139	0.003	150.6
M09/M19	0.049	0.004	115.1	0.040	0.002	115.5

Tableau 2 : Comparaison pour l'onde  $M_2$  des courants calculés et mesurés

Location Model	S <sub>2</sub>			S <sub>2</sub>		
	Semi- major axis	Semi- minor axis	Orientation	Semi- major axis	Semi- minor axis	Orientation
	(a) (s <sup>-1</sup> )	(b) (m s <sup>-1</sup> )	(m °North)	(a) (s <sup>-1</sup> )	(b) (m s <sup>-1</sup> )	(m °North)
M01/M11	0.069	-0.003	59.2	0.069	-0.009	22.5
M02/M12	0.049	-0.012	118.7	0.036	-0.011	116.9
M03/M13	0.097	-0.004	42.2	0.099	0.002	36.8
M15	0.038	0.001	139.4	0.034	-0.002	151.6
M09/M19	0.016	-0.008	109.0	0.014	-0.003	111.0

Tableau 3 : Comparaison pour l'onde S<sub>2</sub> des courants calculés et mesurés

### 2.3 Validation du modèle tridimensionnel

La validation du modèle tridimensionnel fera l'objet d'un article, actuellement en cours de rédaction (Douillet et Lazure, en cours).

Afin de tester la validité du modèle de nombreuses simulations ont été réalisées en appliquant des vents réels mesurés aux points W30 et W31. Le but est de comparer les valeurs obtenues par le modèle aux mesures qui ont été réalisées dans le lagon. Par rapport aux comparaisons que nous avons effectuées dans le cadre de la circulation due à la marée (Douillet, 1998), le nombre de points de mesures utilisable ici est nettement moins important. Afin d'éliminer la partie du courant due à la marée et les éventuelles variations diurnes du vent, un filtre de Asselin (1972) de 48 heures a été appliqué aux données. Pour chaque simulation, le vent est constant sur tout le domaine et ne varie qu'en fonction du temps. Lorsque les données existent, trois types de vents ont été appliqués : W30, W31 et la moyenne, calculée par composantes, des vents W30 et W31. La comparaison entre les mesures et les valeurs calculées n'est effectuée qu'après une semaine environ de manière à ce que le modèle soit bien stabilisé. On ne présente ici qu'un seul test de validité

La simulation couvre la période du 15/07/90 au 04/08/90 (Fig. 6). Les trois types de vents appliqués ici sont à peu de près du même ordre de grandeur sauf vers le 22/07/90 et à partir du 31/07/90. Le 22/07/90, le vent mesuré au point W31 est plus faible. A partir du 31/07/90 le vent mesuré au point W31 devient très proche de zéro. Du 15/07/90 au 28/07/90 le vent est un alizé de sud-est établi qui varie entre 7 m/s et 10m/s. Du 28/07/90 au 31/07/90 le vent s'inverse et passe à l'ouest avec un maximum de l'ordre de 5 m/s. Enfin du 31/07/90 à la fin de l'enregistrement, le vent repasse au sud-est. Pour le point M02, situé au fond du lagon au sud, les différentes simulations reproduisent les courants mesurés. Les inversions de courants sont bien reproduites par le modèle. Toutefois, le maximum de courant calculé du 28/07/90 ( $\approx 6$  cm/s) est inférieur aux valeurs mesurées ( $\approx 9$  cm/s). Pour le point M12, situé près de la surface au sud du lagon, l'accord entre les simulations et les courants mesurés est satisfaisant. La différence constatée du 23/07/90 au 25/07/90 sur la deuxième composante de la vitesse ( $v$ ) est de l'ordre de 3 cm/s. Elle peut être expliquée par une légère variation entre les directions du courant mesuré et celles calculées par le modèle. Dans la passe de Dumbéa, la maille de 500 mètres ne reproduit pas fidèlement la géomorphologie de la zone, par exemple, le maillage représente mal la forme du canyon qui mène à la passe. Par ailleurs, les courantomètres ont dû être placés soit légèrement en dehors de la passe (M13), soit sur un contrefort du canyon qui mène à la passe (M03). Ceci explique les différences entre les mesures et le modèle.

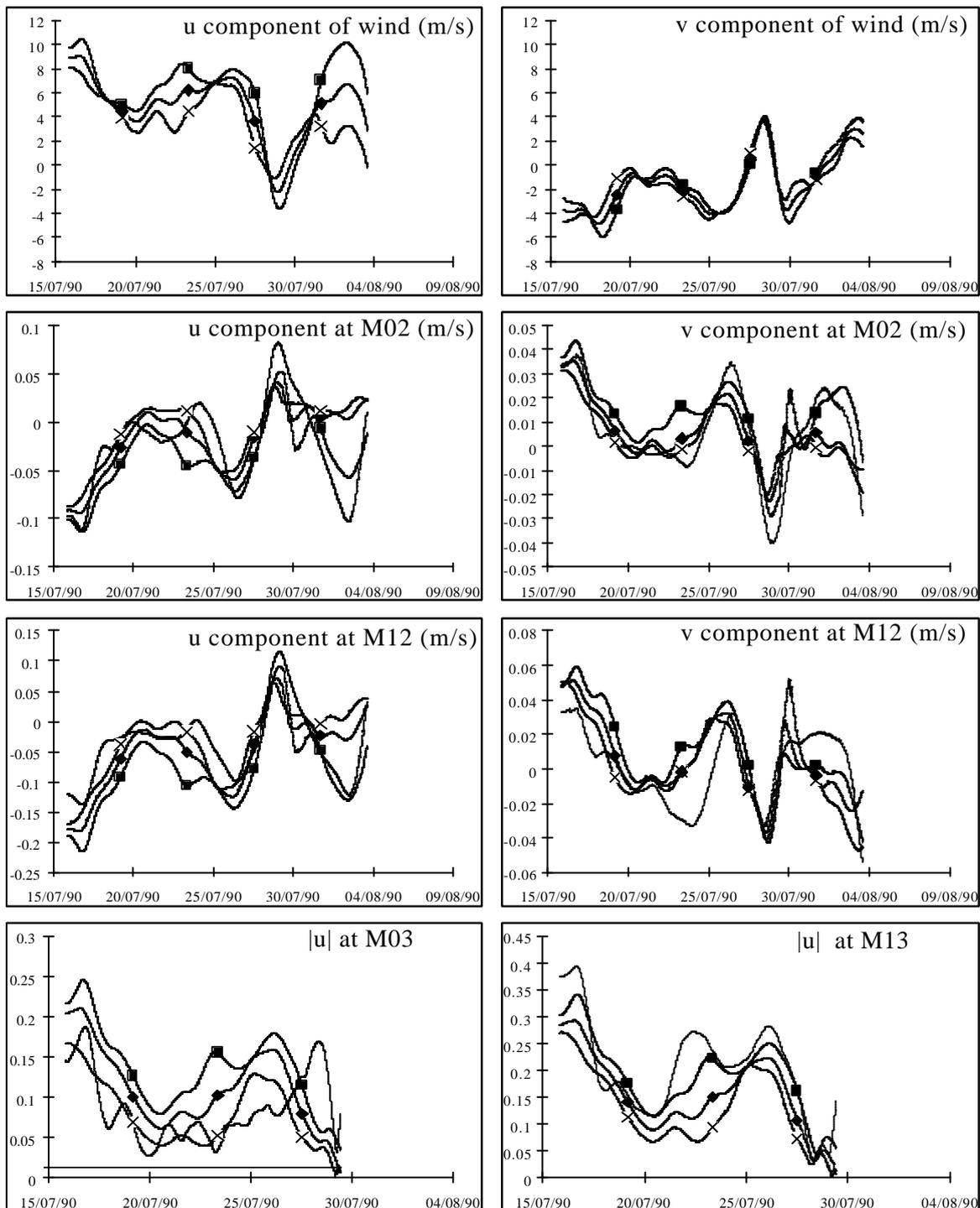


Figure 6 : Comparaison entre les courants mesurés et calculés pour 3 vents différents, ■ W30, ◆ W31, □ moyenne de W30 et W31.

En conclusion, l'ensemble des simulations réalisées à partir des mesures réalisées entre 1988 et 1990 montre que le modèle reproduit correctement les courants.

Les simulations réalisées à partir du modèle ont montré que les courants dus au vent génèrent une circulation tridimensionnelle. En particulier dans la zone appelée Banc Gai, le modèle montre la présence en subsurface un tourbillon tridimensionnel d'une vingtaine de kilomètres. Dans le cadre des programmes ECOTROPE et Zonéco, des mesures ont été

réalisées à l'aide d'un courantomètre doppler, qui permet d'obtenir les mesures des courants sur l'ensemble de la colonne d'eau en un point déterminé pendant une période de l'ordre du mois, contrairement aux courantomètres classiques qui ne mesurent le courant qu'en un point. La figure 7 montre les données obtenues en Juin 1999 dans le sud du Banc Gaï pour la composante nord sud des courants. L'ensemble des données récoltées lors de cette campagne est en cours d'analyse et sera confrontées au modèle.

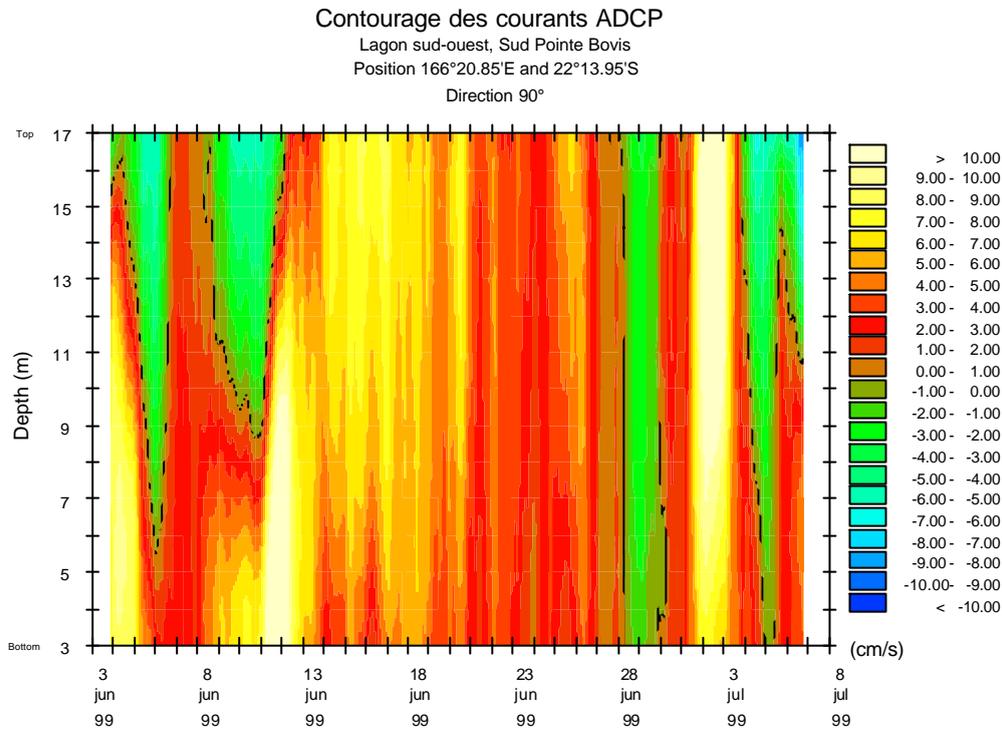


Figure 7 : Courants nord-sud mesurés par le courantomètre doppler.

### 3. Présentation du programme d'affichage et d'impression des cartes de courants

Le programme informatique développé dans le cadre de la convention Zonéco a pour but de visualiser et d'imprimer les cartes de courants calculées par les deux modèles. Ce logiciel développé en Microsoft Visual Basic 6.0 fait appel à une petite base de données Microsoft Access qui gère le jeu de cartes. Celles-ci sont stockées sur un Cédérom ainsi que le logiciel et la base de données. L'affichage et l'impression des cartes à l'écran est vectorielle. Ceci permet de garder la qualité des vecteurs vitesses quel que soit le grossissement demandé. L'ergonomie a été choisie de manière à rester le plus proche possible des logiciels généralement utilisés et a été conçu pour un écran disposant d'une définition minimum de 600 pixels par 800 pixels. L'écran principal est présenté en figure 8.

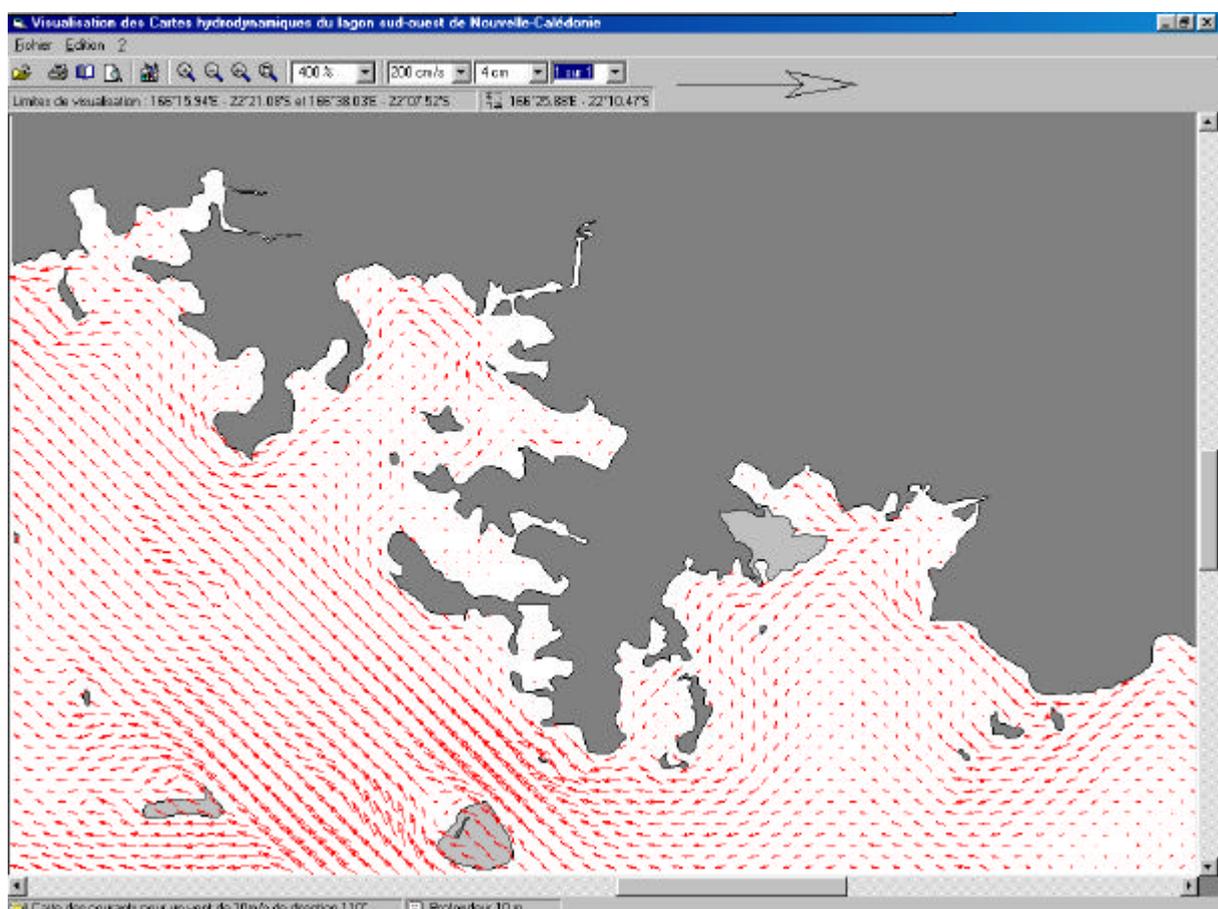
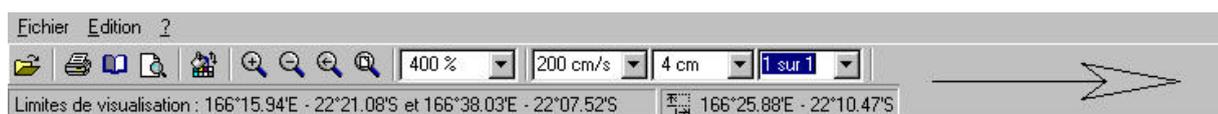


Figure 8 : Fenêtre principale du logiciel de visualisation et d'impression des cartes.

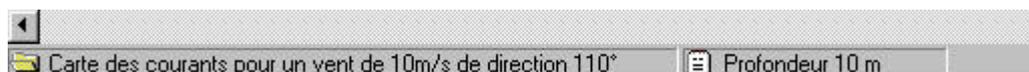
Le menu classique est doublé pour les commandes principales par un menu graphique :



Celui-ci permet de modifier les principales caractéristiques : le facteur de zoom par sélection sur liste déroulante ou en utilisant la souris après avoir sélectionné le bon icône, le rapport entre la vitesse réelle et sa représentation à l'écran grâce à deux liste déroulantes, la densité des vecteurs vitesses (1 sur 1, 1 sur 2, 1 sur 3), les paramètres de visualisation (couleurs et

épaisseurs des vitesses et du fond de carte), les paramètres d'impression. Ce menu permet enfin d'accéder directement à l'aperçu avant impression, et l'impression. Sous celui-ci, les limites géographiques de la zone visualisée sont affichées, ainsi que la position de la souris en coordonnées géographiques. Le référentiel IGN72 a été choisi de manière à être en accord avec les cartes marines. La flèche située à droite de l'écran est la taille à l'écran de la vitesse affichée dans la liste déroulante (200 cm/s dans l'exemple présenté).

En bas de l'écran les caractéristiques de la carte sont affichées :



L'écran de configuration de l'affichage a la forme suivante :

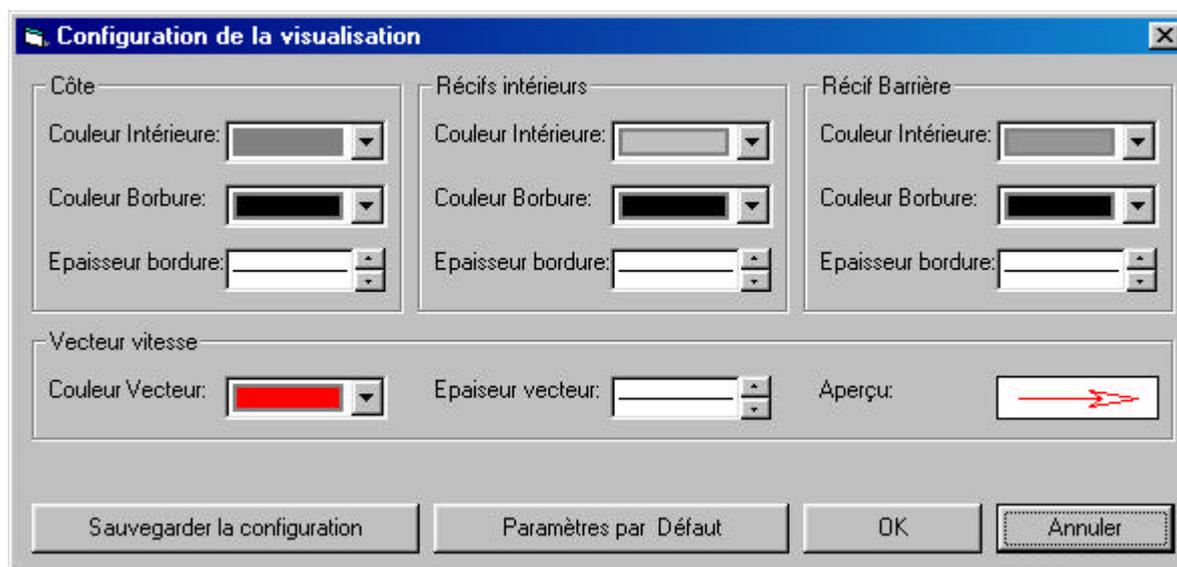


Figure 9 : Fenêtre de configuration de la visualisation

Il permet de configurer les principaux paramètres de la visualisation, de les sauvegarder ou de revenir à la configuration par défaut. Trois types d'éléments du fond de carte ont été considérés : la côte, les récifs intérieurs, et le récif barrière.

Les paramètres d'impressions se décomposent sous la forme de 4 écrans regroupés dans une même fenêtre en utilisant une barre d'onglets. Le premier écran est une reprise de l'écran précédant mais ici les paramètres seront utilisés pour l'impression

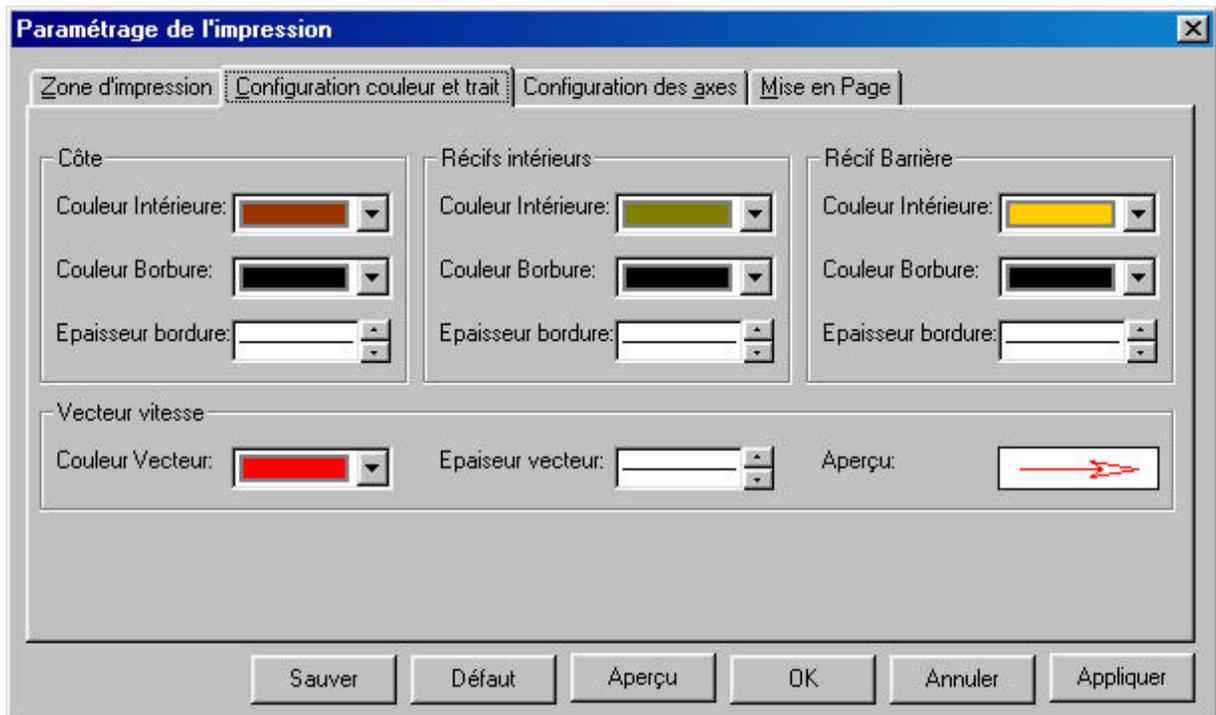


Figure 10 : Onglet de configuration du fond de carte et des vecteurs vitesses pour l'impression

Le deuxième écran permet de définir la configuration des axes : la police utilisée, la position de départ des graduations et l'intervalle les séparant.

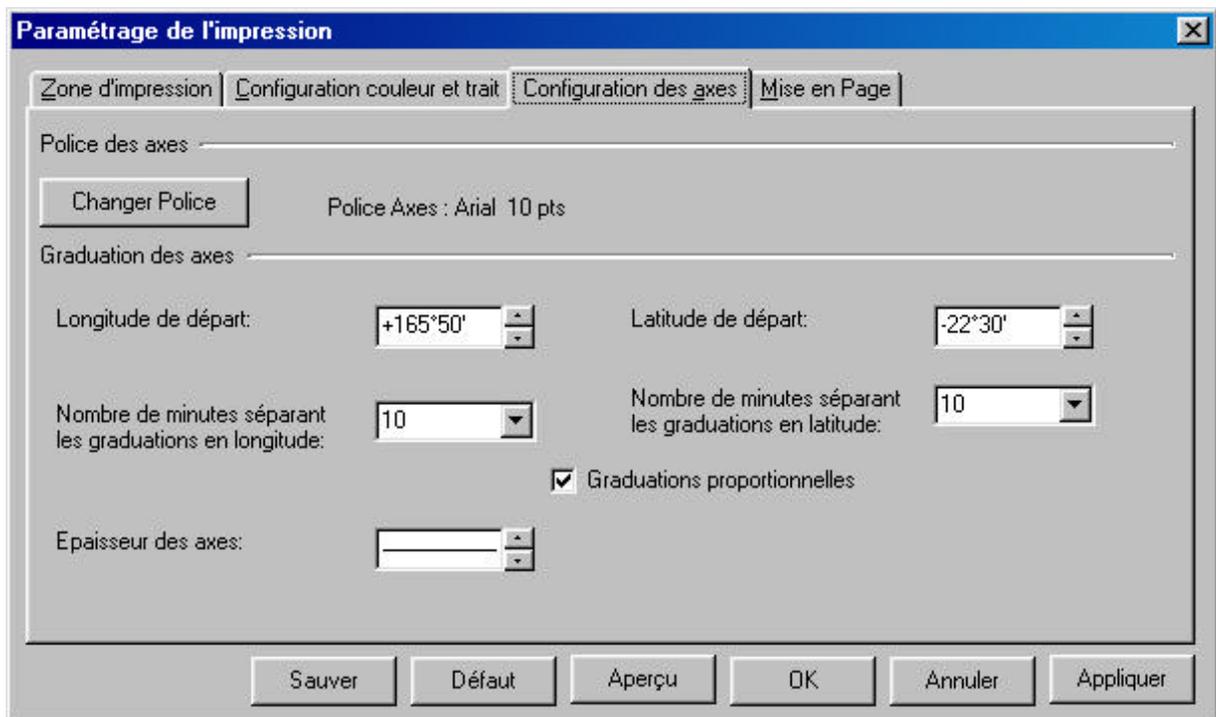


Figure 11 : Onglet de configuration des axes pour l'impression

Le troisième écran permet de configurer les marges et le centrage éventuel sur la page :

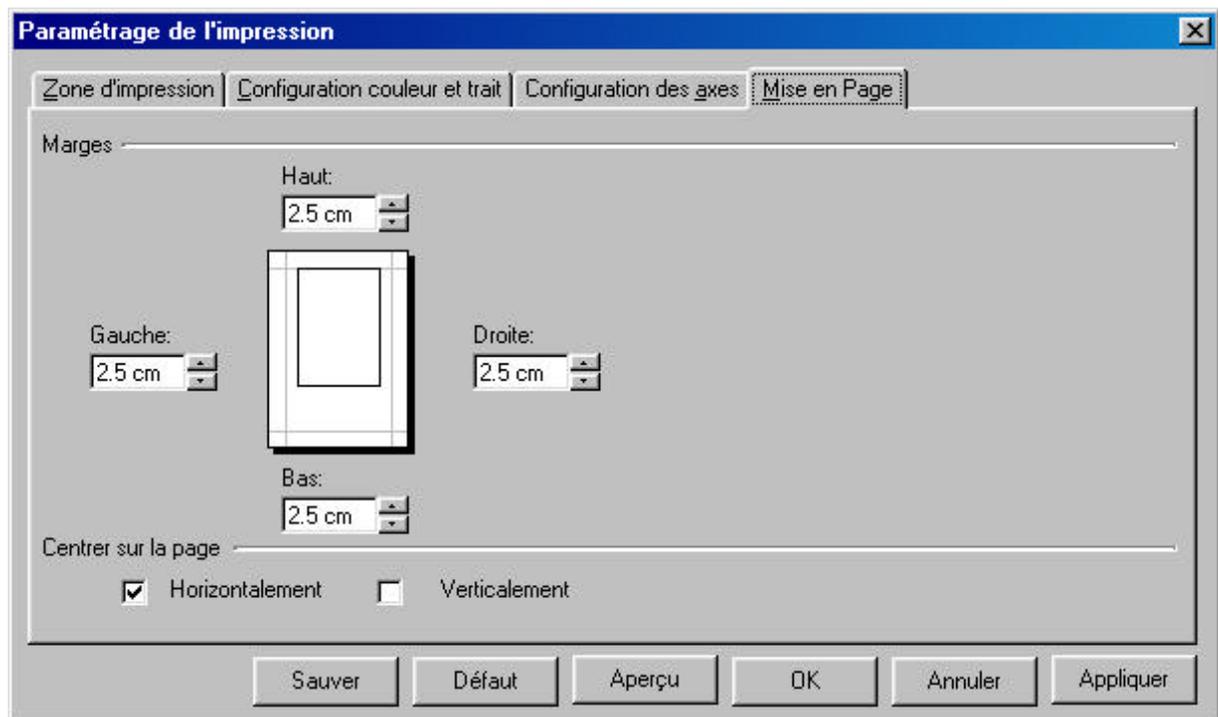


Figure 12 : Onglet de configuration des marges pour l'impression

Le quatrième écran est en cours de réalisation et n'est pas présenté ici. Il permettra de définir les limites de la zone imprimée et l'échelle.

L'impression des cartes et l'aperçu avant impression sont en cours d'écriture. Les cartes imprimées comprendront un cartouche énumérant les différentes caractéristiques de la carte, par exemple les conditions de vent ou de marée, l'échelle, la projection, la référence des vitesses...

## REFERENCE

- Blumberg, A.F., Mellor, G.L. 1987. A description of the three-dimensional coastal ocean circulation model. *in* Heaps N.S. (ed.) : *Three-dimensional coastal ocean model* : American Geophysical Union, Washington D.C., 16 p.
- Davies, A.M., Gerritsen, H., 1994. An intercomparison of three-dimensional tidal hydrodynamic models of the Irish Sea. *Tellus*, 46A, 200-221.
- Douillet, P., en cours. Wind-driven circulation in the south-west lagoon of New Caledonia: observations and 3D numerical modelling. *19p*.
- Douillet, P., 1998. Tidal dynamics of the south-west lagoon of New Caledonia: observations and 2D numerical modelling. *Oceanologica Acta*, 21 (1), 69-79.
- Douillet, P., Bargibant, G., Hamel, P., Hoffschir, C., Menou, J.L., Panché, J.Y., Tirard, P. 1990. Mesures de courant, de marée et de vent dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. 2ème partie : juillet 1989 à octobre 1990. Nouméa : ORSTOM *Rapp. sci. tech., Sci. Mer, Biol. mar., Biol. mar.*, 58 : 722p.
- Douillet, P., Bargibant, G., Hoffschir, C., Laboute, P., Menou, J.L., Panché, J.Y., Tirard, P. 1989. Mesures de courant, de marée et de vent dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. 1ère partie: octobre 1988 à juillet 1989. Nouméa : ORSTOM *Rapp. sci. tech., Sci. Mer, Biol. mar., Biol. mar.*, 53, 271 p.
- Lazure, P., Salomon, J.C. 1990. Etude par Modèles mathématiques de la circulation marine entre Quiberon et Noirmoutier. *Oceanologica Acta* - Vol. SP - N°11 : 93-99.
- Lazure, P., Salomon, J.C. 1991. Coupled 2-D and 3-D modelling of coastal hydrodynamics. *Oceanologica Acta*, 14 (2) : 173-180.
- Leendertse, J.J., 1967. Aspects of a computational model for long-period water-wave propagation. The Rand Corporation, RM-5294-PR, 165p.
- Messinger, F., Arakawa, A., 1976. Numerical methods used in atmospheric models, Vol. I. WMO, GARP Publ. Ser., 17: 64p.
- Nihoul, J.C.J 1984. A three-dimensional general marine circulation model in a remote sensing perspective. *Ann. Geophys.*, 2: 433-442.