



METEO FRANCE

Prévision des surcotes sur les côtes de la Méditerranée

Rapport final

**Etude co-financée par Météo-France et la Direction de la
Prévention des Pollutions et des Risques**

**Météo-France
Direction de la Prévision
Division Marine et Océanographie**

Etablissement Public à caractère Administratif placé sous la tutelle du ministère chargé des transports
1, quai Branly - 75340 PARIS Cedex 07 - Tel : 33 01 45 56 71 71- Télécopie : 33.01 45 56 70 05 - Téléc : METFRAN 202876
N°Siret : 180 060 030 00012

Contacts :

Météo-France
Direction de la Prévision
Division Marine et Océanographie

["http://www.meteo.fr/marine"](http://www.meteo.fr/marine)

DPrévi/Mar
42, avenue Coriolis
31057 Toulouse Cedex 1

Tél : +33 5 61 07 82 01

Fax : +33 5 61 07 82 09

<mailto:marine@meteo.fr>

RAPPORT

Table des matières	1
1. Cadre de l'étude	4
1.1 Objectif	4
1.2 Intérêt	4
1.3 Contractant	4
1.4 Laboratoire ayant effectué l'étude	4
1.5 Responsable Scientifique	4
1.6 Mise en œuvre technique	4
2. Descriptif scientifique	5
2.1 Méthodologie	5
2.2 La surcote	5
2.3 Le modèle	5
2.4 Le domaine d'étude	6
2.5 Forçage Atmosphérique	7
2.6 Validation du modèle	7
3. Conclusions	9
4. Bibliographie	10
4.1 Publications	10
4.2 Rapports	10
4.3 Documentation technique	11
Annexe I	11
Annexe II	15

Cadre de l'étude

Objectif

Adapter le modèle de surcotes pour les côtes de la Méditerranée, le valider sur des situations extrêmes et proposer sa mise en mode opérationnel.

Intérêt

Prévoir les surcotes le long des côtes à l'aide d'un modèle opérationnel.

Contractant

Météo-France
1, quai Branly, 75340 Paris Cedex 07

Laboratoire ayant effectué l'étude

Direction de la Prévision
Division Marine et Océanographie
42, avenue Coriolis
31057 Toulouse Cedex 1

Responsable Scientifique

Pierre DANIEL

Mise en œuvre technique

Météo-France
Direction de la Prévision
Division Marine et Océanographie, DPrévi/Mar

Descriptif scientifique

Méthodologie

Le but de ce projet est d'installer un modèle de surcotes en Méditerranée à l'exemple de celui utilisé en opérationnel sur la zone Manche-Atlantique. En effet, actuellement, les seuls outils de prévision de surcotes liées au passage de dépressions ou de tempêtes sur les côtes de la Méditerranée sont soit inexistantes, soit empiriques. Cette étude doit permettre d'adapter le modèle couvrant la zone Manche-Atlantique aux côtes méditerranéennes et à leurs spécificités ainsi que de valider cette étude à l'aide de simulations pour des situations particulières sélectionnées par la Direction Interrégionale Sud-Est de Météo-France (DIRSE).

La surcote

Le phénomène de surcote consiste en une variation locale et temporaire du niveau de la mer provoquée par les variations du vent et de la pression atmosphérique. L'élévation du niveau de la mer due à de faibles pressions est appelée effet barométrique inverse. Ainsi une baisse de pression de 10 hPa provoque une hausse du niveau de la mer de 10 cm (en supposant le système stationnaire et après un temps suffisamment long pour obtenir l'équilibre). Cette valeur peut être plus ou moins élevée selon la topographie du fond et la vitesse de déplacement de la dépression. Loin des côtes et en eau profonde, l'élévation reste assez faible et correspond approximativement à l'effet barométrique inverse, tandis que près des côtes les effets dynamiques prennent de l'ampleur et amplifient la surcote.

Le modèle développé pour la zone Manche-Atlantique tient compte de la marée et calcule la surcote comme la différence entre l'élévation totale et l'élévation due à la marée. Compte-tenu de la faible amplitude des marées sur les côtes françaises en Méditerranée, l'élévation due à la marée de l'ordre de 20 à 30 centimètres, est négligée et n'est pas calculée. La validation est effectuée ensuite à l'aide d'observations corrigées des effets de marée.

Le modèle

L'utilisation de modèles numériques pour la prévision des surcotes est maintenant une technique bien établie et forme la base de systèmes opérationnels de prévision tels que le modèle SLOSH (Jelesnianski and Chen 1992) sur la côte des Etats-Unis, le modèle du BMRC (Hubbert et al. 1991) sur la côte australienne et les modèles de la Mer du Nord (Peck et al. 1983).

L'apparition de stations de travail puissantes permet maintenant l'utilisation de ces modèles hydrodynamiques dans des centres de prévision opérationnels. Un modèle de prévision des surcotes liées aux cyclones a été développé par Météo-France et installé aux Antilles (Martinique et Guadeloupe) en novembre 1993, en Nouvelle Calédonie en décembre 1994, en Polynésie Française en novembre 1995 et à la Réunion en novembre 1996. Ce modèle de surcotes cycloniques a ensuite été adapté pour la prévision des surcotes sur les côtes métropolitaines de Manche et Atlantique et est utilisé en mode pré-opérationnel depuis octobre 1999 pour fournir des prévisions quotidiennes.

Le modèle de surcotes est un modèle barotrope qui est forcé par le vent et la pression atmosphérique ; il utilise les équations de Saint-Venant. Ces équations sont intégrées sur une grille C d'Arakawa (Mesinger et Arakawa 1976) en utilisant un schéma numérique fractionné. La description du schéma numérique est faite en détail dans Daniel (1995), ainsi qu'une analyse de sa stabilité. Le frottement au fond est calculé à partir du courant intégré sur la profondeur en utilisant une relation quadratique de type Chezy à partir du courant intégré sur la profondeur. Le long des côtes, la composante normale du courant est nulle. Aux frontières ouvertes du domaine, l'élévation est obtenue par l'effet barométrique inverse.

Les sorties consistent en cartes prévues de surcotes maximum prévues et de séries temporelles d'élévations par stations et ce pour trois forçages atmosphériques différents : les prévisions du CEPMMT, celles issues du modèle Arpège et celles du modèle Aladin, tout deux développés et utilisés par Météo-France. Une simulation de 24 heures prend quelques minutes. En utilisant la climatologie locale, une étude pourra être faite pour cartographier les risques ; les zones côtières pourront être alors classées en zones sans risque, faible risque, risque et fort risque de surcotes.

Le domaine d'étude

Le modèle de surcotes a été adapté sur une zone correspondant à la Méditerranée Occidentale qui s'étend sur environ 200 kilomètres d'est en ouest entre le détroit de Gibraltar et le détroit de Sicile. Du sud au nord, elle est comprise entre 35° et 45°, soit une largeur maximale de 900 kilomètres. Il s'agit d'une mer profonde, la profondeur moyenne du bassin étant égale à 1500m (Miller, 1983), qui compte par ailleurs peu de plateaux mis à part le Golfe du Lion. La présence de telles profondeurs constituent une différence importante avec le domaine considéré en Manche et dans le Golfe de Gascogne, une bathymétrie lissée et de faibles profondeurs près des côtes y étant nécessaires pour le bon fonctionnement du modèle (Drici, 1994).

Ce bassin est relié à l'ouest à l'Océan atlantique par le détroit de Gibraltar et à l'est à la Méditerranée Orientale par le détroit de Sicile. L'influence de ce dernier n'a pas été prise en compte à cause des ordres de grandeur considérés (Florent Lyard, Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, communication personnelle). Quant au détroit de Gibraltar, des développements ultérieurs pourraient en permettre une meilleure prise en compte en introduisant des courants de grande échelle.

La bathymétrie utilisée possède une résolution de 5 minutes d'arc et est issue de diverses bases de données :

- Etopo5
- Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)
- Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS)

Des cartes marines du SHOM ont également été utilisées pour retoucher la bathymétrie près des côtes.

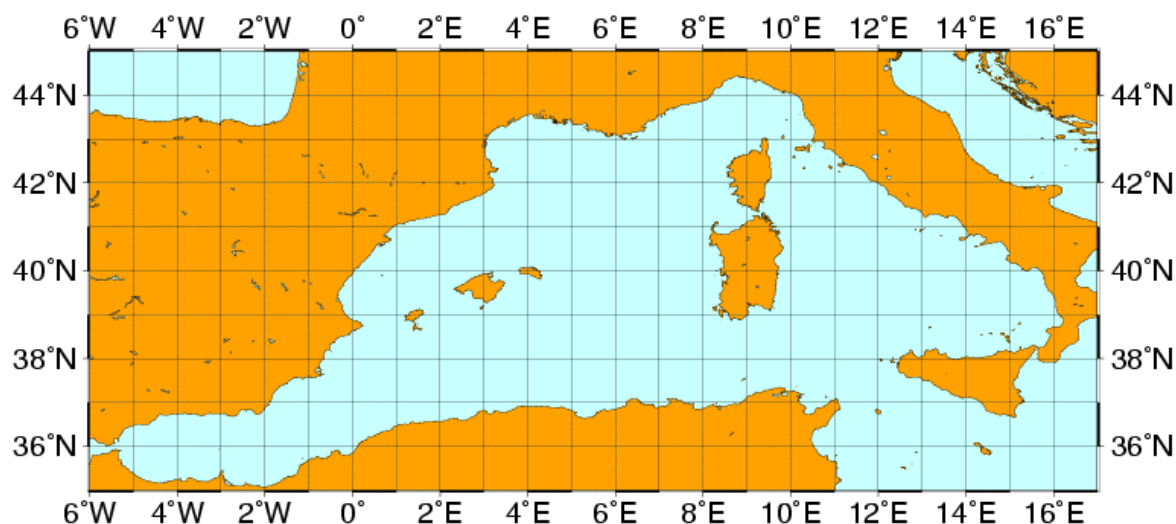


Figure 1 : domaine choisi pour l'étude, compris entre 35°N et 45°N, 6°W et 17°E

Des test ont également été réalisées avec des bathymétries plus précises à 1mn d'arc fournies par le SHOM et le LEGOS, mais les surcotes obtenues sont d'amplitude sensiblement égale à celle obtenue avec la bathymétrie à 5mn, alors que le temps de calcul est multiplié d'un facteur 100.

Forçage Atmosphérique

Les simulations ont été réalisées avec des analyses issues de différents modèles météorologiques :CEPMMT, Arpège, Aladin.

- CEPMMT

Le modèle de prévision du Centre Européen de Prévision Météorologique à Moyen Terme est un modèle global qui offre toutes les 6 heures des champs de vent et de pression avec une résolution horizontale de 1° et une fréquence temporelle de 6h.

- ARPEGE

ARPEGE est le modèle atmosphérique global opérationnel de Météo-France Son maillage étiré permet d'améliorer la résolution horizontale sur la métropole : 0.25°. Les champs analysés sont disponibles avec une fréquence de 6 heures

- ALADIN

ALADIN est le modèle haute résolution utilisé par Météo-France pour affiner les prévisions sur la France. La résolution horizontale est de 0.1°. Les analyses sont disponibles toutes les – heures et les prévisions toutes les 3 heures. En alternant analyses et prévisions, on peut reconstruire un forçage atmosphérique avec une fréquence temporelle de 3 heures (« pseudo-analyses » dans la suite).

Sur une situation, on dispose de vents et pressions prévus par ALADIN avec une fréquence horaire

Validation du modèle

La validation du modèle repose sur une comparaison avec des observations fournies par le SHOM (auxquelles on a soustrait la valeur théorique de la marée astronomique) . Une vingtaine de situations ont été auparavant sélectionnées par les prévisionnistes de la DIRSE, 6 d'entre elles ont ensuite été retenues (celles pour lesquelles les observations étaient particulièrement intéressantes).

Période	analyses CEPMMT	analyses ARPEGE	pseudo-analyses ALADIN	prévisions ALADIN
04 au 08 janvier 1994	X			
10 au 13 novembre 1996	X	X		
15 au 21 décembre 1997	X	X		
18 au 21 septembre 1999	X	X	X	
27 au 28 décembre 1999	X	X	X	X
05 au 08 novembre 2000	X	X		

Cas du 04 au 08/01/1994 :

Tempête de sud-ouest ayant provoqués d'importants dégâts sur les côtes des Bouches du Rhône et du Var. L'étude des vents montre qu'il y a eu une convergence sur la côte provençale, entre le vent de sud-ouest canalisé entre les îles Baléares et la côte espagnole et le vent de sud qui régnait plus au large, entre Baléares et Corse. (Novel, 1995). Au même moment, toutes les rivières provençales, surtout la Durance, connaissent des crues dévastatrices. Le 8, le Rhône enregistre un débit de pointe de 11 000 m3/s à Beaucaire. La Camargue est inondée par le Rhône suite à la rupture de digues. Le vent de sud-ouest lève une houle de 3 à 4 mètres sur le Golfe du Lion.

On ne dispose ici que d'un seul type de forçage et d'une observation (pour Toulon). La surcote est sous estimée d'une dizaine de cm.

Cas du 10 au 13/11/1996 :

Il s'agit d'une situation d'Est Sud-Est. La surcote est bien prévue (la plus importante à lieu à Sète) avec les deux forçages et en particulier avec Arpège

Cas du 15 au 21/12/1997 :

Tant par sa durée que son intensité, cette tempête, qui a levé des vagues de plus de 10 mètres dans le Golfe du Lion, semble être la plus violente des 20 dernières années. C'est le cas pour lequel la surcote est la plus sous-estimée, très certainement à cause de l'incapacité des modèles atmosphériques à reproduire le vent réel. Par exemple à Leucate le 16 décembre où le vent maximum est de 35 kt pour le modèle, alors que l'observation est 63 kt avec des rafales à 100 kt.

Cas du 18 au 21/09/1999 :

On dispose pour cette situation de 4 observations ((Sète, Toulon, Nice, Monaco) ainsi que de 3 types d'analyses. La surcote est bien prévue avec ces trois forçages et particulièrement avec les pseudo-analyses Aladin qui possèdent la particularité d'avoir une fréquence de 3 heures contre 6 aux autres forçages.

Cas du 27 au 28/12/1999 :

Du point de vue de l'étude, cette situation a été retenue car non seulement elle possède l'avantage de représenter un cas de forte surcote mais on possède pour cette période 4 forçages atmosphériques différents ainsi que de nombreuses observations. La plus forte surcote a lieu à Marseille, son heure est bien prévue par le modèle mais son amplitude est sous-estimée. Cette simulation permet d'observer l'importance prépondérante du forçage atmosphérique et en particulier de sa résolution temporelle puisque les meilleurs résultats sont obtenus avec des prévisions toutes les heures alors qu'on dispose par ailleurs d'analyses atmosphériques (réalisées *a posteriori*), mais à des fréquences temporelles de 3 et 6 heures.

Cas du 05 au 08/11/2000 :

La piste sud de l'aéroport de Nice inondée et impraticable, de nombreuses routes côtières fermées, dont la "Promenade des Anglais", les infrastructures côtières touchées par d'innombrables dégâts, tel est le résultat de la violente tempête de sud qui a sévi au large des côtes occidentales sardes et corses les 5 et 6 novembre 2000. La surcote est bien prévue indifféremment avec les analyses Arpège et CEPMMT pour les 4 points d'observation dont on dispose.

Conclusions

L'adaptation du modèle de surcotes Manche-Atlantique au bassin de la Méditerranée occidentale a été menée dans le cadre de cette étude. Ce travail permet de disposer aujourd'hui d'un modèle apte à la pratique opérationnelle de routine.

Le modèle a montré sa capacité à prévoir les surcotes de manière satisfaisante. Les erreurs de prévision (surcote non-vue ou sous-estimée par le modèle) sont à rapprocher des erreurs sur la prévision du vent où d'un échantillonnage trop lâche du forçage atmosphérique (en résolution temporelle et spatiale). C'est ce que l'on constate notamment avec l'utilisation des prévisions Aladin.

En effet la prévision des surcotes est directement liée à une bonne prévision des vents forts ce qui nécessite un échantillonnage temporel le plus fin possible, notamment en cas de variations rapides (en force ou en direction).

Il est ainsi possible d'avoir une évaluation de l'influence de l'erreur concernant la prévision du vent dans des cas d'école : dans le cas d'un bassin rectangulaire de 50m de profondeur et de 200km de long, 5 nœuds d'écart sur un vent de 20 nœuds provoquent un écart de 14 cm sur la surcote, cet écart s'accroissant avec la force du vent.

En outre une comparaison rapide a été menée avec les résultats issus du modèle 3D développé par le LEGOS. Ce dernier modèle, un modèle de recherche développé en laboratoire et qui n'est pas utilisable en mode opérationnel possède une précision supérieure pour les situations « courantes » (variation de niveau de quelques centimètres) mais sous-estime dans les mêmes proportions que notre modèle les très fortes surcotes, du type de celle observée à Marseille en décembre 1999 par exemple.

Ce modèle est désormais utilisé depuis décembre 2001 en mode pré-opérationnel pour des prévisions quotidiennes. Une coopération a été mise en œuvre avec le SHOM pour obtenir des observations régulières et les comparer avec les sorties du modèle. Ce sont en effet désormais deux aspects qui ne sont pas du domaine de la modélisation numérique ou de la science qui vont permettre la réalisation d'une prévision de surcotes en routine opérationnelle :

- pratique quotidienne et expertise par les prévisionnistes « marine », qui permettra d'exploiter au mieux les prévisions numériques ;
- contrôle objectif systématique *a posteriori* à l'aide des données observées par des marégraphes.

Ces deux pratiques, menées de façon systématique, permettront de fournir aux modélisateurs et scientifiques un retour d'information leur permettant d'améliorer les codes utilisés.

Bibliographie

Publications

- DANIEL P., P. JOSSE and V. ULVOAS, 2001: Atmospheric forcing impact study in Météo-France storm surge model, *Coastal Engineering V, Computer modelling of seas and coastal regions*, WIT Press, pp 135-144.
- DANIEL P., 1997 : Forecasting tropical cyclone storm surges at Météo-France, *Computer modelling of seas and coastal regions III*, Computational Mechanics Publications, pp. 119-128.
- DANIEL P., 1996 : A real-time system for forecasting hurricane storm surges over the French Antilles. *Small Island Oceanography, Coastal and Estuarine Studies*, AGU.
- DANIEL P., 1994 : Un logiciel de prévision des surcotes liées aux cyclones pour les DOM-TOM, Metmar.
- HUBBERT G.D., LESLIE L.M. and MANTON M.J., 1990 : A storm surge model for the Australian region. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 116 pp. 1005-1020.
- JELESNIANSKI C. P., CHEN J. and SHAFFER W. A., 1992 : SLOSH :SEA, Lake and Overland Surges from Hurricanes, NOAA. Technical report NWS 48, DEPT of Comm. NOA, 71 pp.
- MESINGER F. and ARAKAWA A., 1976 : Numerical methods used in atmospheric models. GARP Publ. Ser. No. 17, ICSU/WMO, Geneva, Switzerland.
- MUNGOV, G. and P. DANIEL, 2000: Storm surges in the Western Black Sea. Operational forecasting, *Mediterranean Marine Science, Vol 1/1*, pp 45-50.
- NOVEL T., 1995: Grosse houle en Méditerranée, Metmar N°169.
- PEARSON R. A., 1974 : Consistent boundary conditions for numerical models of systems that admit dispersive waves, *J. Atmos. Sci.*, 31, 1481-1489.
- PEECK H., PROCTOR R. and BROCKMANN C., 1983 : Operational storm surge models for the North Sea. *Continental Shelf Research*, 2, 317-329.
- WU J., 1980 : Wind-stress coefficients over sea surface near neutral conditions-a revisit, *J. Phys. Oceanogr.*, 10, 727-740.
- WU J., 1982 : Wind-stress coefficients over sea surface from breeze to hurricane, *J. Geophys. Res.*, vol. 87 C12, 974-9706.

Rapports

- CAMAIL C. et LEROUX P., 1995 : Validation du modèle de surcotes en Manche et Golfe de Gascogne. Note de travail de l'ENM n°535, 68 pp.

- CADIOU H., DRICI K. et EL ABED M., 1993 : Etude de l'influence de différentes conditions aux limites sur un modèle d'océan forcé par le vent. Rapport de projet de modélisation, SCEM/PREVI/MAR, ENM, 38 p.
- CHARPENTIER S. et ESTREM L., 1997 : Validation du modèle de surcotes sur les côtes de Manche et du Golfe de Gascogne. Note de travail de l'ENM n°606, 66 pp.
- DUMONT B., 1994 : Modèle de prévision de surcotes dues aux cyclones : calibration et validation, inondation des terres. Note de travail de l'ENM n°455, 71 pp.
- FEUILLATRE L., 1995 : Rapport préliminaire sur l'étude des paramètres d'entrée du modèle de surcotes. DIRAG/ETD.
- FEUILLATRE L. et MARTIN N., 1994 : Cartographie des surcotes liées aux cyclones sur les îles de Saint Martin et de Saint Barthélemy. Note de travail de l'ENM n°493, 51 pp.
- FROUD P. et LACROIX S., 1995 : Caractérisation des surcotes à Port Louis et dans le grand Cul-de-Sac marin (Guadeloupe). Note de travail de l'ENM n°538, 74 pp.
- GOUAZE M. et SERRE T., 1994 : Etude de l'élévation de la surface de la mer au passage d'un cyclone tropical. Rapport de stage de maîtrise, SCEM/PREVI/MAR, Université Paul Sabatier Toulouse, 26 pp.
- NERI P. et PETITCOL S., 1996 : Validation préliminaire du modèle de surcotes sur la Réunion. Note de travail de l'ENM n°576, 26 pp.
- NIORT Y. et VILLEMIN S., 1994 : Cartographie des zones à risques de surcotes liées aux cyclones sur le sud de la Nouvelle Calédonie. Note de travail de l'ENM n°501, 26 pp.
- NOUEL L., 1995 : Simulation de houles cycloniques. Rapport de stage de maîtrise, SCEM/PREVI/MAR, Université Paul Sabatier Toulouse, 88 pp.
- PERRET G., 1996 : Comparaison des mesures du marégraphe de Pointe Fouillole et des résultats du modèle de surcotes lors du passage d'Iris, Luis et Marilyn sur la Guadeloupe. DIRAG/ETD.
- PERRET G., FEUILLATRE L. et FRAYSSINET P., 1996 : Estimations du risque lié aux marées de tempête en Martinique. Etudes et développement n°1, METEO-France, Direction Interrégionale Antilles-Guyane, 20 pp.
- PERRET G., FEUILLATRE L. et FRAYSSINET P., 1996 : Estimations du risque lié aux marées de tempête en Guadeloupe. Etudes et développement n°2, METEO-France, Direction Interrégionale Antilles-Guyane, 20 pp.
- PERRET G., FEUILLATRE L. et FRAYSSINET P., 1996 : Estimations du risque lié aux marées de tempête à Saint Martin et Saint Barthélemy. Etudes et développement n°3, METEO-France, Direction Interrégionale Antilles-Guyane, 20 pp.

Documentation technique

- DANIEL P., 1995 : Modèle de prévision des surcotes. Documentation technique.
- DIRAG/ETD, 1994 : Manuel d'utilisation et documentation technique de l'interface utilisateur du modèle de surcote.

- VILLEMIN A., 1995 : Modèle de prévision des surcotes associées au passage des cyclones. Interface homme/machine de visualisation. Manuel d'utilisation.



ANNEXE 1

		Toulon
Biais (cm)	Obs-CEP	11.79
Erreur quadratique moyenne (cm)	Obs-CEP	12.10
Corrélation	Obs-CEP	0.96

Tableau 1 : Situation du 4 au 8 Janvier 1994

		Sète	Ajaccio
Biais (cm)	Obs-CEP	6.97	-11.45
	Obs-Arpège	4.29	-11.19
Erreur quadratique moyenne (cm)	Obs-CEP	7.78	12.23
	Obs-Arpège	5.63	11.96
Corrélation	Obs-CEP	0.95	0.84
	Obs-Arpège	0.95	0.84

Tableau 2 : Situation du 10 au 13 Novembre 1996

		Sète	Toulon
Biais (cm)	Obs-CEP	28.93	23.67
	Obs-Arpège	24.40	23.84
Erreur quadratique moyenne (cm)	Obs-CEP	33.59	24.75
	Obs-Arpège	27.55	24.81
Corrélation	Obs-CEP	0.96	0.79
	Obs-Arpège	0.97	0.82

Tableau 3 : Situation du 15 au 21 Décembre 1997

		Sète	Toulon	Nice	Monaco
Biais (cm)	Obs-CEP	4.71	0.96	4.37	-0.27
	Obs-Arpège	3.82	0.73	4.00	-0.69
	Obs-Aladin	3.62	0.99	3.94	-0.76
Erreur quadratique moyenne (cm)	Obs-CEP	6.51	3.61	4.81	2.11
	Obs-Arpège	5.81	3.35	4.51	2.34
	Obs-Aladin	5.80	3.59	4.58	2.60
Corrélation	Obs-CEP	0.83	0.90	0.94	0.91
	Obs-Arpège	0.84	0.91	0.93	0.90
	Obs-Aladin	0.83	0.89	0.91	0.87

Tableau 4 : Situation du 18 au 21 Septembre 1999

		Sète	Marseille	Toulon	Nice
Biais (cm)	Obs-CEP	-14.53	33.92	-6.99	-12.65
	Obs-Arpège	-11.75	31.48	-7.71	-14.22
	Obs-Aladin	-11.05	31.97	-7.17	-14.19
	Obs-Aladin	-11.82	30.95	-7.56	-14.75
Erreur quadratique moyenne (cm)	Obs-CEP	15.99	38.94	7.49	12.87
	Obs-Arpège	13.01	35.92	8.23	14.41
	Obs-Aladin	12.31	36.35	7.59	14.45
	Obs-Aladin	13.23	35.98	8.02	15.17
Corrélation	Obs-CEP	0.66	0.76	0.87	0.93
	Obs-Arpège	0.77	0.80	0.86	0.95
	Obs-Aladin	0.80	0.79	0.90	0.93
	Obs-Aladin	0.74	0.66	0.89	0.95

Tableau 5 : Situation du 27 au 28 Décembre 1999

		Toulon	Nice	Monaco	Ajaccio
Biais (cm)	Obs-CEP	1.16	1.51	-9.38	-6.71
	Obs-Arpège	1.02	1.22	-9.60	-7.13
Erreur quadratique moyenne (cm)	Obs-CEP	3.34	4.37	10.57	7.04
	Obs-Arpège	3.56	4.44	10.85	7.44
Corrélation	Obs-CEP	0.96	0.90	0.86	0.97
	Obs-Arpège	0.95	0.89	0.85	0.97

Tableau 6 : Situation du 5 au 8 Novembre 2000

ANNEXE 2

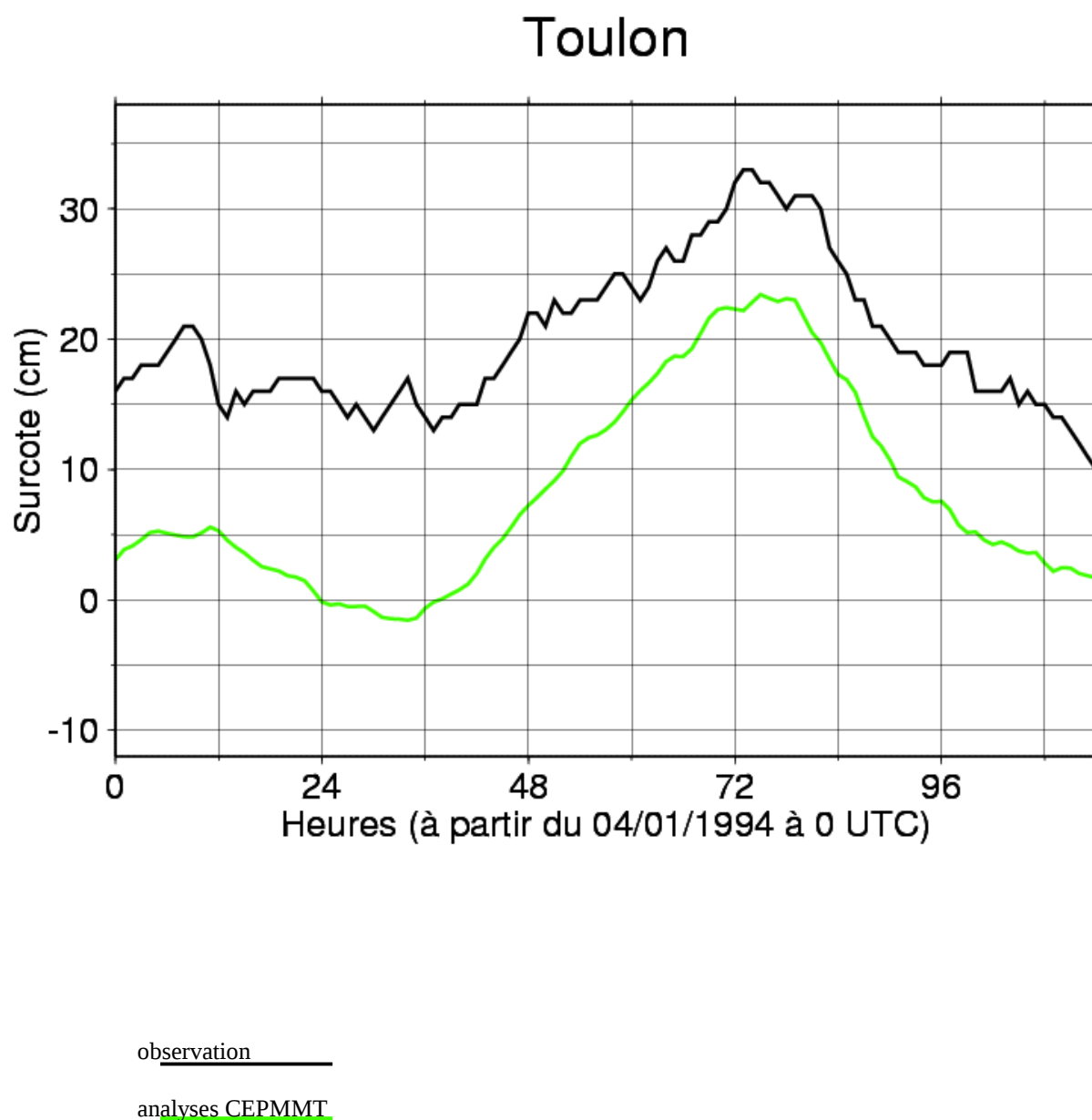


Figure1. a : Surcote à Toulon du 4 au 8 Janvier 1994

Surcote maximum (CEP) : 32 cm

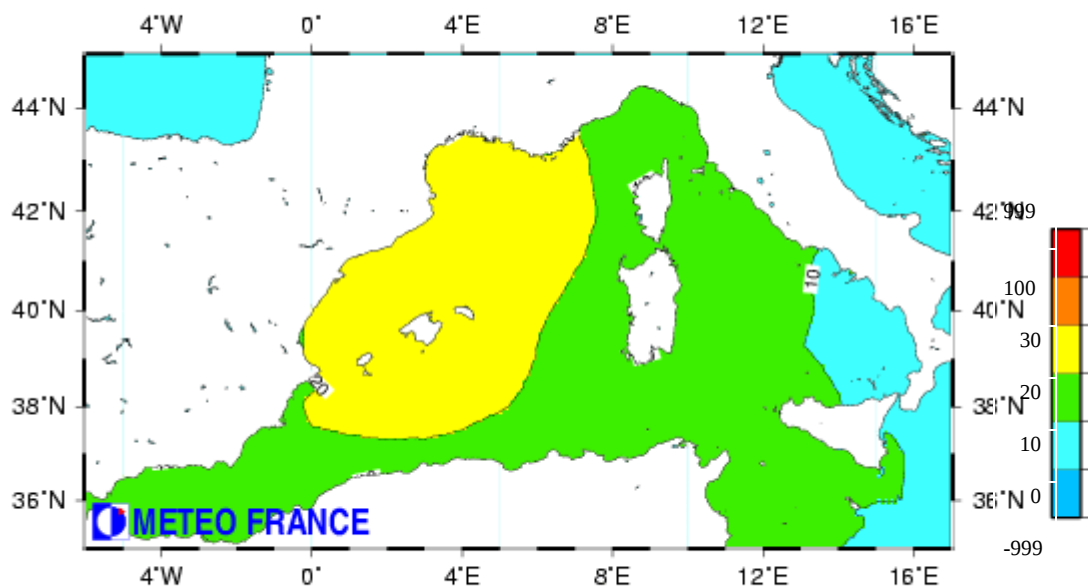


Figure1. b : Surcote maximum du 4 au 8 Janvier 1994

Vent maximum (CEP) : 33 nds

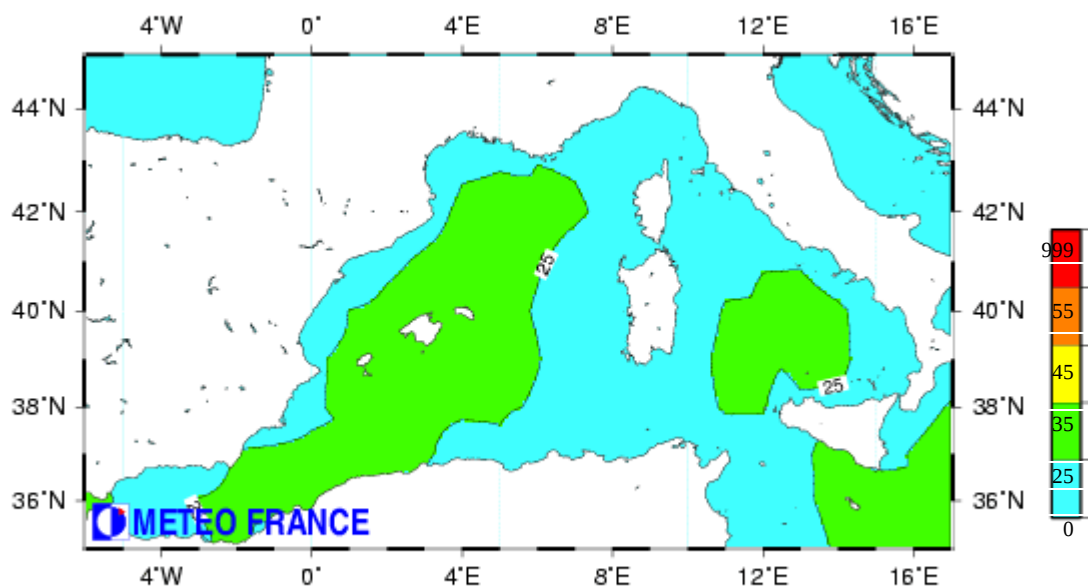


Figure1. c : Vent maximum du 4 au 8 Janvier 1994

Pression minimum (CEP) : 988 hPa

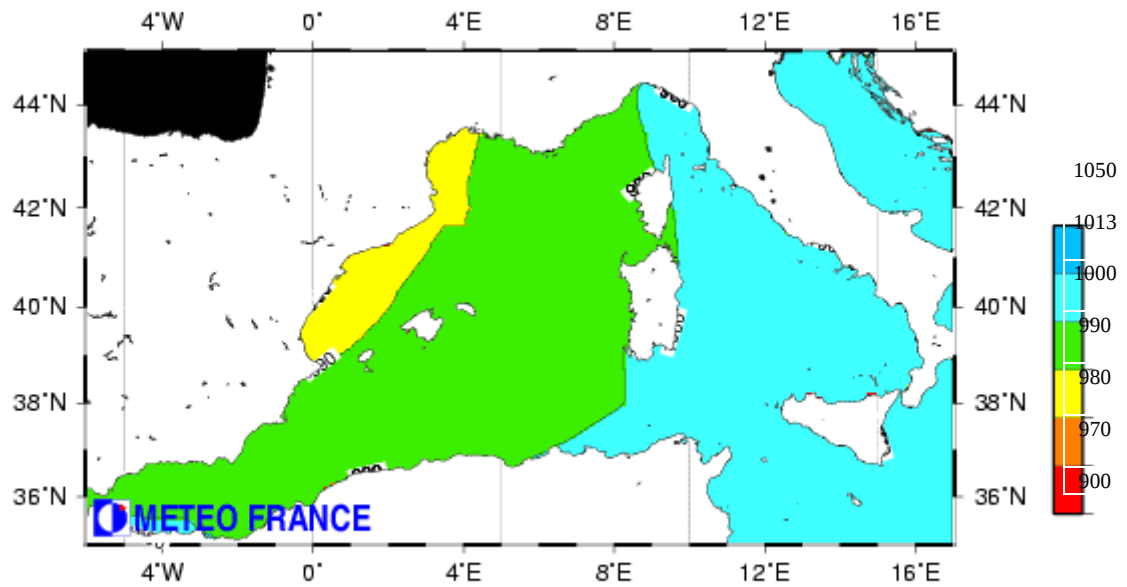
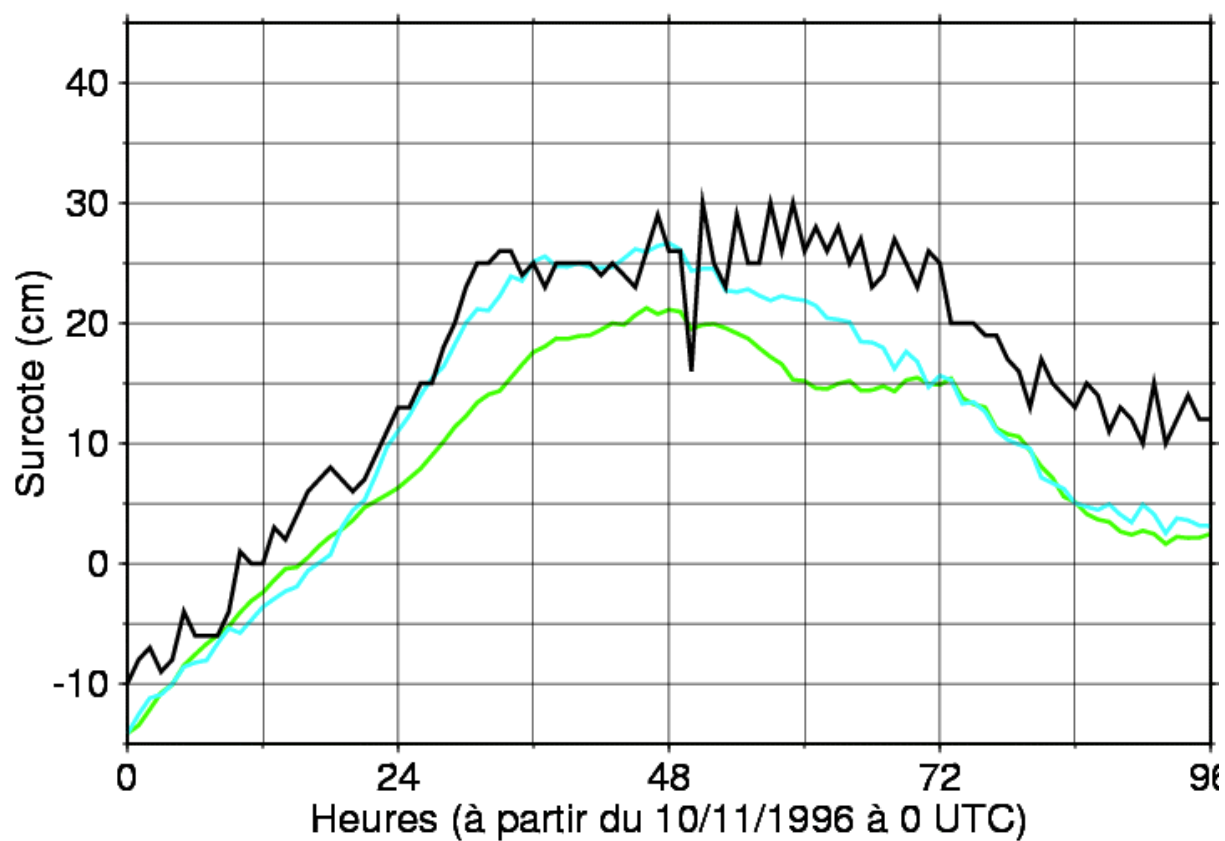


Figure1. d : Pression minimum à Toulon du 4 au 8 Janvier 1994

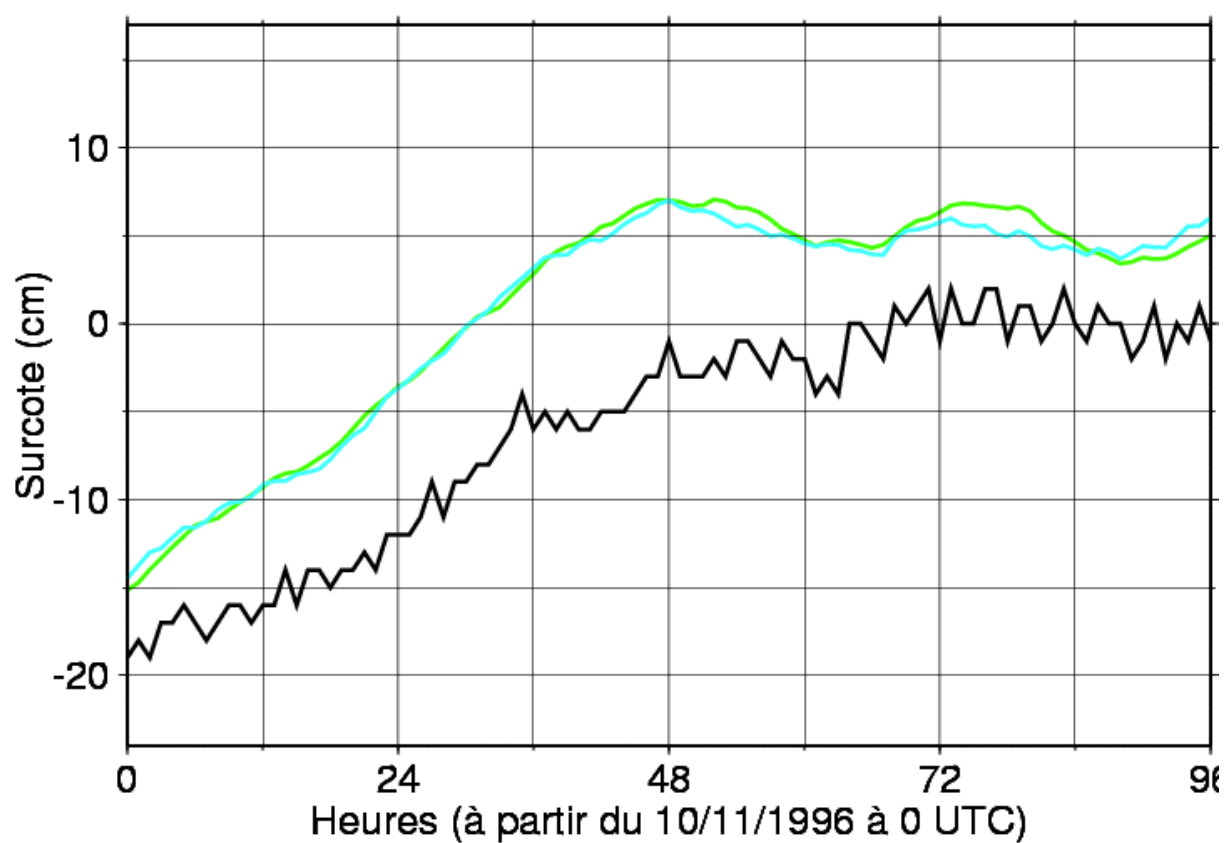
Sète

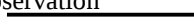


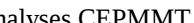
observation
analyses CEPMMT
analyses Arpège

Figure2. a : Surcote à Sète du 10 au 13 Novembre 1996

Ajaccio



observation 

analyses CEPMMT 

analyses Arpège 

Figure2. b : Surcote à Ajaccio du 10 au 13 Novembre 1996

Surcote maximum (Arpège) : 32 cm

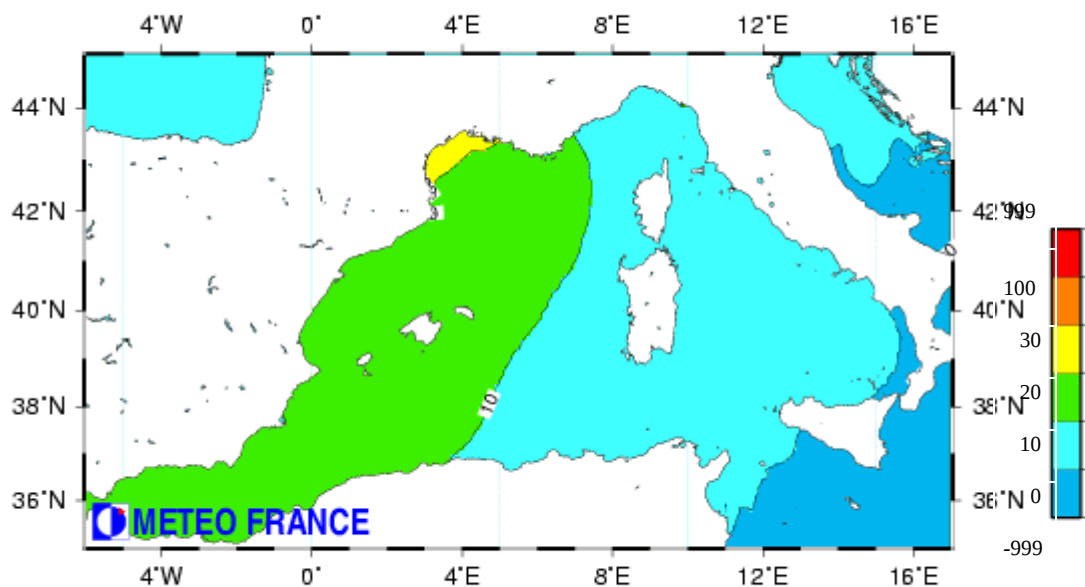


Figure2. c : Surcote maximum du 10 au 13 Novembre 1996 (analyses Arpège)

Surcote maximum (CEP) : 32 cm

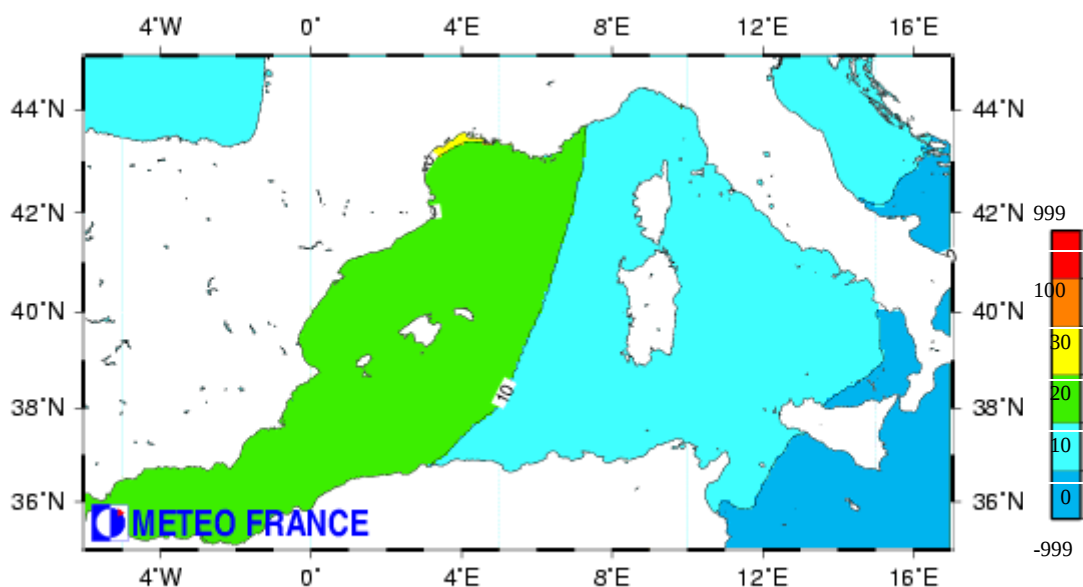


Figure2. d : Surcote maximum du 10 au 13 Novembre 1996 (analyses CEPMMT)

Vent maximum (Arpège) : 37 nds

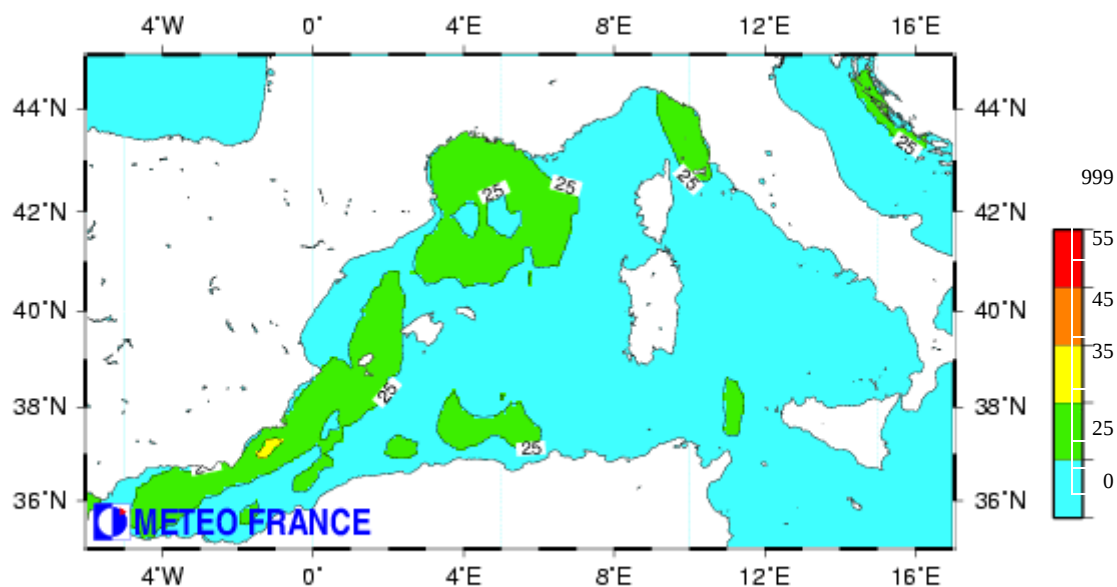


Figure2. e : Vent maximum du 10 au 13 Novembre 1996

Vent maximum (CEP) : 32 nds

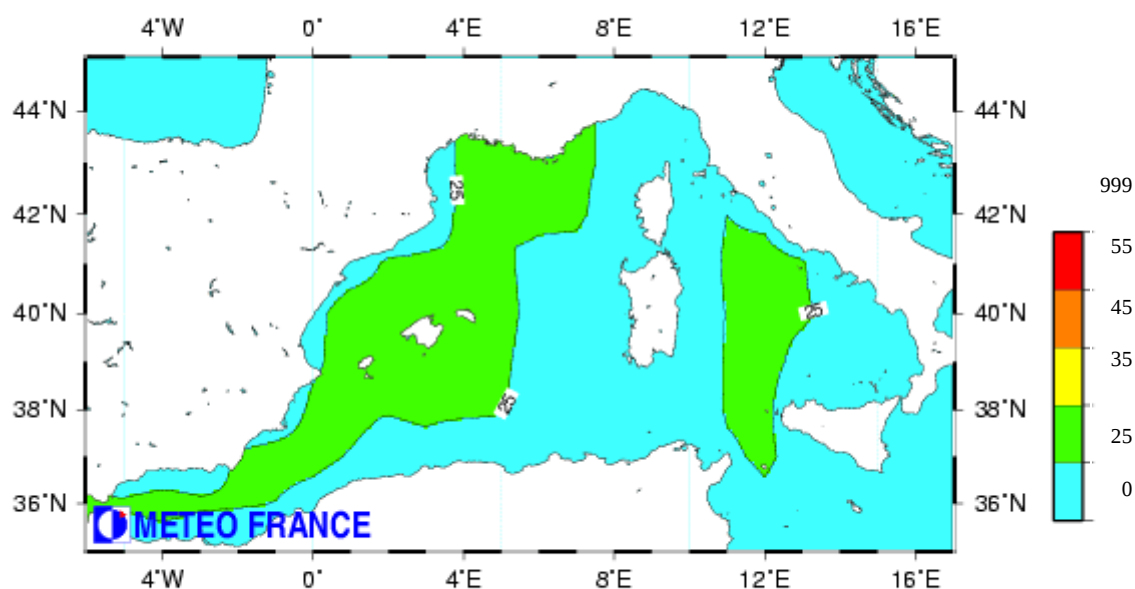


Figure2. f : Vent maximum du 10 au 13 Novembre 1996

Pression minimum (Arpège) : 995 hPa

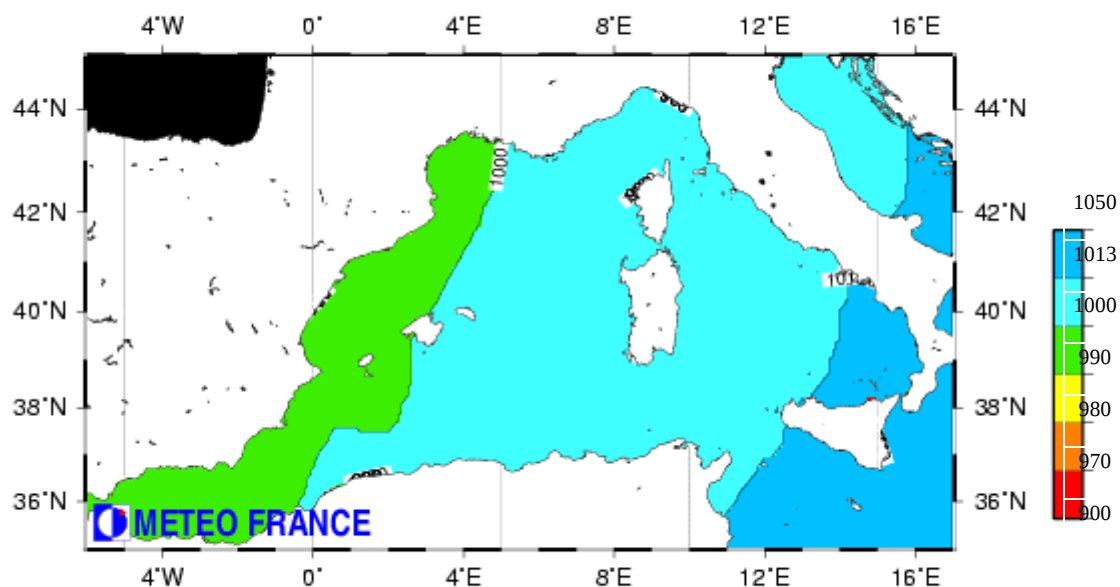


Figure2. g : Pression minimum du 10 au 13 Novembre 1996 (analyses Arpège)

Pression minimum (CEP) : 995 hPa

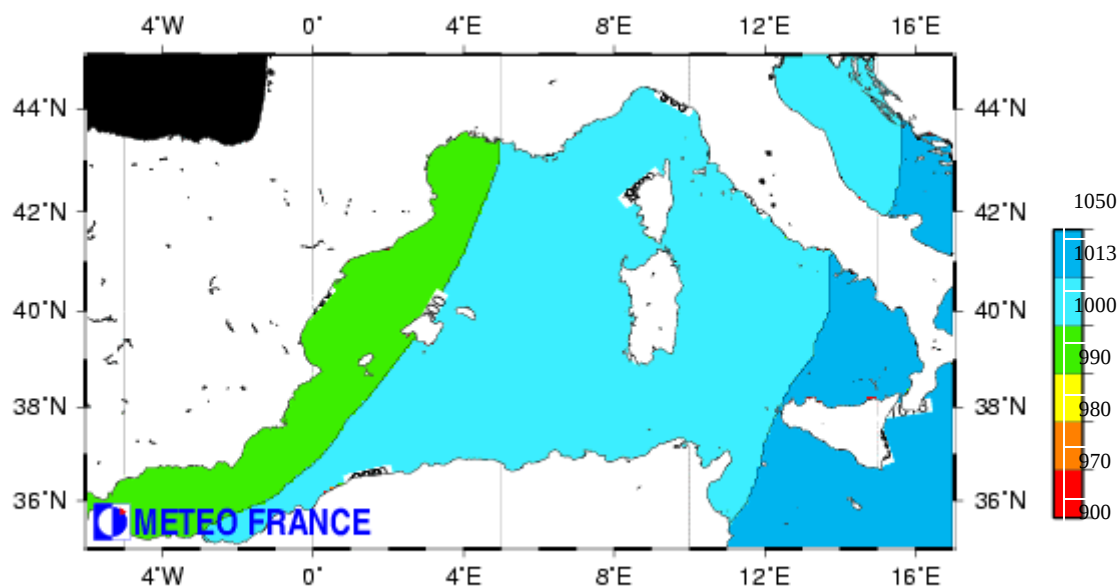
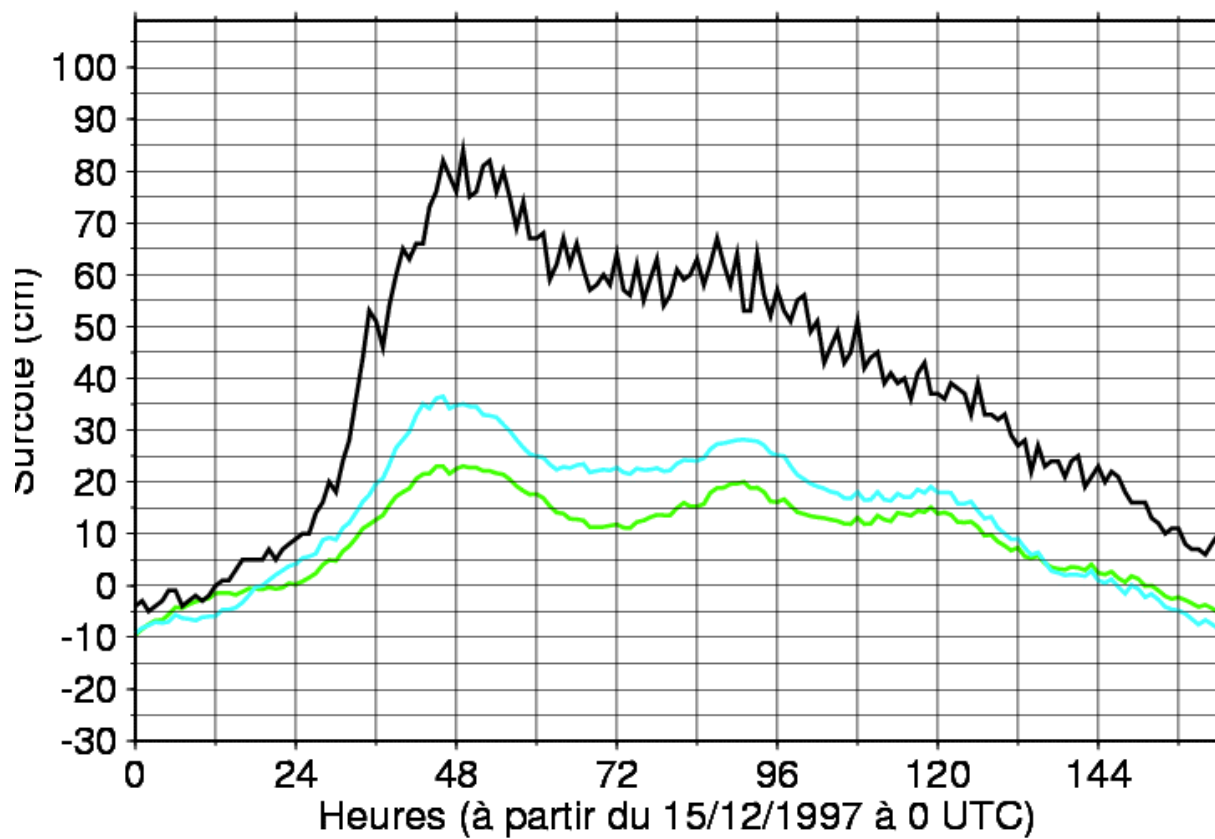


Figure2. h : Pression minimum du 10 au 13 Novembre 1996 (analyses CEPMMT)

Sète



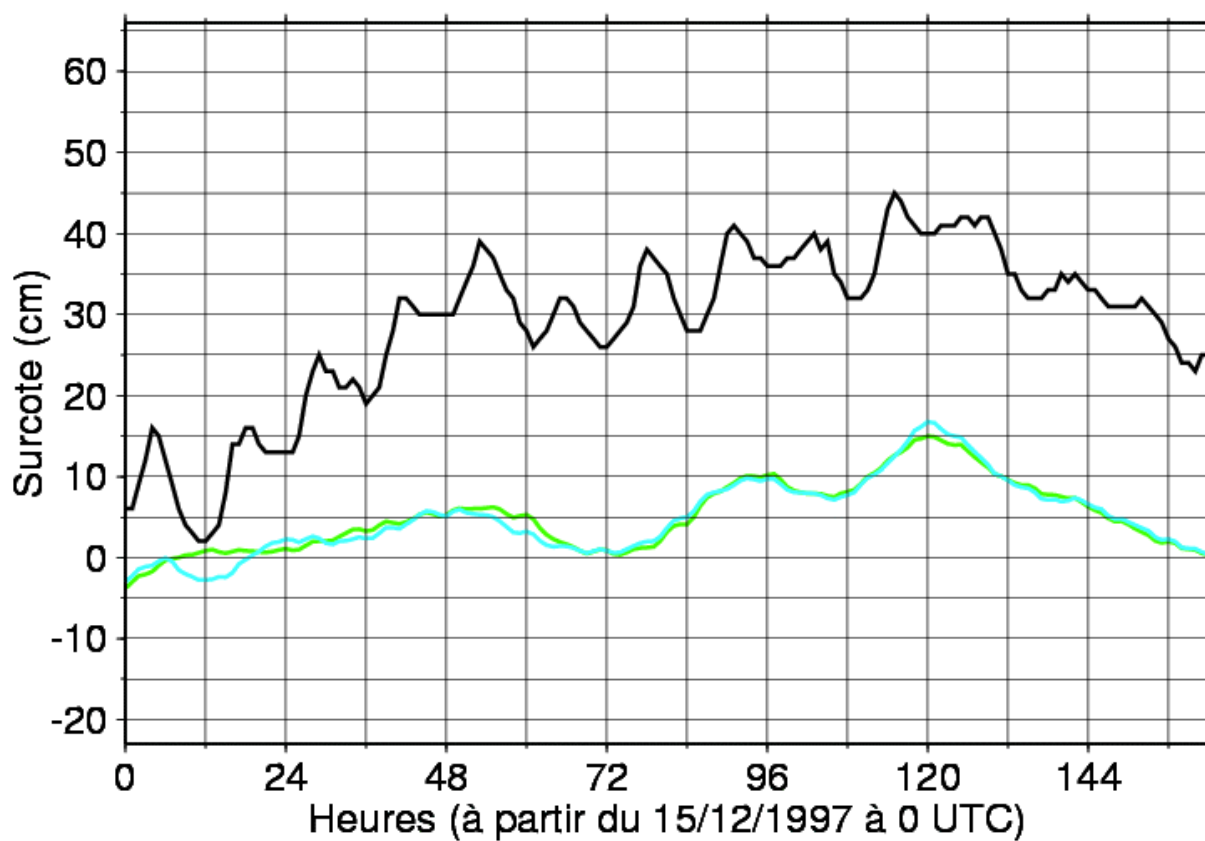
observation

analyses CEPMMT

analyses Arpège

Figure3. a : Surcote à Sète du 15 au 21 Décembre 1997

Toulon



observation

analyses CEPMMT

analyses Arpège

Figure3. b : Surcote à Toulon du 15 au 21 Décembre 1997

Surcote maximum (Arpège) : 49 cm

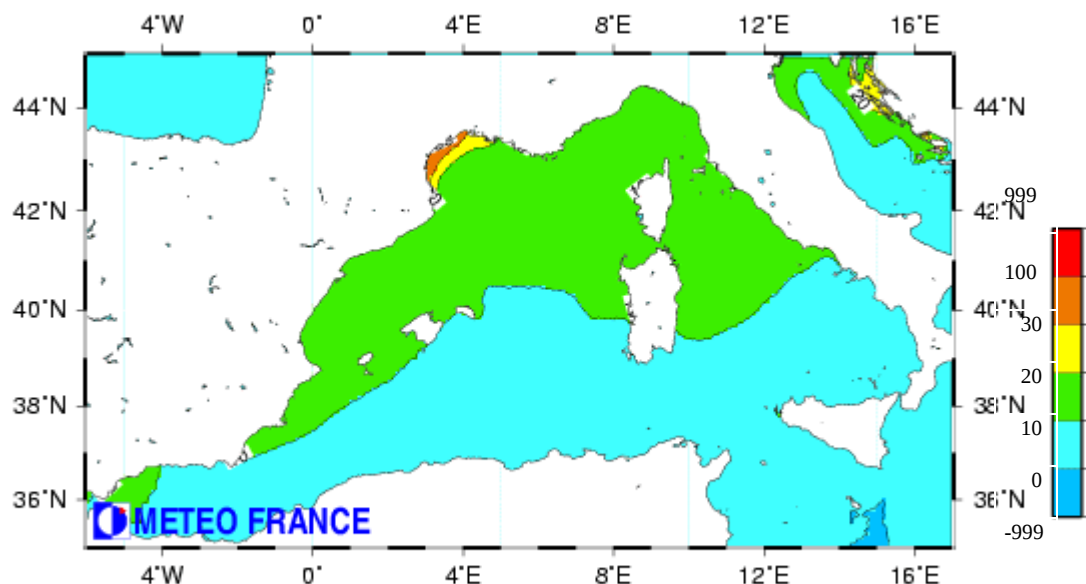


Figure3. c : Surcote maximum 15 au 21 Décembre 1997 (analyses Arpège)

Surcote maximum (CEP) : 24 cm

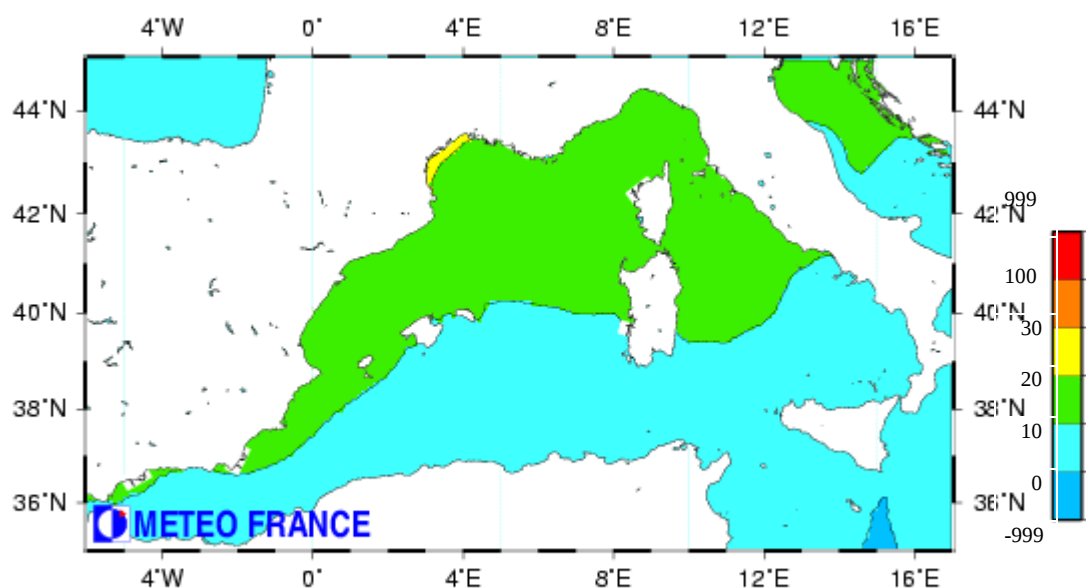


Figure3. d : Surcote maximum 15 au 21 Décembre 1997 (analyses CEPMMT)

Vent maximum (Arpège) : 50 nds

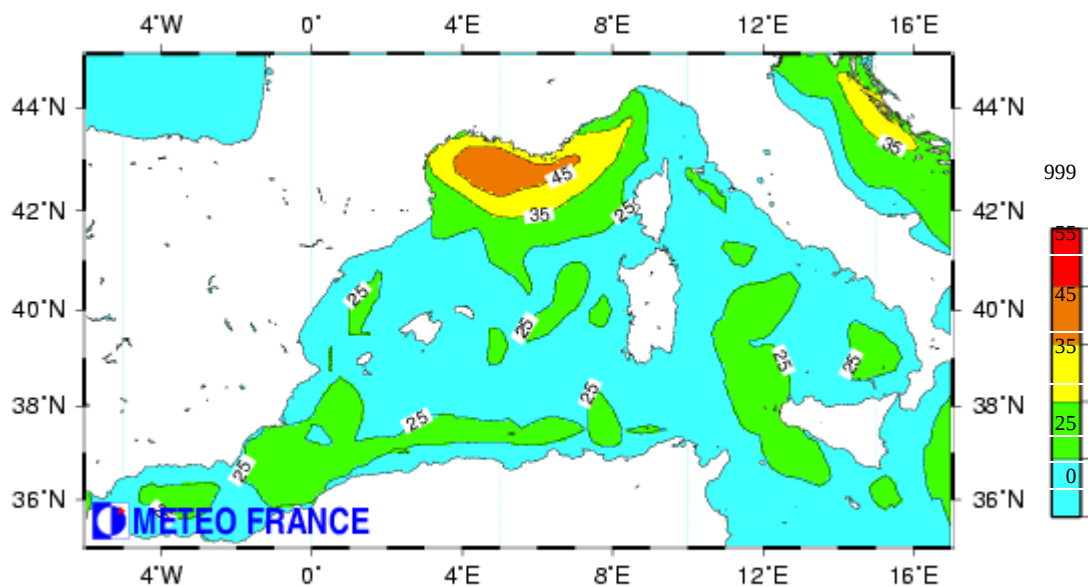


Figure3. e : Vent maximum du 15 au 21 Décembre 1997 (analyses arpège)

Vent maximum (CEP) : 39 nds

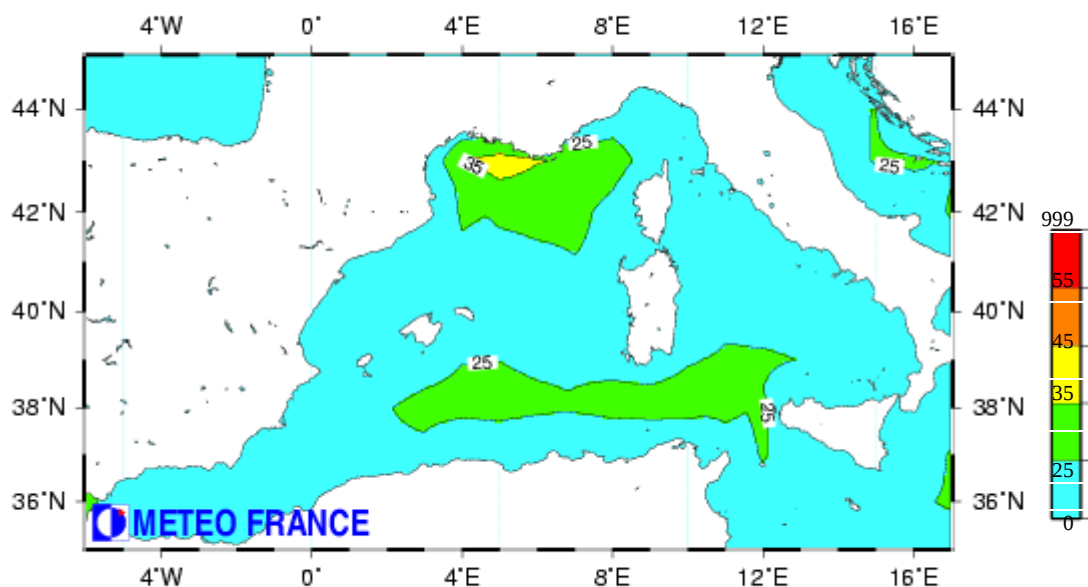


Figure3. f : Vent maximum du 15 au 21 Décembre 1997 (analyses CEPMMT)

Pression minimum (Arpège) : 998 hPa

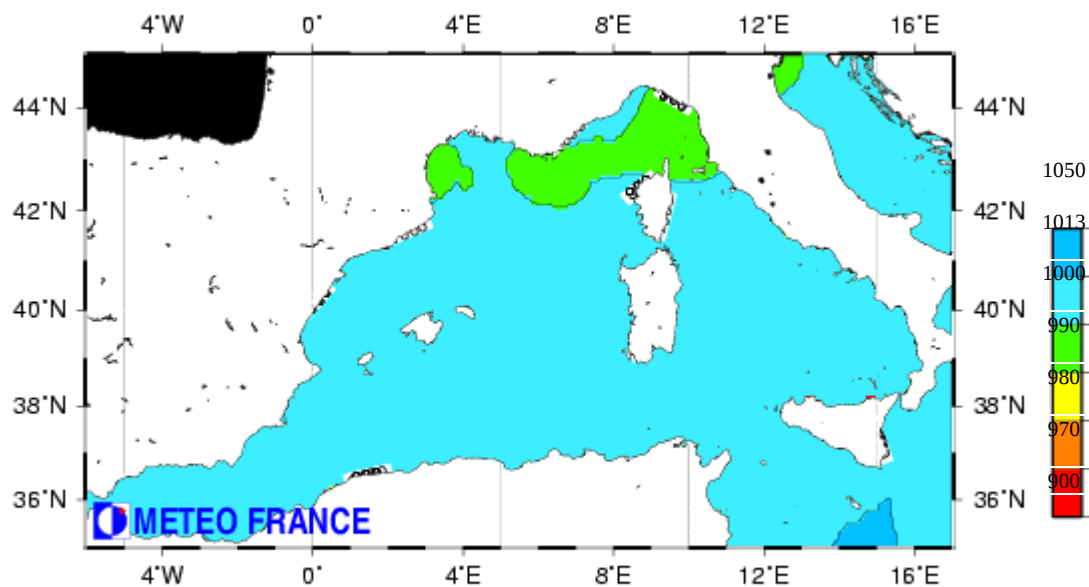


Figure3. g : Pression minimum du 15 au 21 Décembre 1997 (analyses Arpège)

Pression minimum (CEP) : 999 hPa

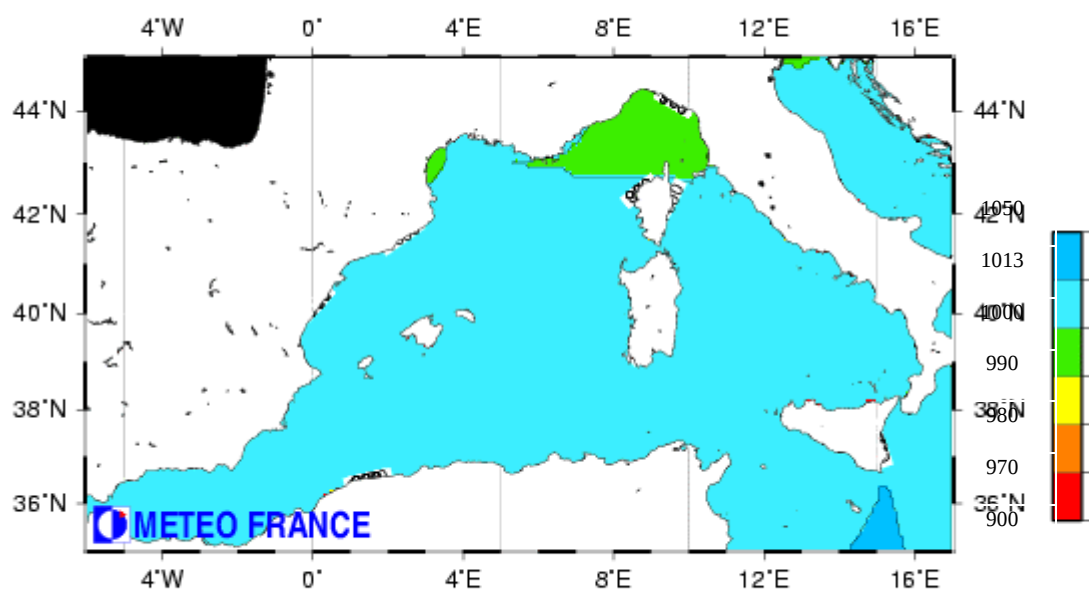
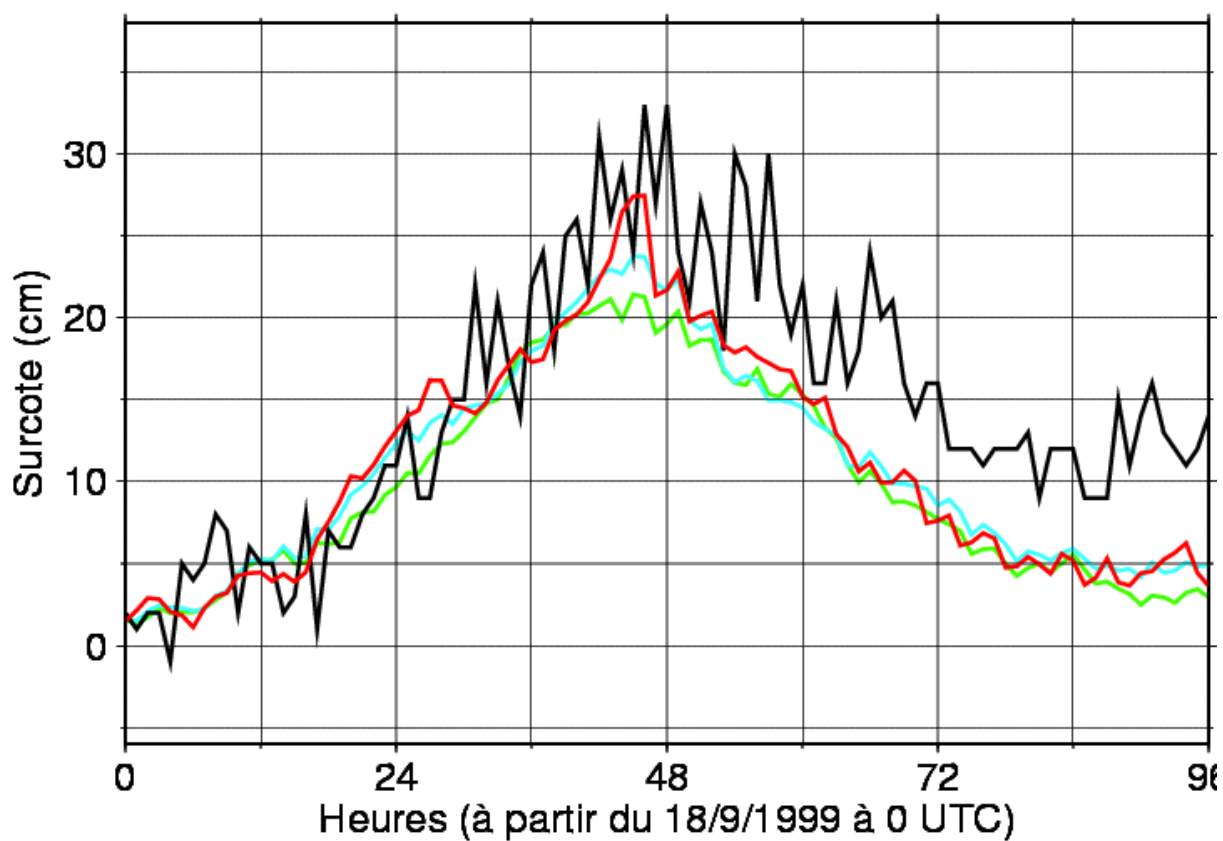


Figure3. h : Pression minimum du 15 au 21 Décembre 1997 (analyses CEPMMT)

Sète



observation
analyses CEPMMT
analyses Arpège
pseudo-analyses Aladin

Figure4. a : Surcote à Sète du 18 au 21 Septembre 1999

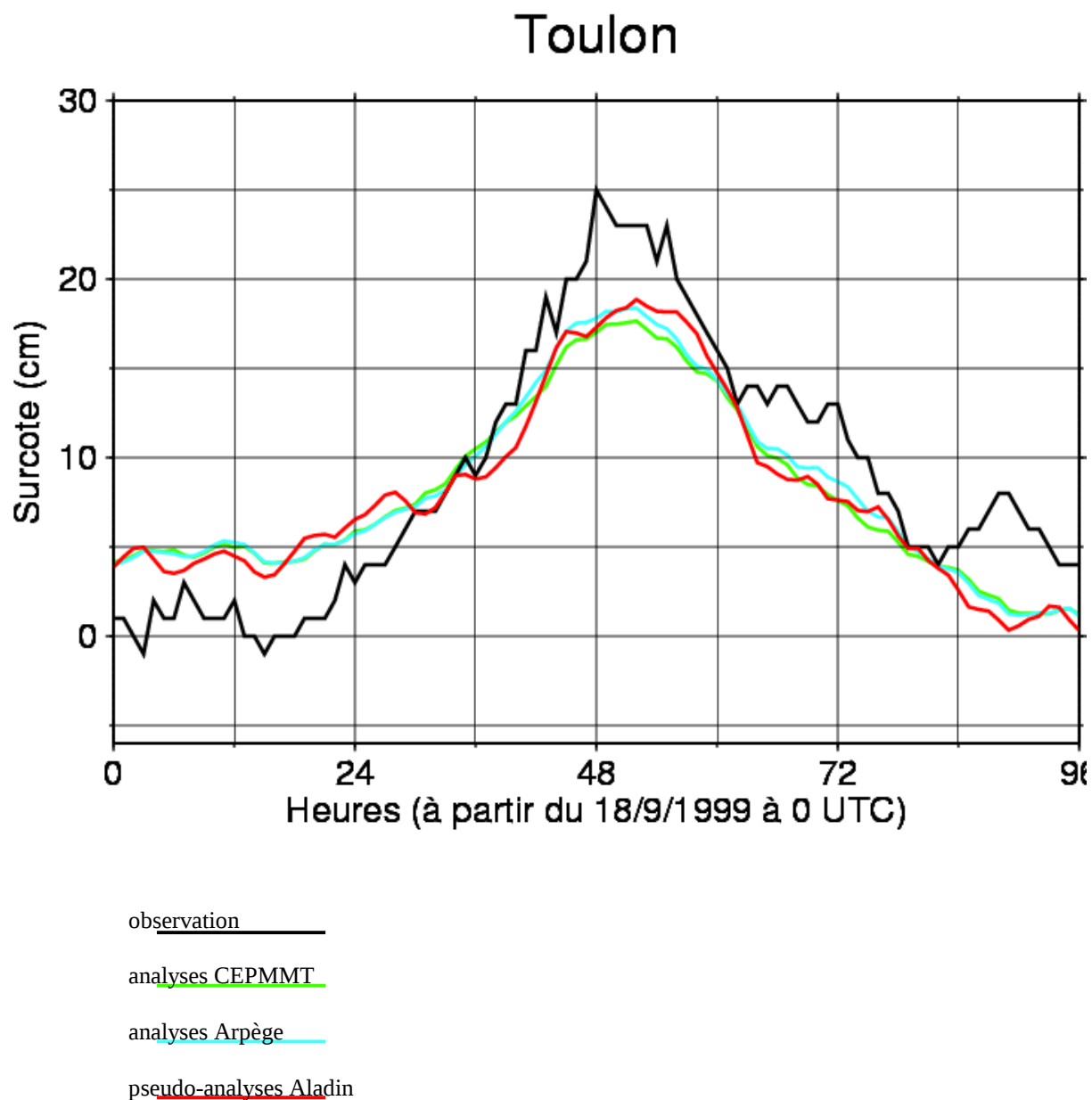
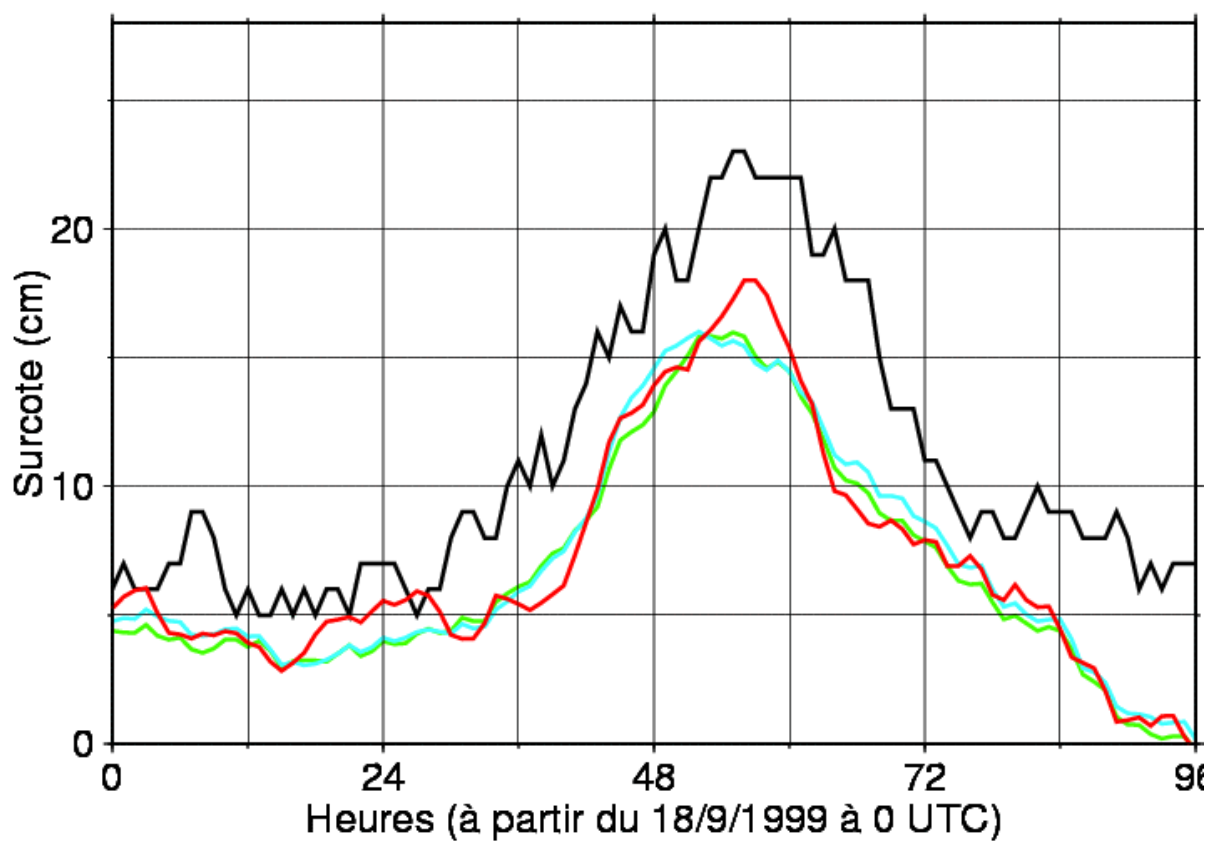


Figure4. b : Surcote à Toulon du 18 au 21 Septembre 1999

Nice



observation
analyses CEPMMT
analyses Arpège
pseudo-analyses Aladin

Figure4. c : Surcote à Nice du 18 au 21 Septembre 1999

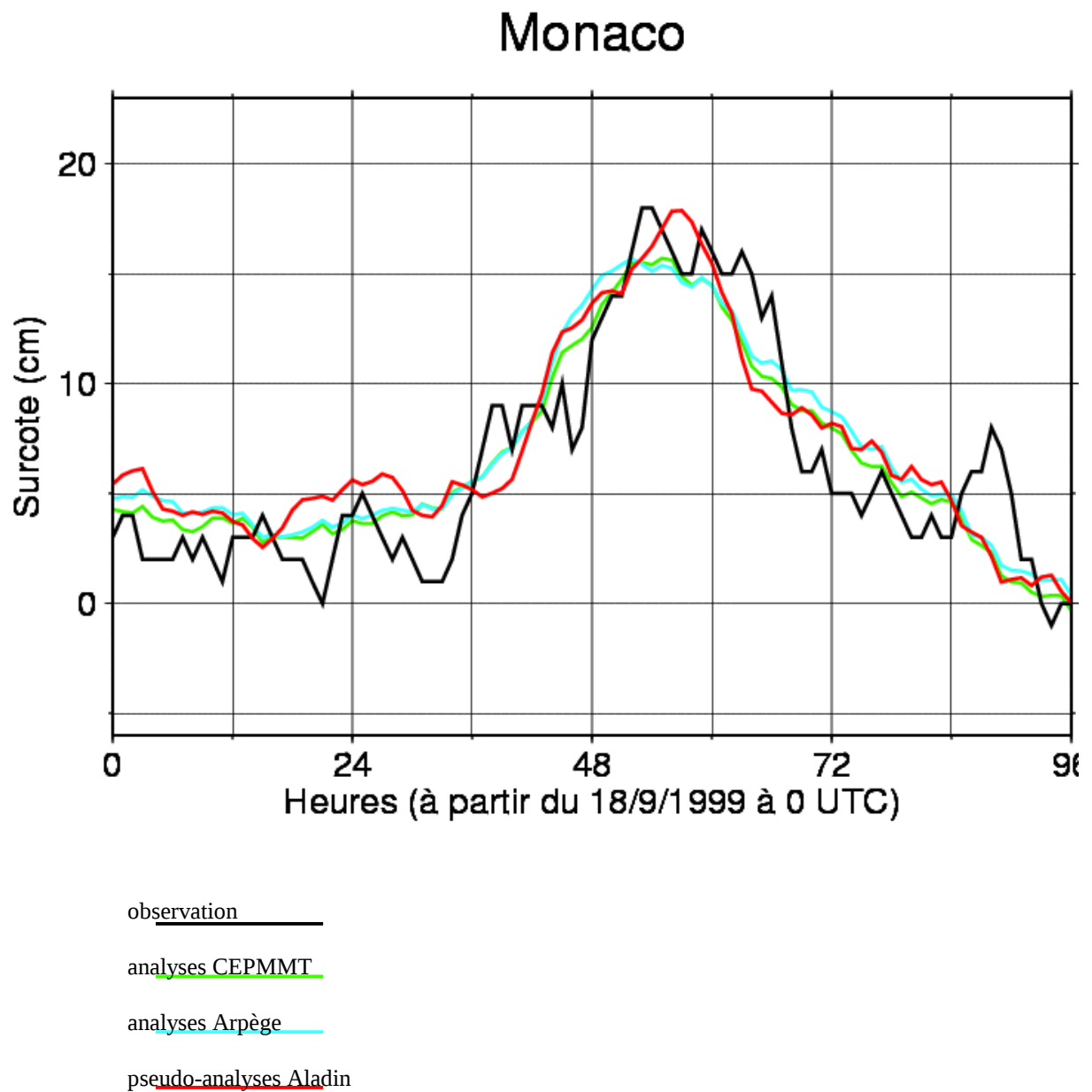


Figure4. d : Surcote à Monaco du 18 au 21 Septembre 1999

Surcote maximum (Aladin) : 36 cm

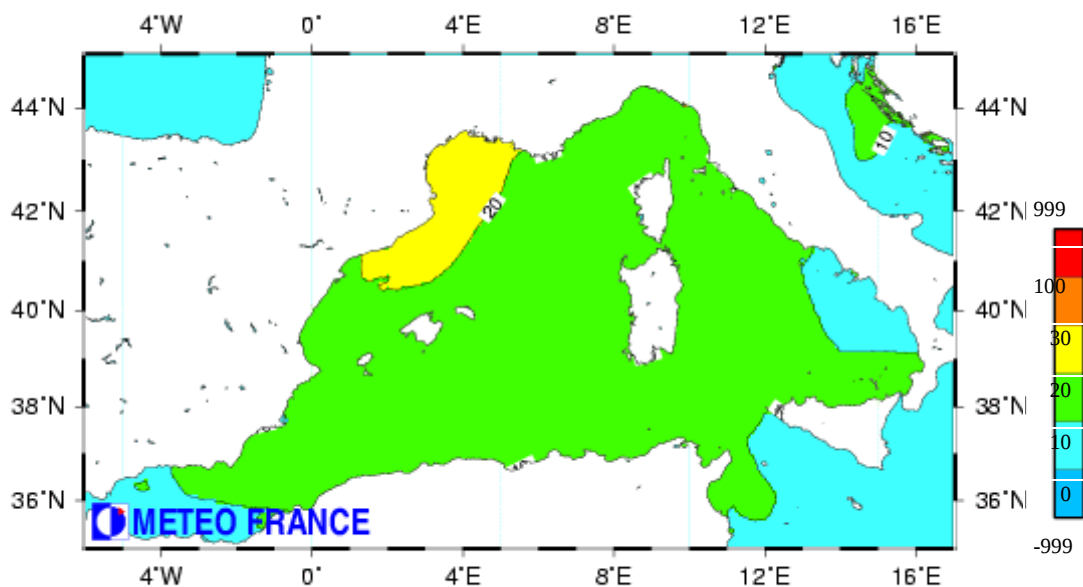


Figure4. e : Surcote maximum du 18 au 21 Septembre 1999 (analyse Aladin)

Surcote maximum (Arpège) : 32 cm

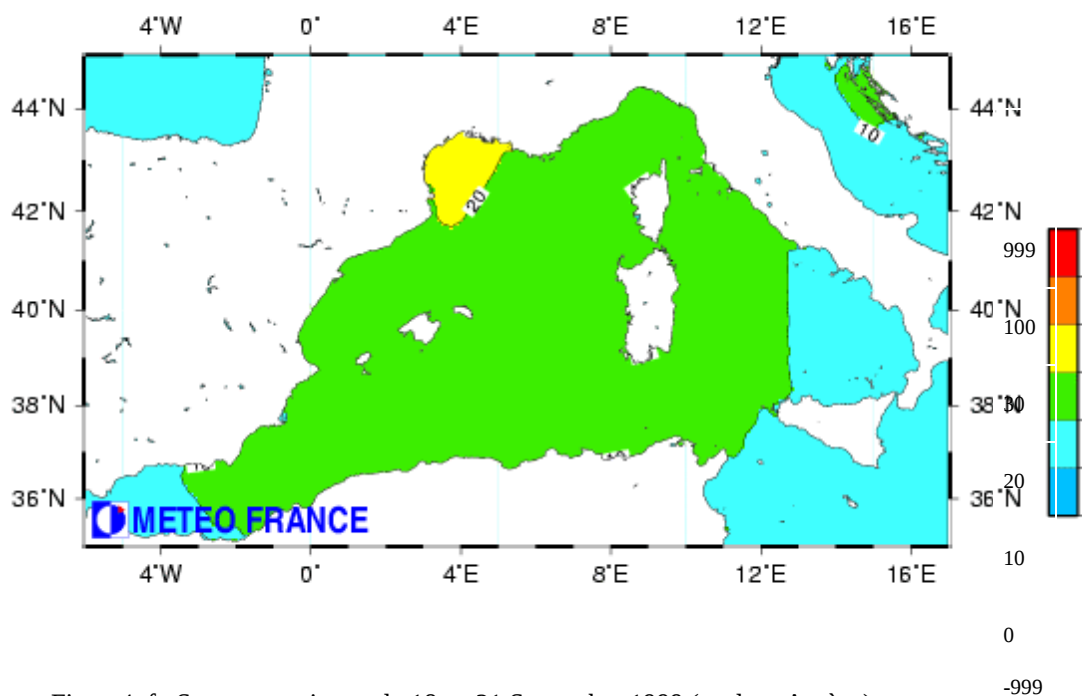


Figure4. f : Surcote maximum du 18 au 21 Septembre 1999 (analyse Arpège)

Surcote maximum (CEP) : 24 cm

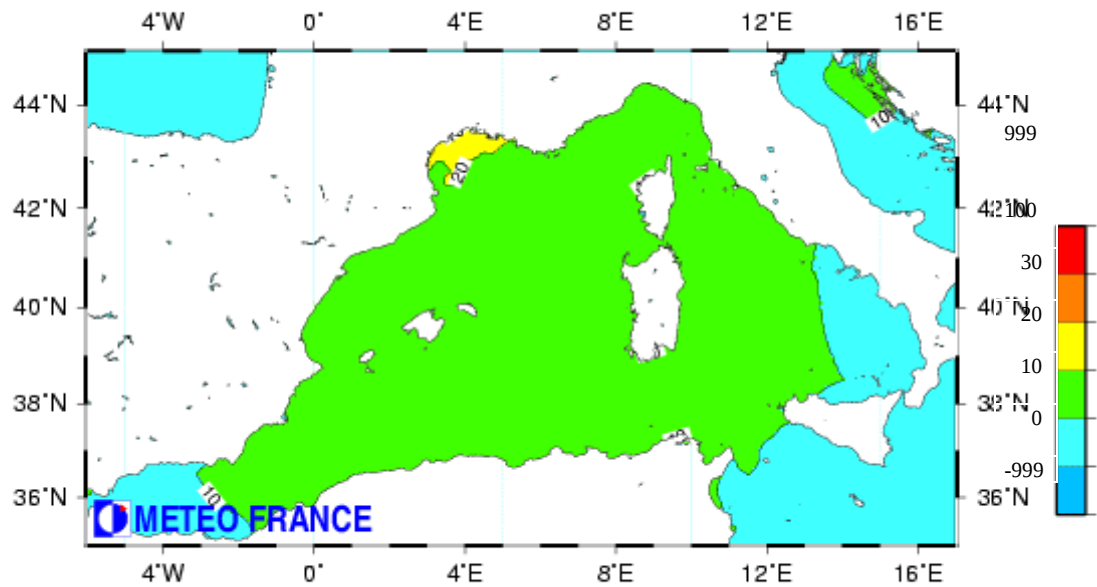


Figure4. g : Surcote maximum du 18 au 21 Septembre 1999 (analyse CEPMMT)

Vent maximum (Aladin) : 39 nds

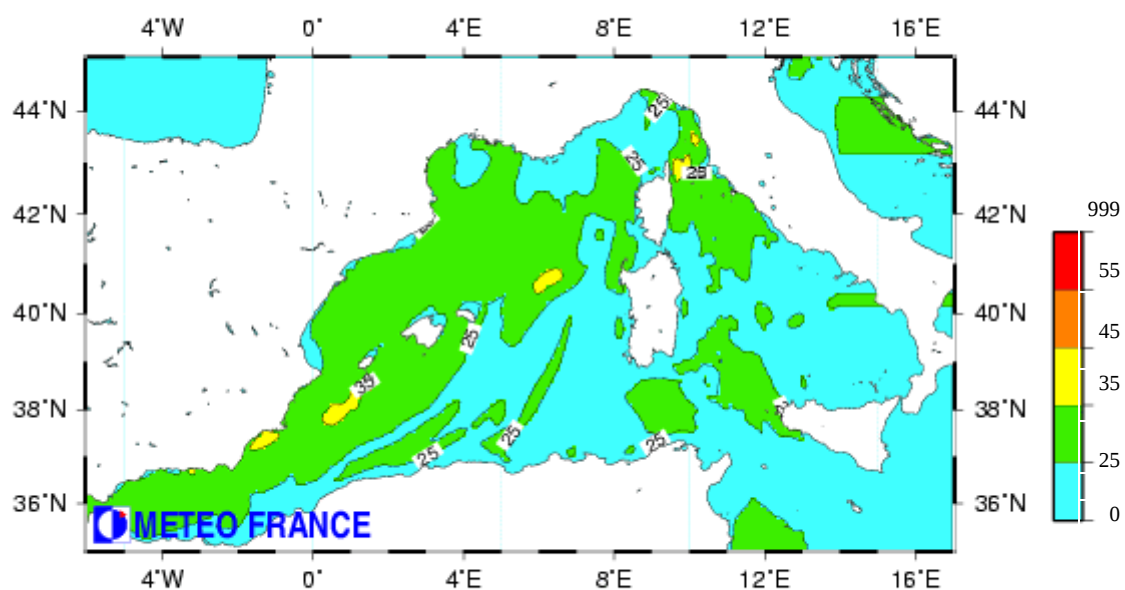


Figure4. h : Vent maximum du 18 au 21 Septembre 1999 (pseudo-analyse Aladin)

Vent maximum (Arpège) : 34 nds

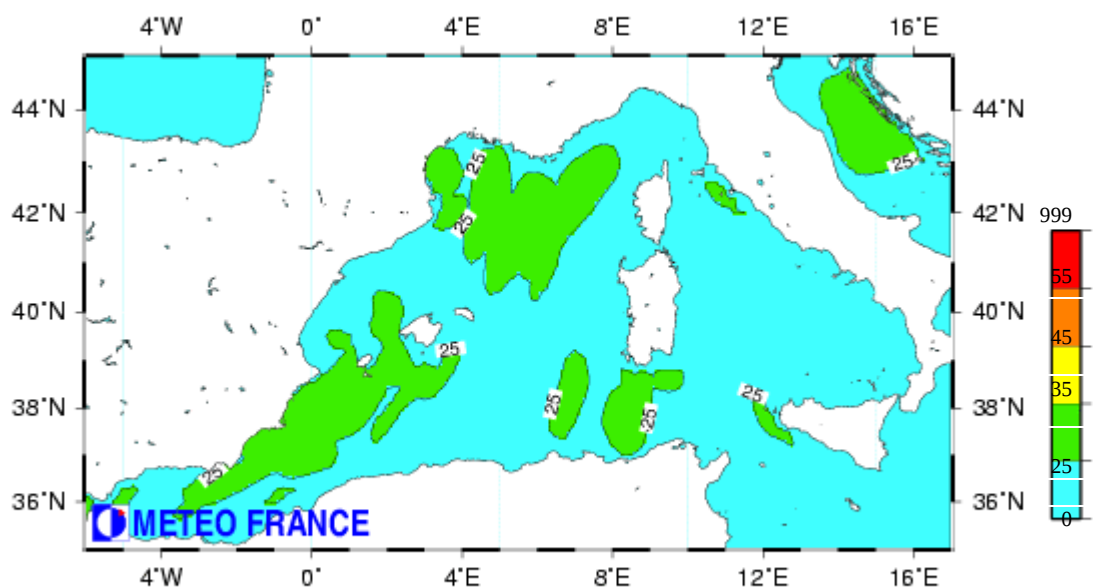


Figure4. i : Vent maximum du 18 au 21 Septembre 1999 (analyse Arpège)

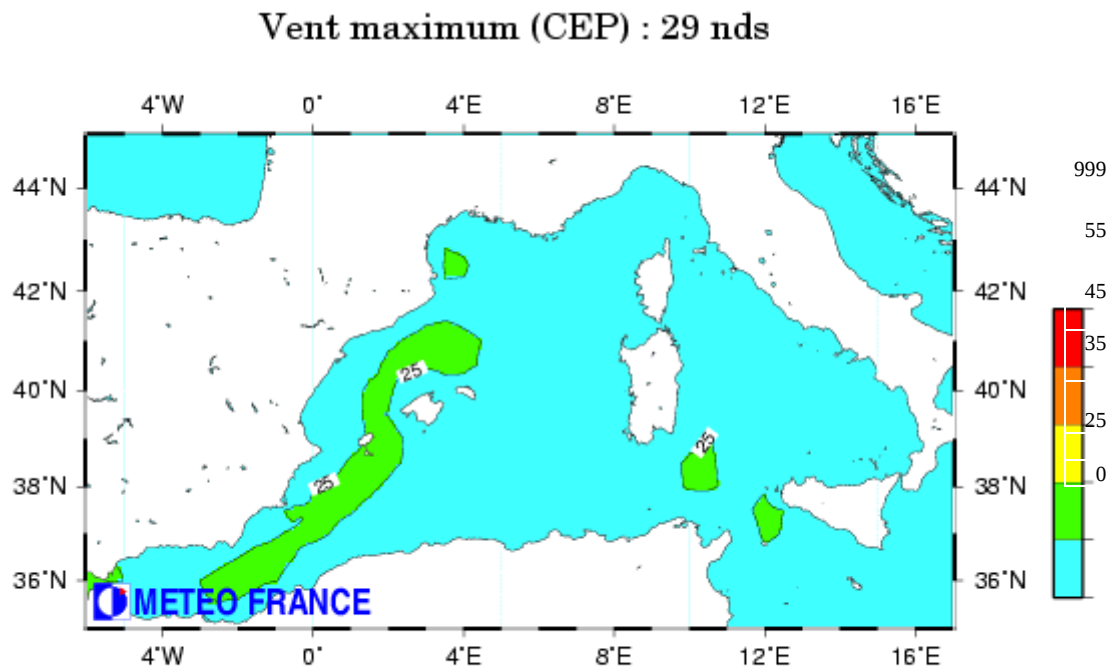


Figure4. j : Vent maximum du 18 au 21 Septembre 1999 (analyse CEPMMT)

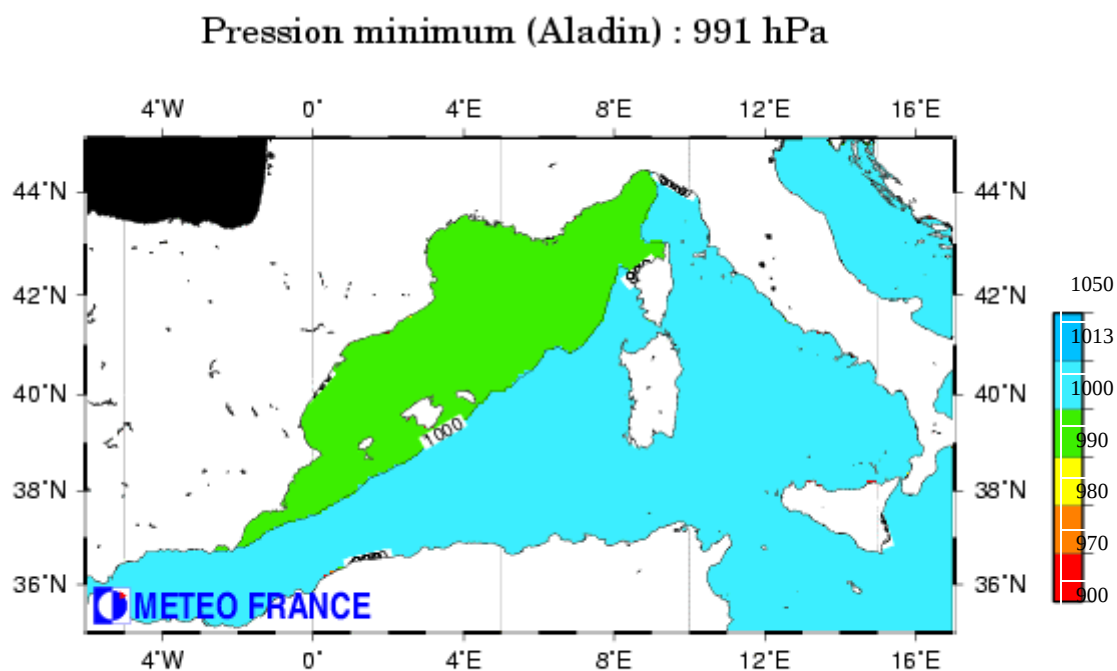


Figure4. k : Pression minimum du 18 au 21 Septembre 1999 (pseudo-analyse Aladin)

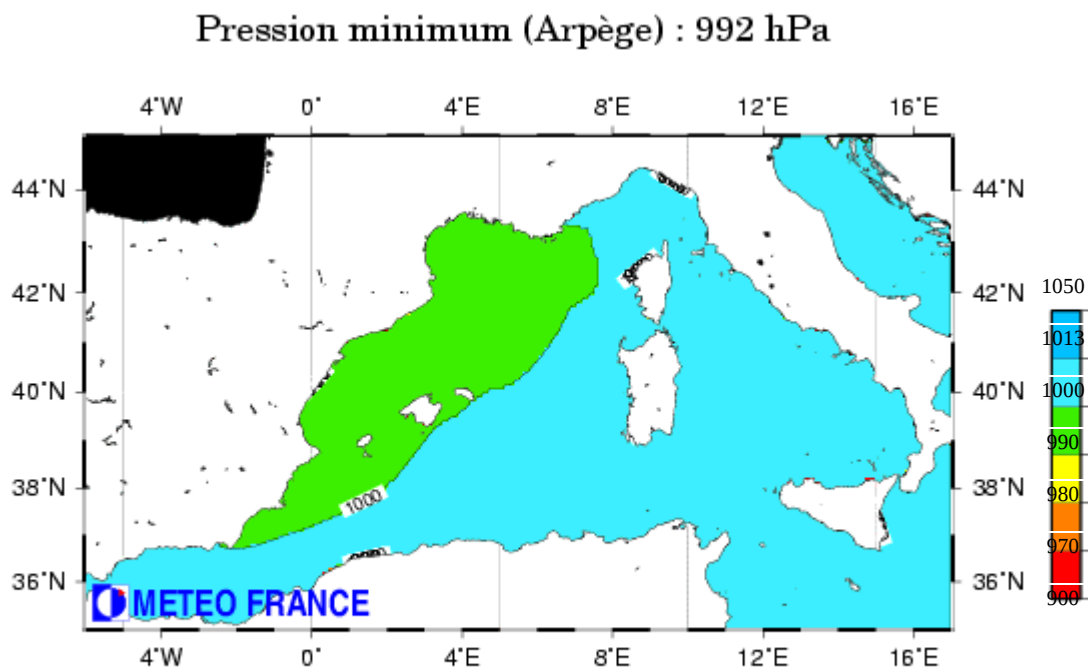


Figure4. l : Pression minimum du 18 au 21 Septembre 1999 (analyse Arpège)

Pression minimum (CEP) : 993 hPa

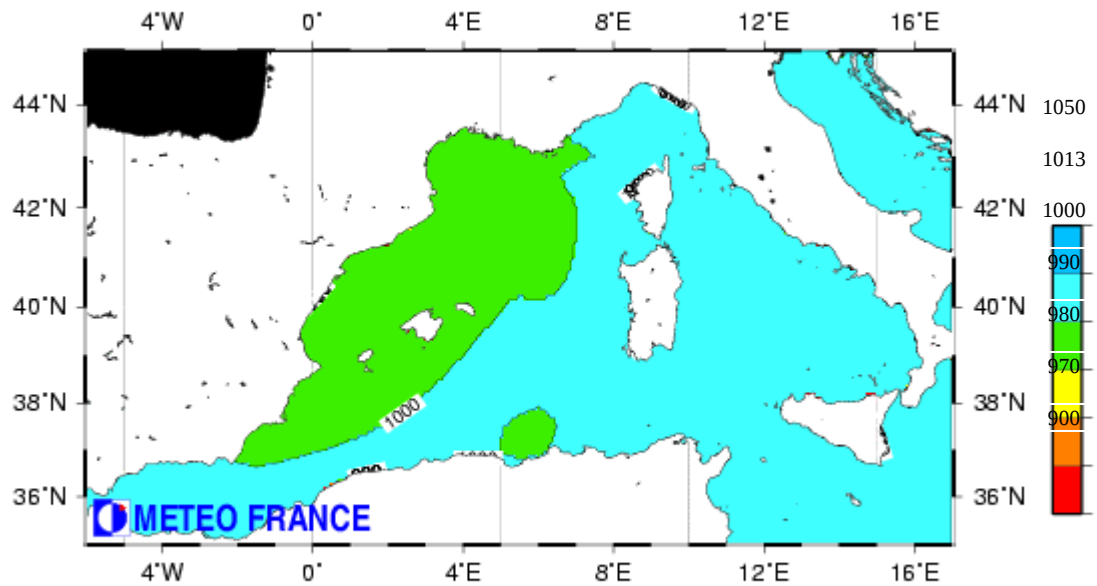
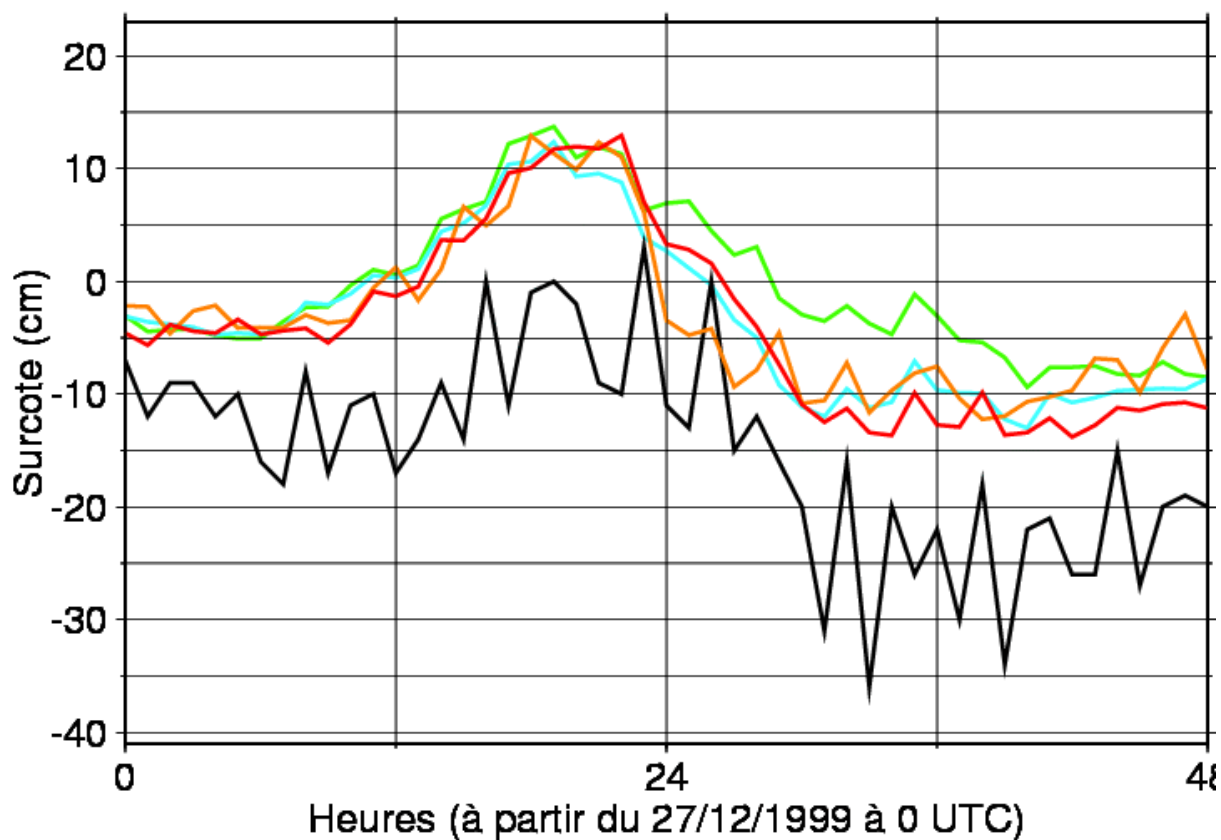


Figure4. m : Pression minimum du 18 au 21 Septembre 1999 (analyse CEPMMT)

Sète



observation _____

analyses CEPMMT _____

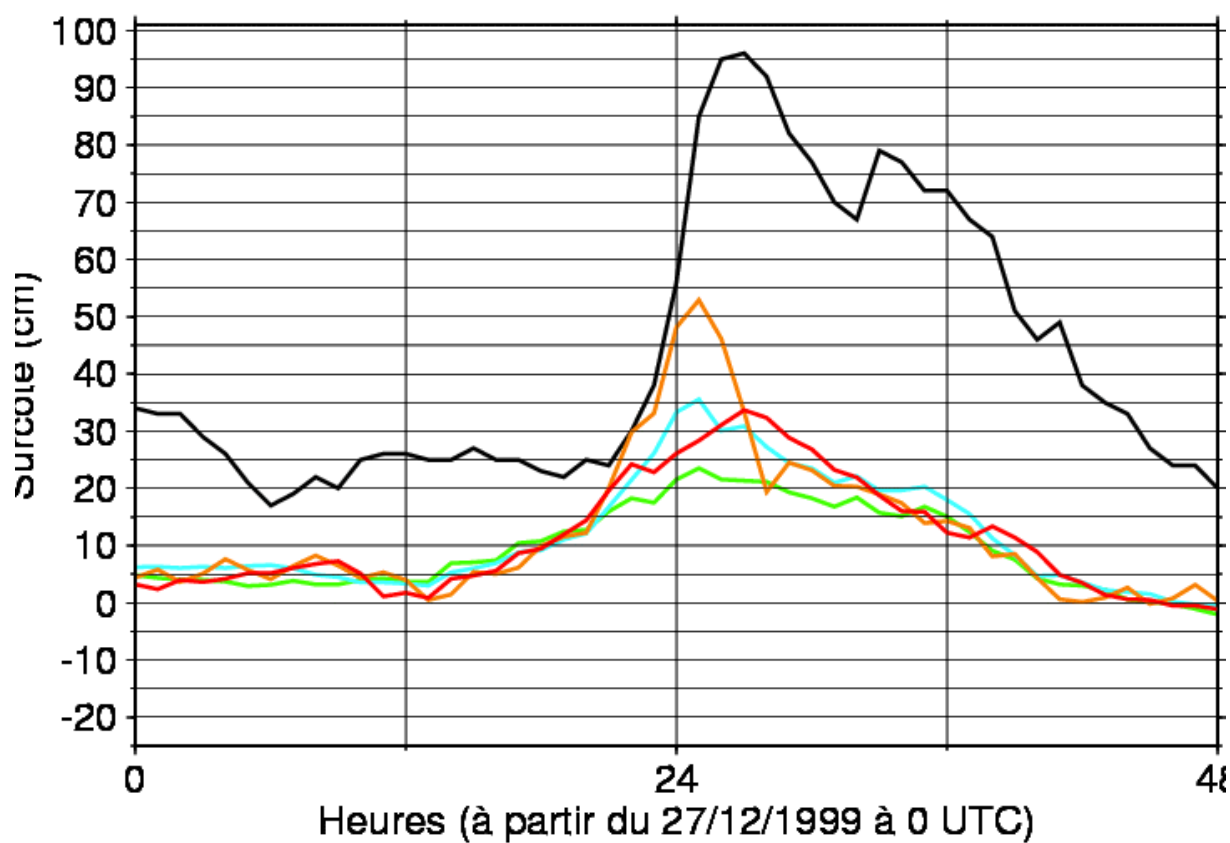
analyses Arpège _____

pseudo-analyses Aladin _____

prévisions Aladin _____

Figure5. a : Surcote à Sète du 27 au 28 Décembre 1999

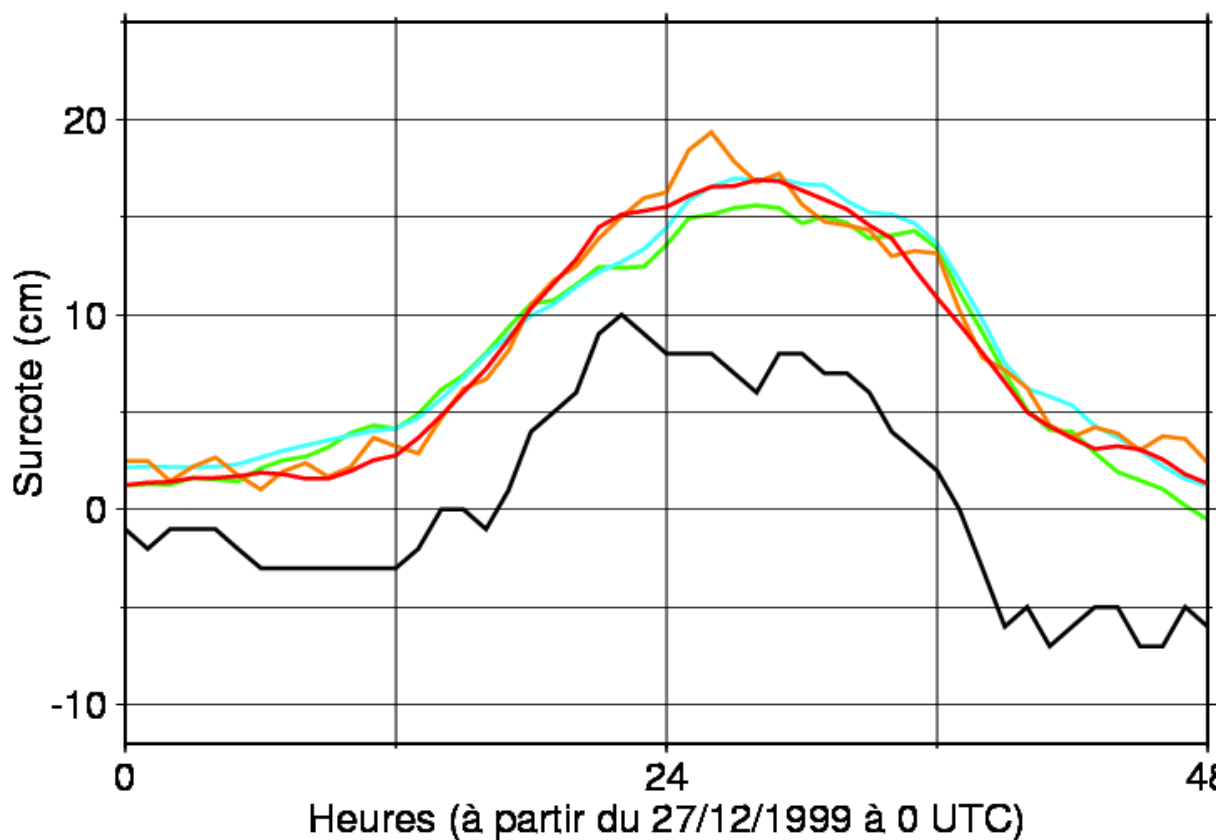
Marseille



observation
analyses CEPMMT
analyses Arpège
pseudo-analyses Aladin
prévisions Aladin

Figure5. b : Surcote à Marseille du 27 au 28 Décembre 1999

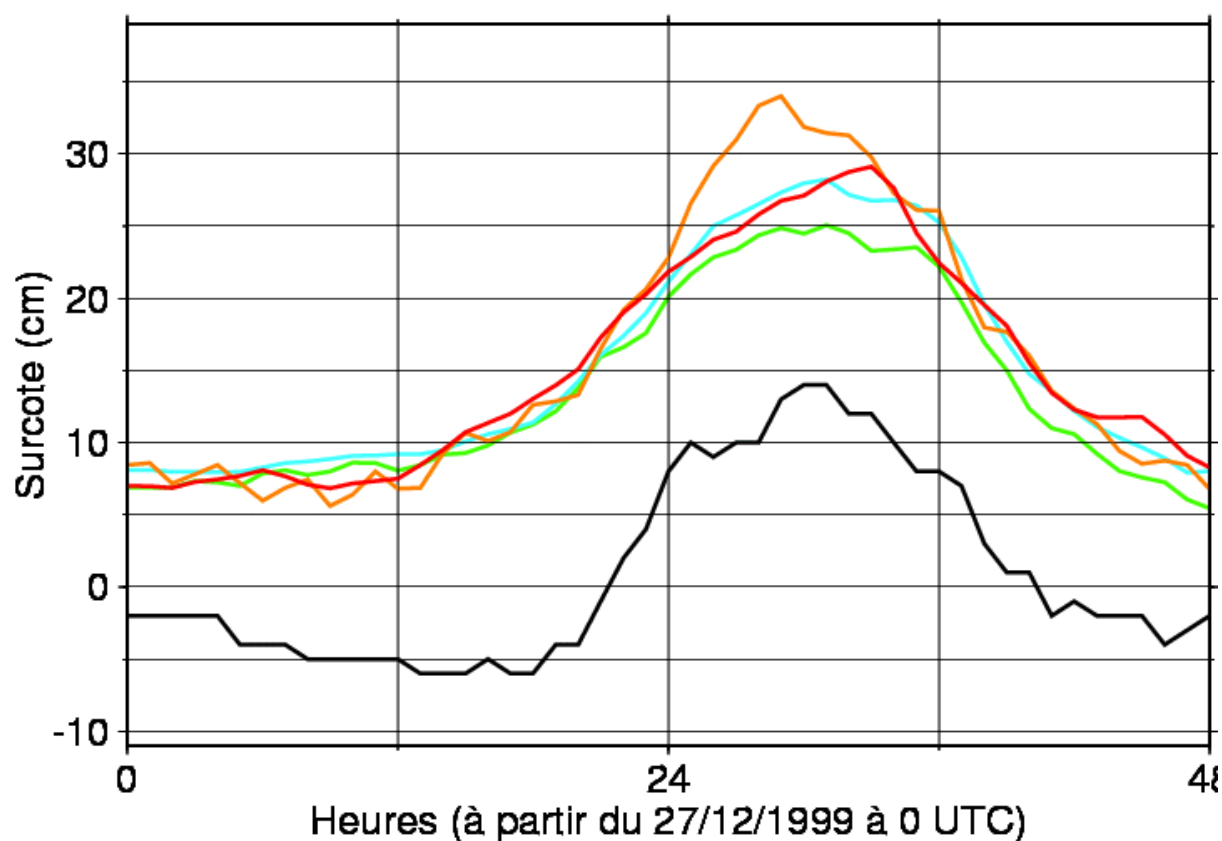
Toulon



observation
analyses CEPMMT
analyses Arpège
pseudo-analyses Aladin
prévisions Aladin

Figure5. c : Surcote à Toulon du 27 au 28 Décembre 1999

Nice



observation
analyses CEPMMT
analyses Arpège
pseudo-analyses Aladin
prévisions Aladin

Figure5. d : Surcote à Nice du 27 au 28 Décembre 1999

Surcote maximum (Aladin 1)

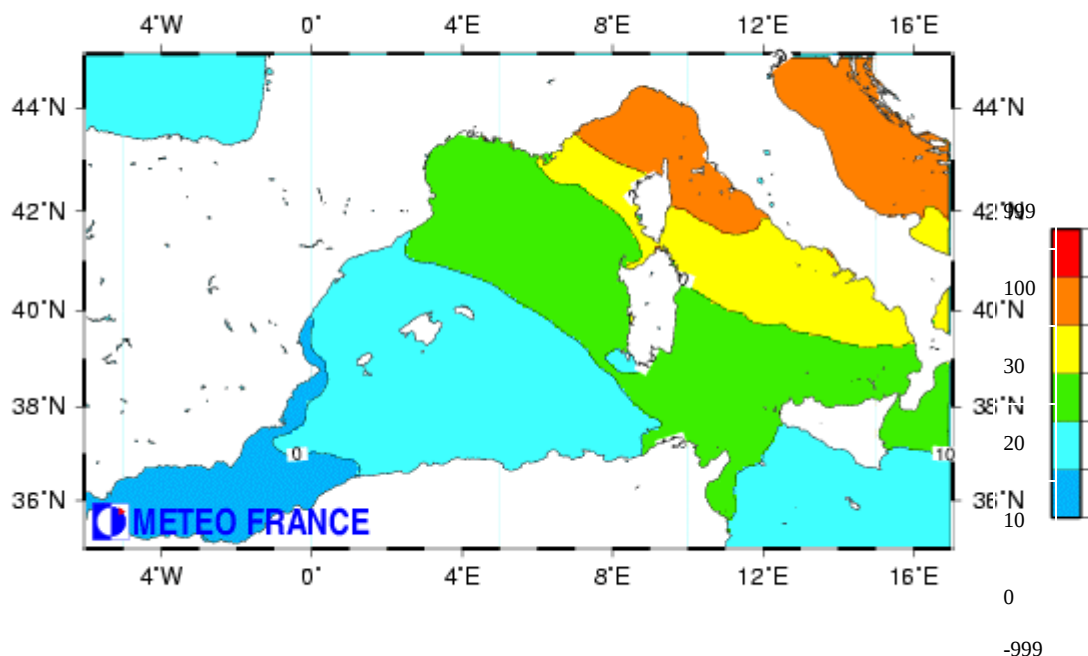


Figure5. e : Surcote maximum du 27 au 28 Décembre 1999 (prévision Aladin)

Surcote maximum (Aladin 3h)

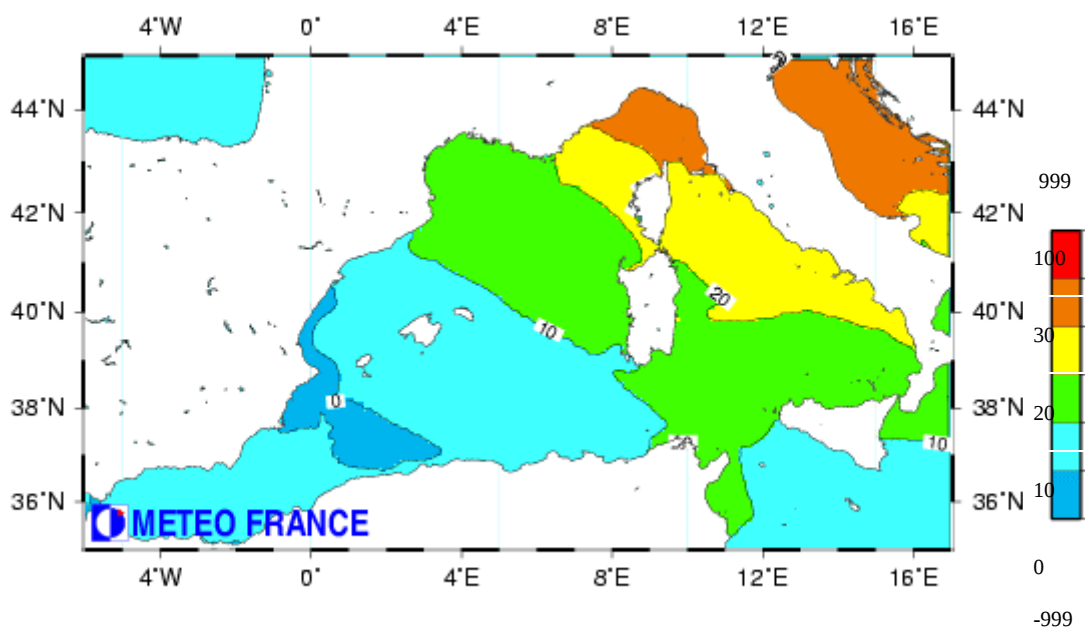


Figure5. f : Surcote maximum du 27 au 28 Décembre 1999 (pseudo-analyse Aladin)

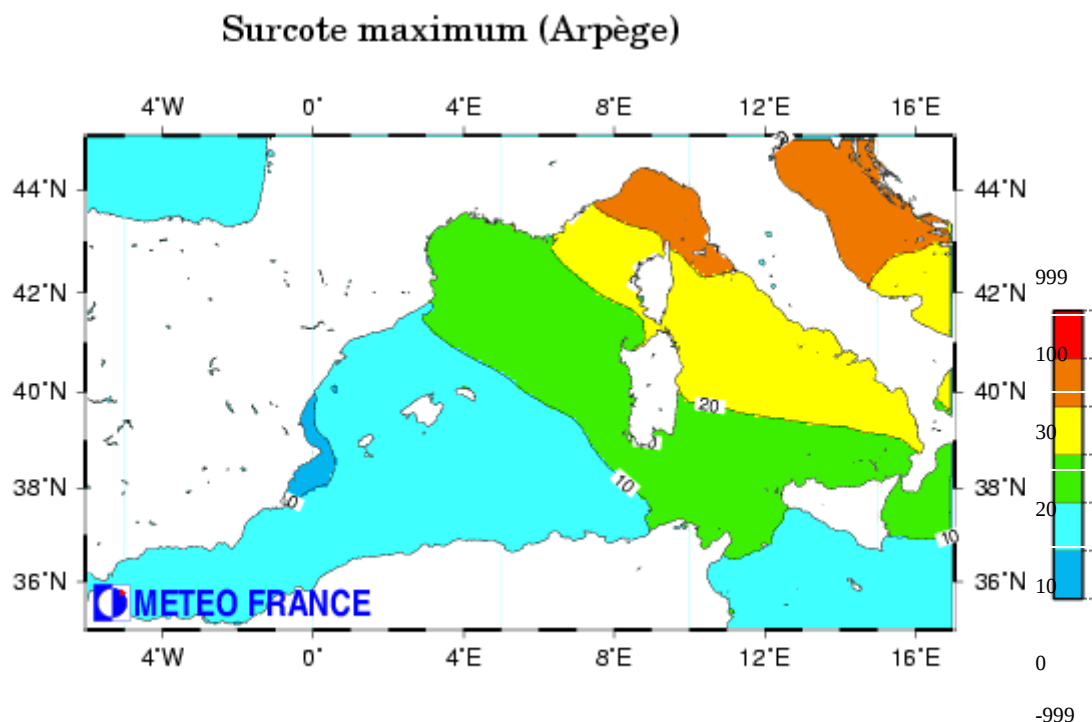


Figure5. g : Surcote maximum du 27 au 28 Décembre 1999 (analyse Arpège)

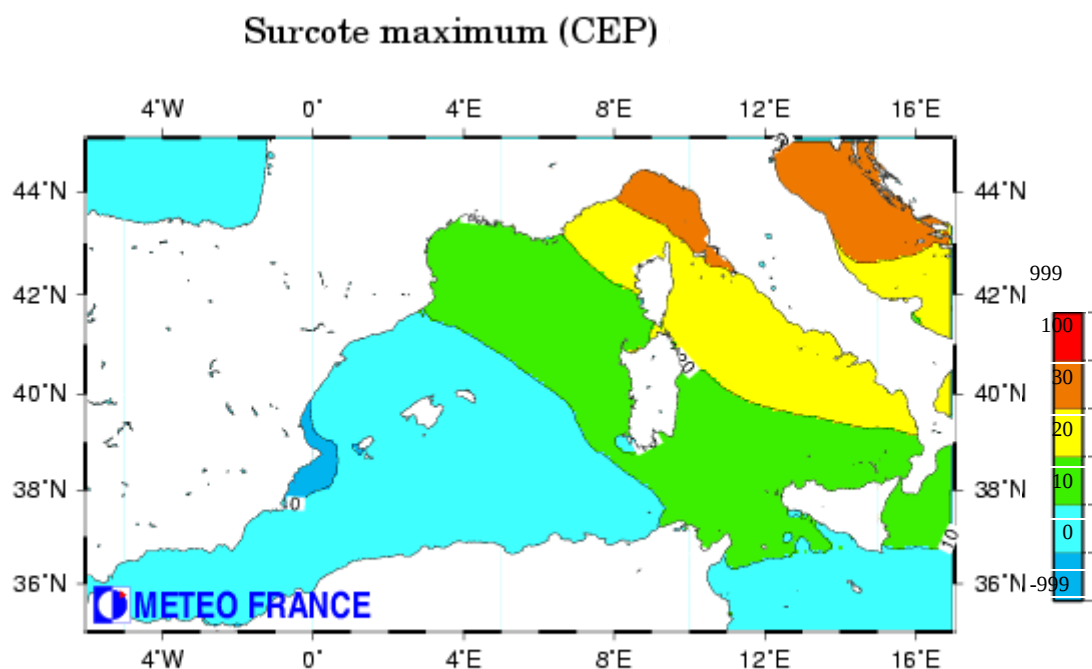


Figure5. h : Surcote maximum du 27 au 28 Décembre 1999 (analyse CEPMMT)

Vent maximum (Aladin 1h) : 59 nds

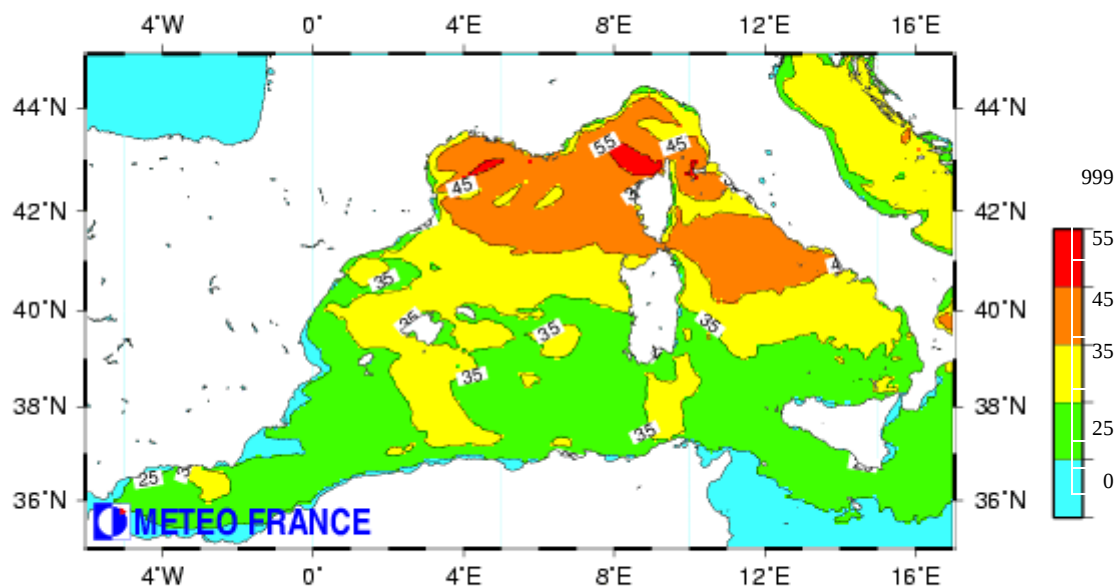


Figure5. i : Vent maximum du 27 au 28 Décembre 1999 (prévision Aladin)

Vent maximum (Aladin 3h) : 56 nds

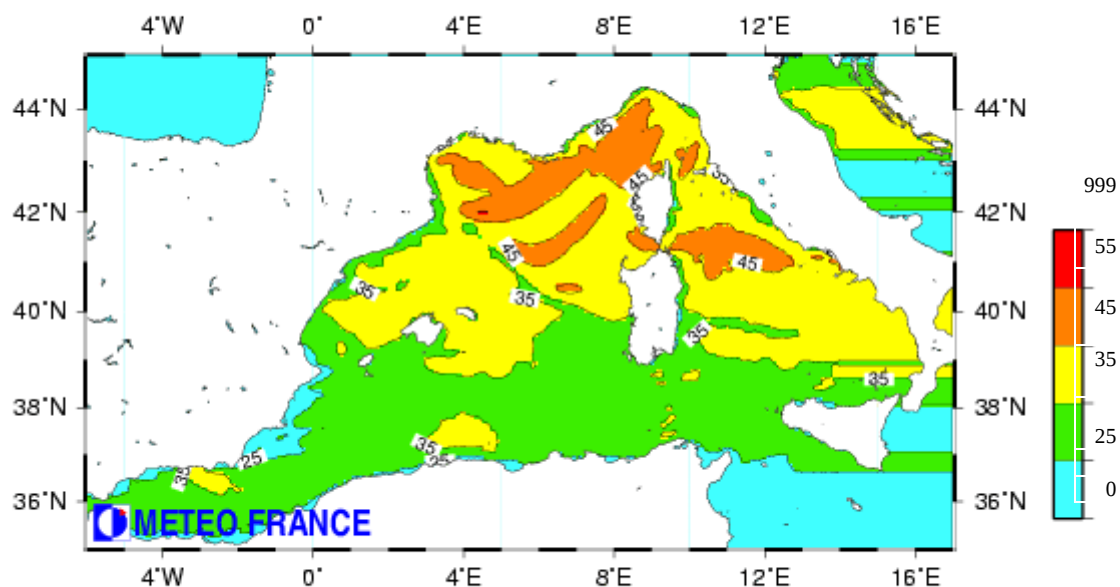


Figure5. j : Vent maximum du 27 au 28 Décembre 1999 (pseudo-analyse Aladin)

Vent maximum (Arpège) : 49 nds

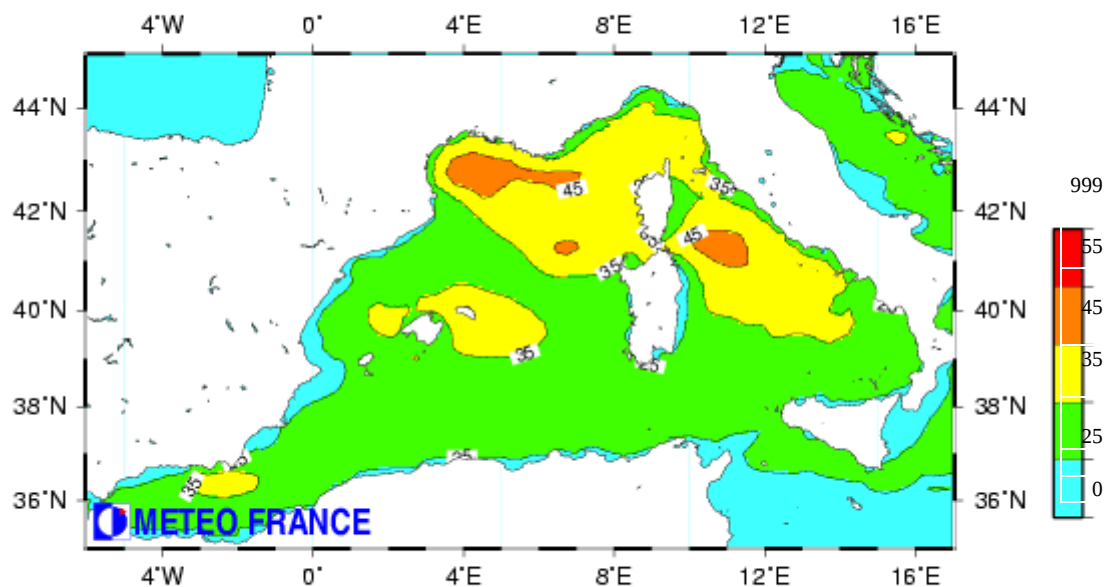


Figure5. k : Vent maximum du 27 au 28 Décembre 1999 (analyse Arpège)

Vent maximum (CEP) : 42 nds

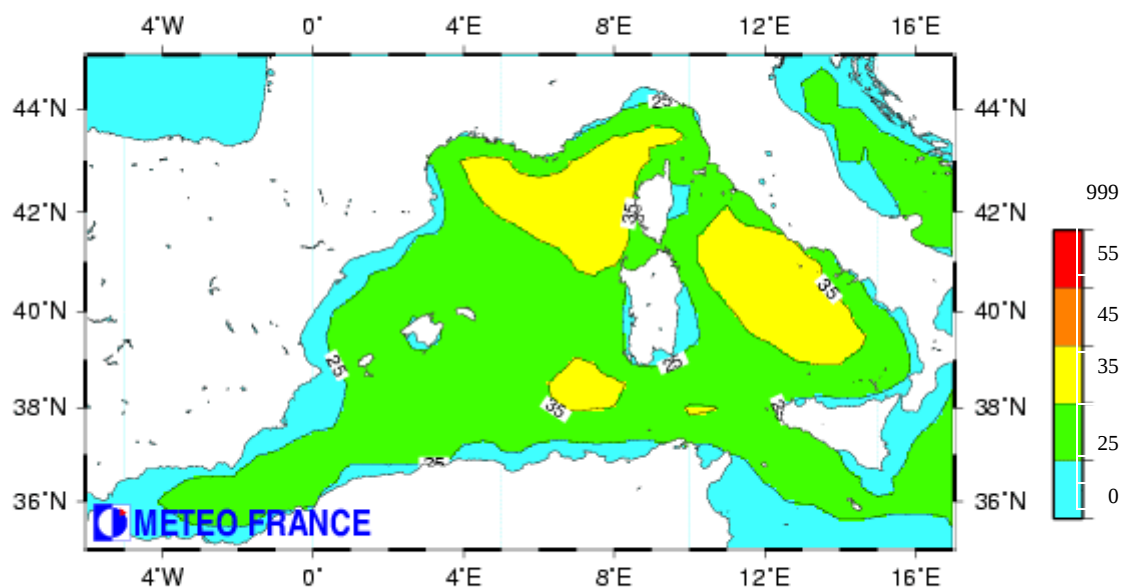


Figure5. l : Vent maximum du 27 au 28 Décembre 1999 (analyse CEPMMT)

Pression minimum (Aladin 1h) : 972 hPa

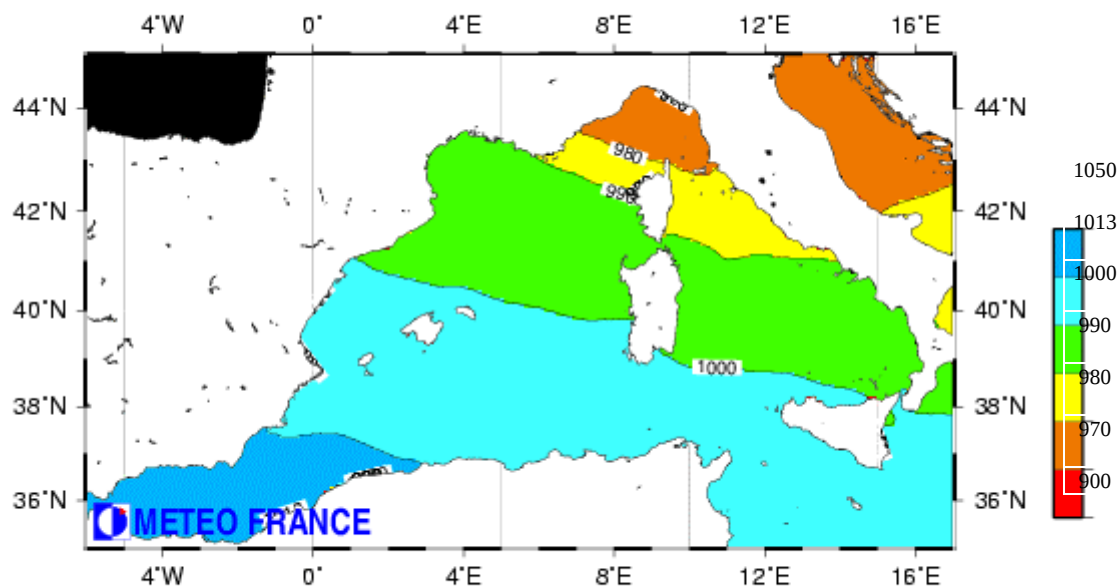


Figure5. m : Pression minimum du 27 au 28 Décembre 1999 (prévision Aladin)

Pression minimum (Aladin 3h) : 977 hPa

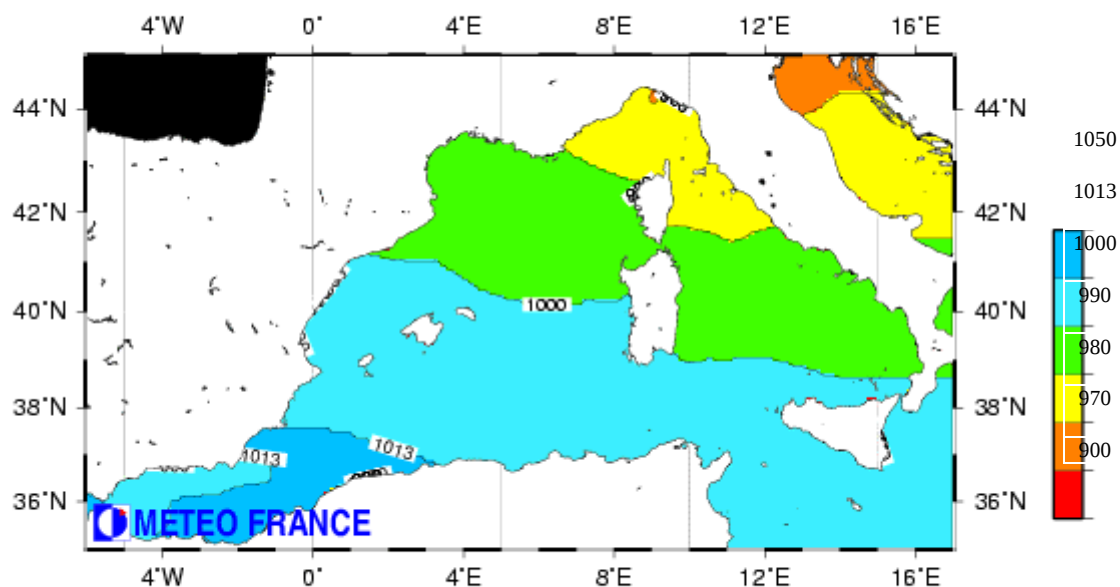


Figure5. n : Pression minimum du 27 au 28 Décembre 1999 (pseudo-analyse Aladin)

Pression minimum (Arpège) : 976 hPa

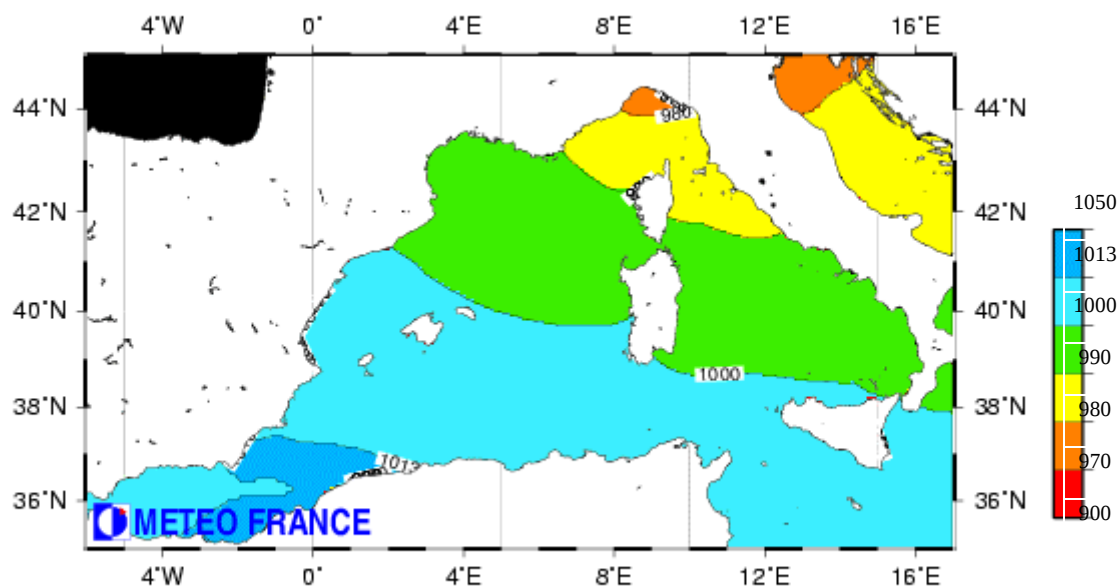


Figure5. o : Pression minimum du 27 au 28 Décembre 1999 (analyse Apège)

Pression minimum (CEP) : 977 hPa

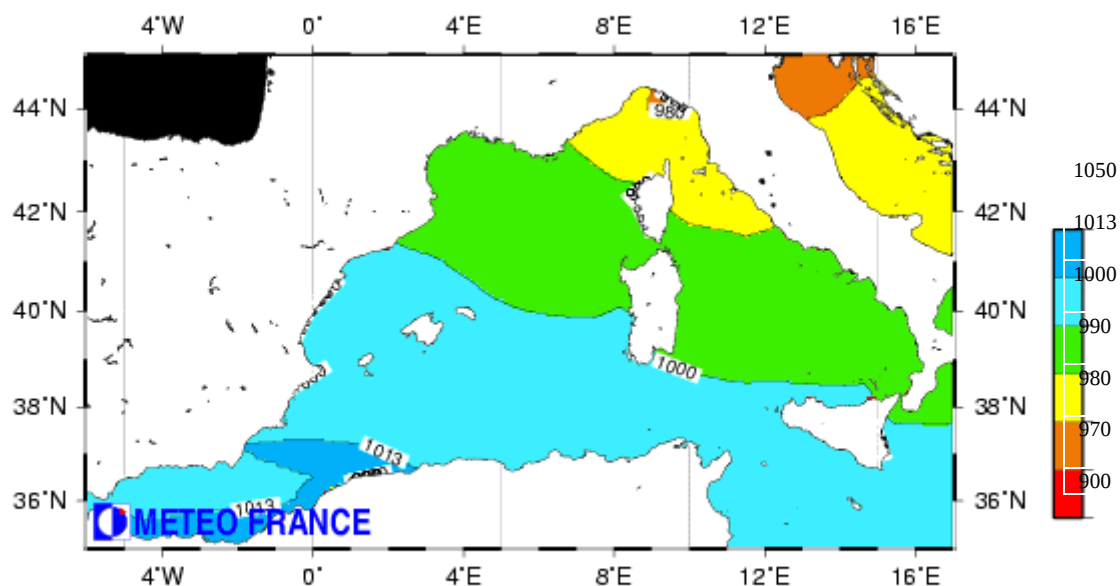
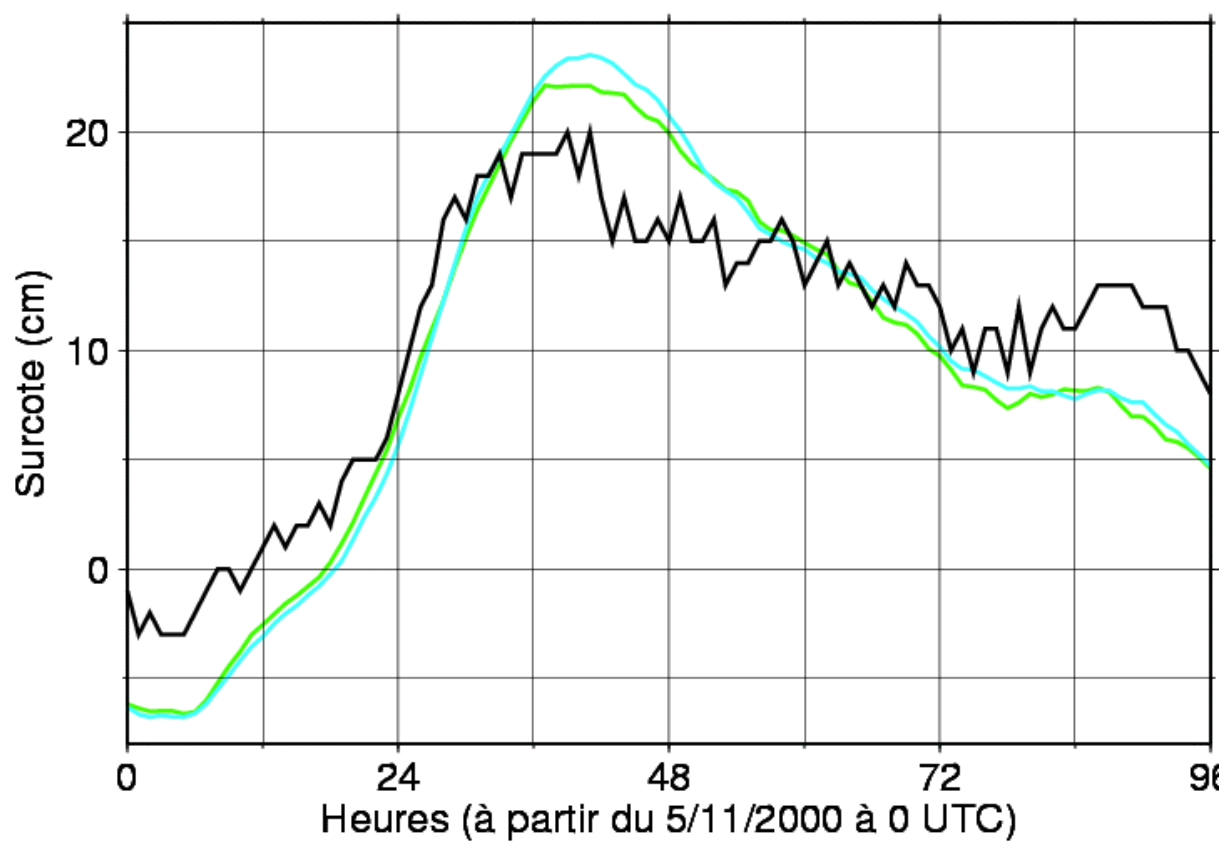


Figure5. p : Pression minimum du 27 au 28 Décembre 1999 (analyse CEPMMT)

Toulon



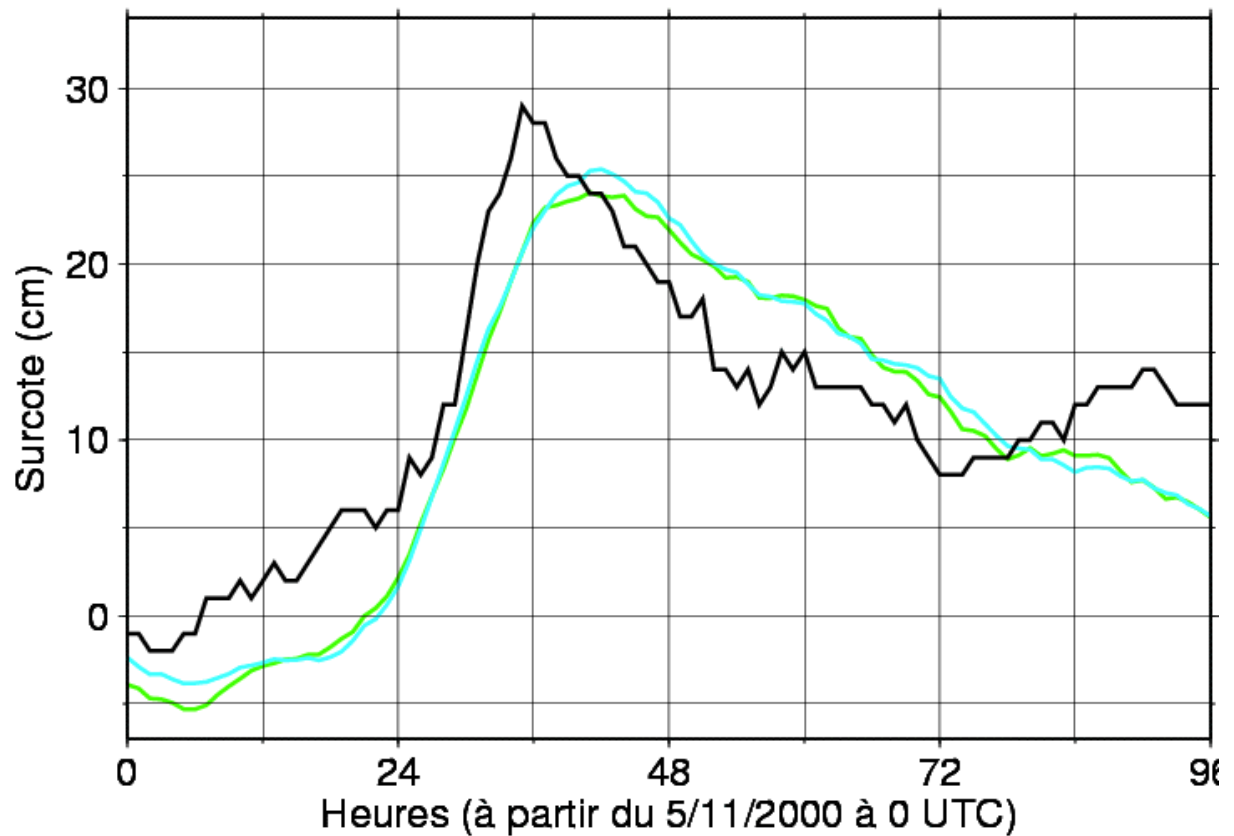
observation

analyses CEPMMT

analyses Arpège

Figure6. a : Surcote à Toulon du 5 au 8 Novembre 2000

Nice



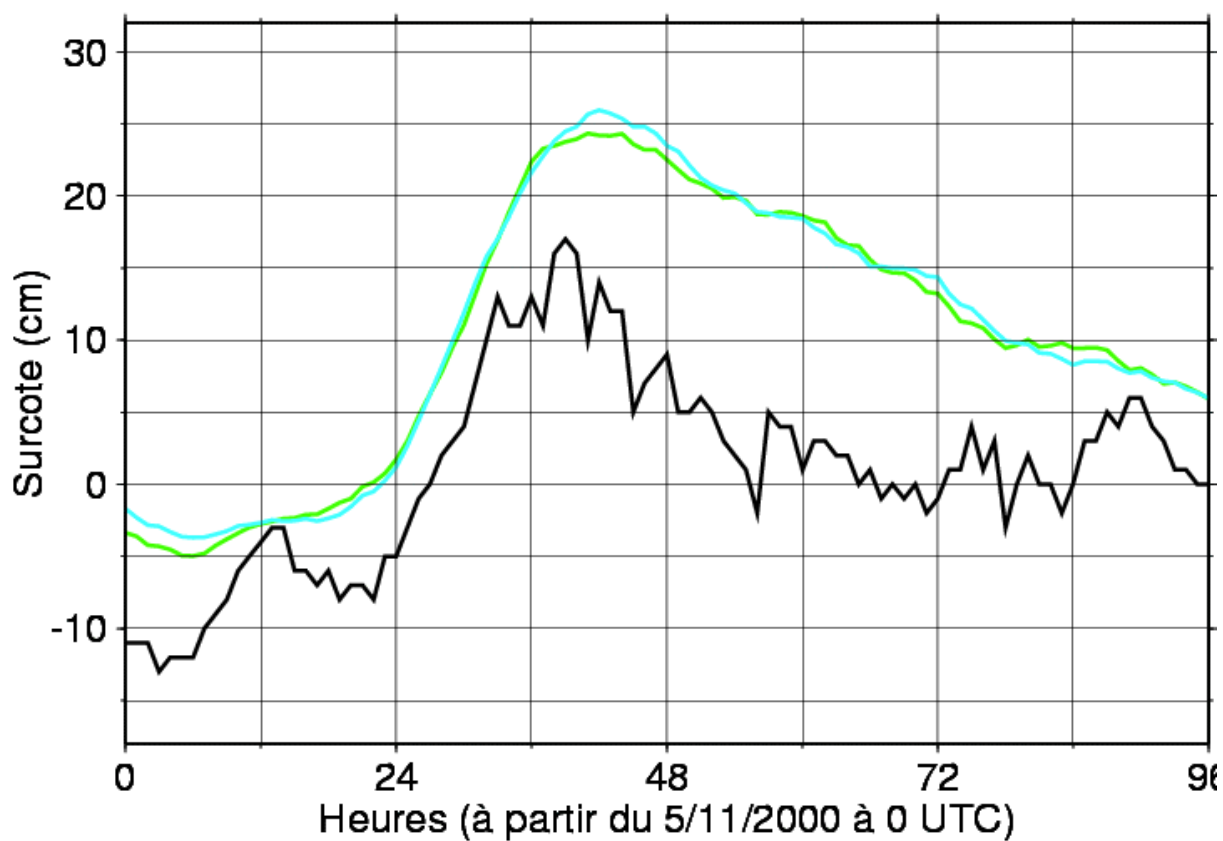
observation

analyses CEPMMT

analyses Arpège

Figure6. b : Surcote à Nice du 5 au 8 Novembre 2000

Monaco



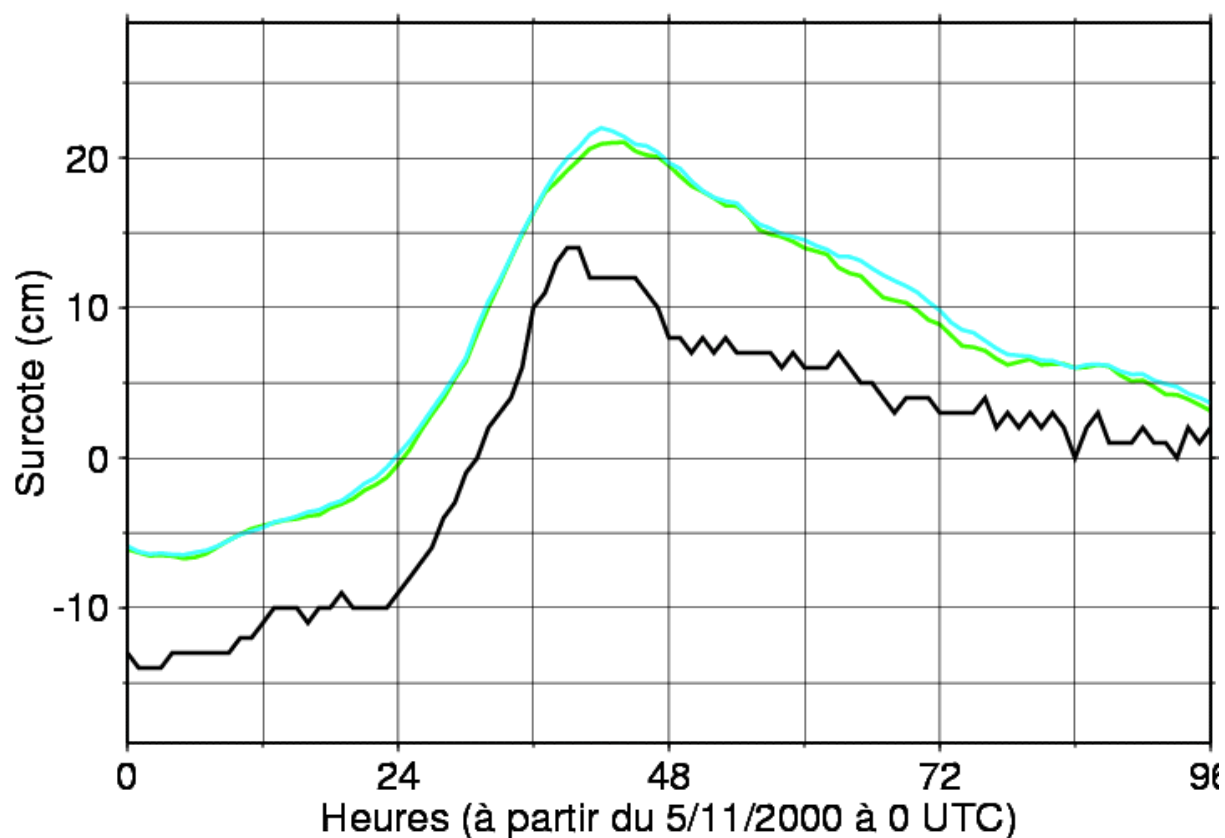
observation

analyses CEPMMT

analyses Arpège

Figure6. c : Surcote à Monaco du 5 au 8 Novembre 2000

Ajaccio



observation
analyses CEPMMT
analyses Arpège

Figure6. d : Surcote à Ajaccio du 5 au 8 Novembre 2000

Surcote maximum (Arpège) : 39 cm

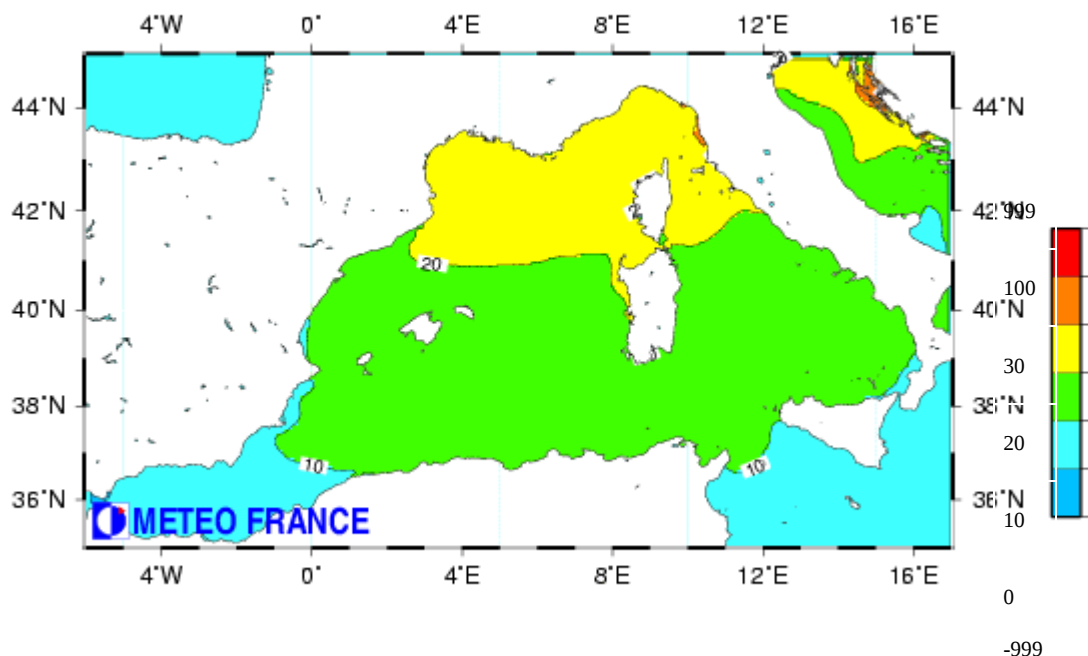


Figure6. e : Surcote à Toulon du 5 au 8 Novembre 2000 (analyse Arpège)

Surcote maximum (CEP) : 31 cm

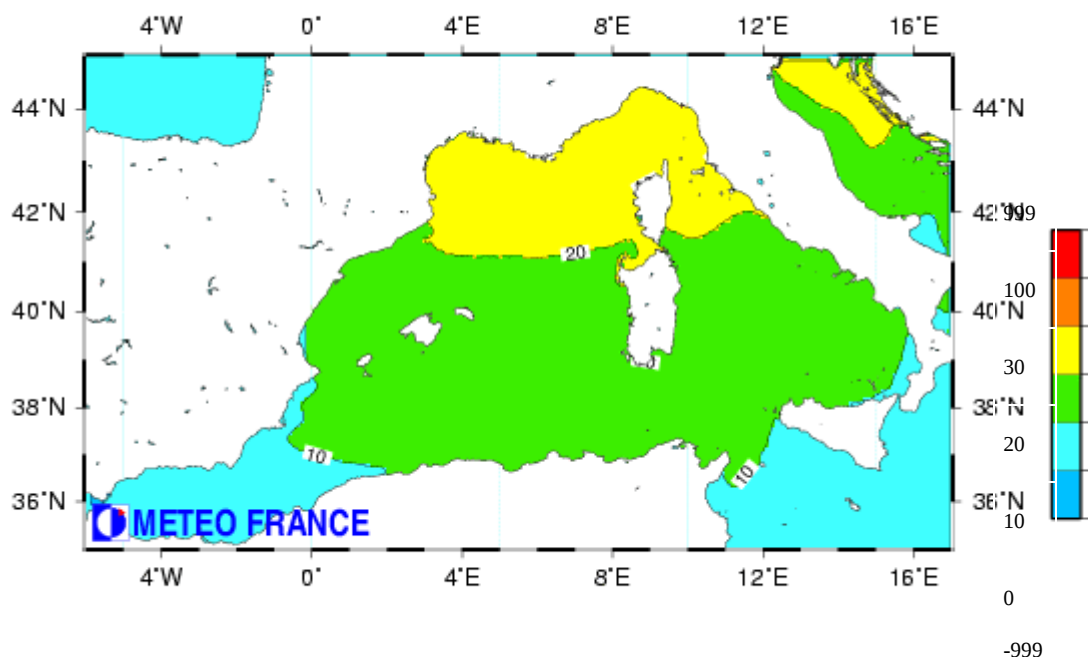


Figure6. f : Surcote maximum du 5 au 8 Novembre 2000 (analyse CEPMMT)

Vent maximum (Arpège) : 42 nds

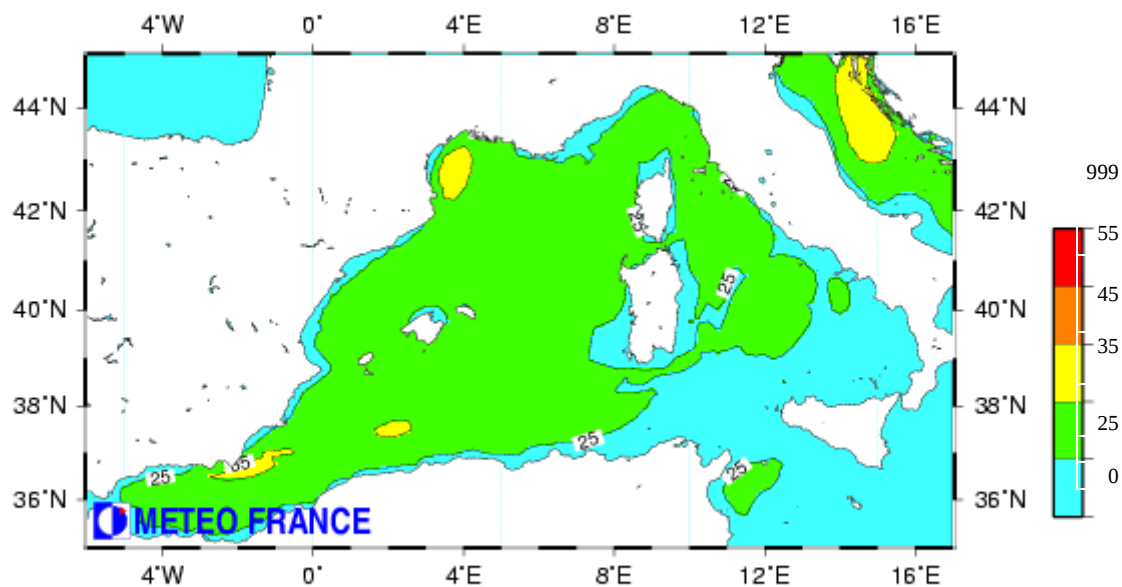


Figure6. g : Vent maximum du 5 au 8 Novembre 2000 (analyse Arpège)

Vent maximum (CEP) : 36 nds

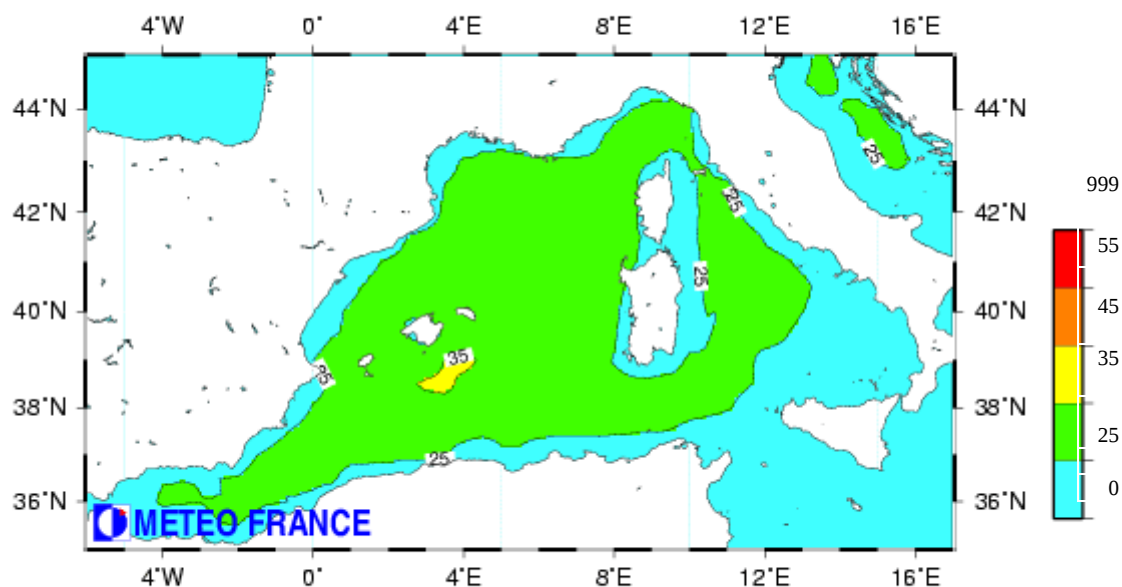


Figure6. h : Vent maximum du 5 au 8 Novembre 2000 (analyse CEPMMT)

Pression minimum (Arpège) : 990 hPa

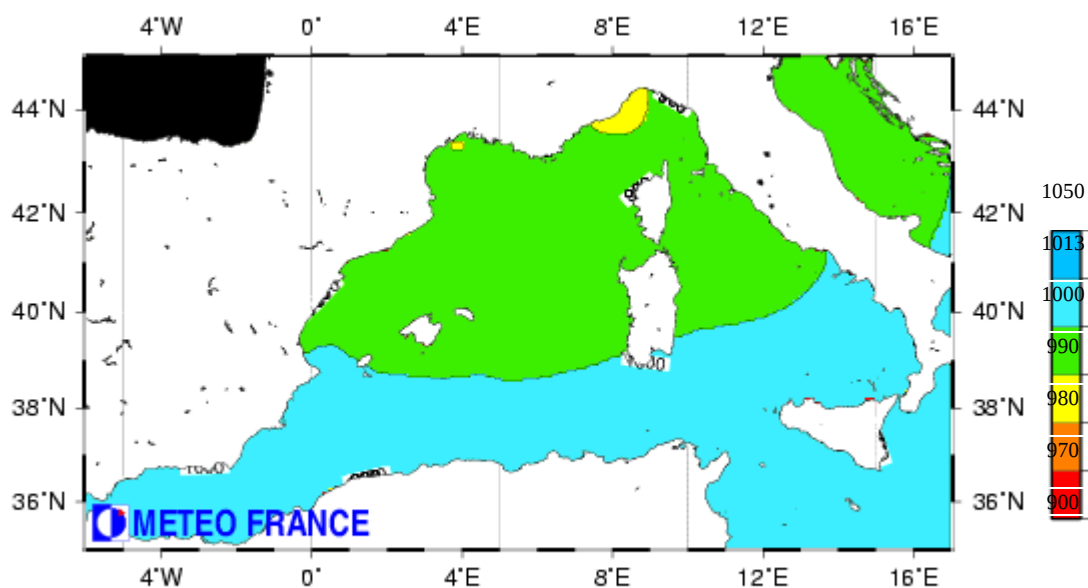


Figure6. i : Pression minimum du 5 au 8 Novembre 2000 (analyse Arpège)

Pression minimum (CEP) : 977 hPa

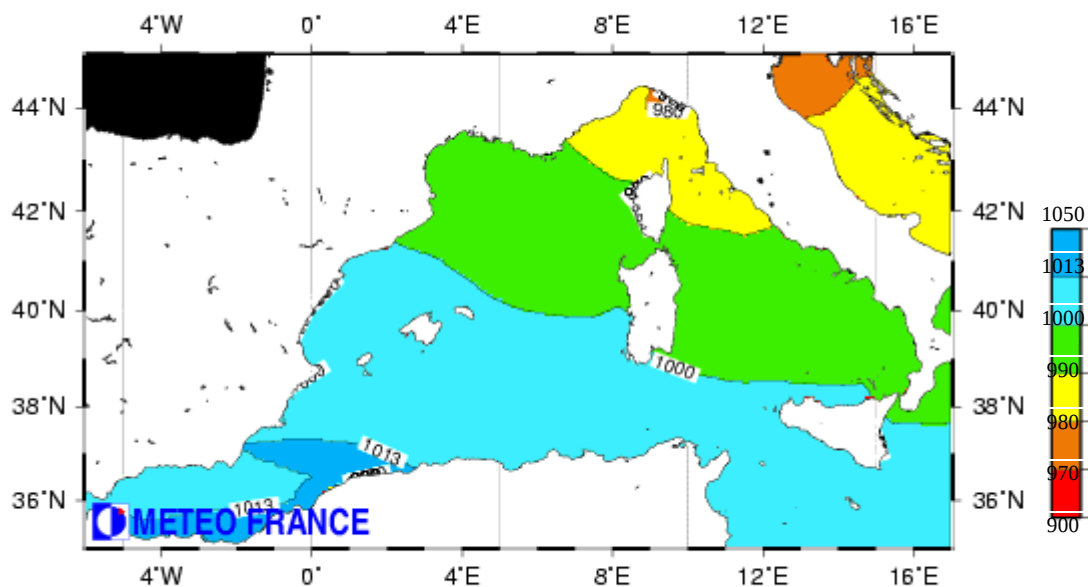


Figure6. j : Pression minimum du 5 au 8 Novembre 2000 (analyse CEPMMT)