

4.4 Restitution de la température de surface de la mer à la résolution météosat par intégration de données exogènes

par H. DEMARCQ * et J. CITEAU *

1. APPORTS DE LA MESURE SATELLITAIRE INFRAROUGE

La température de surface est sans doute un des paramètres les plus fondamentaux de l'environnement en océanographie physique et biologique. Ses moyens de mesure sont variés et dépendent essentiellement de la précision et de la fréquence de mesure exigée. Les satellites d'observation permettent une vue synoptique par des observations répétées, à une échelle spatiale de l'ordre du kilomètre. Les plus utilisés en océanographie sont les satellites à défilement, comme ceux de la série NOAA qui possèdent une résolution spatiale et radiométrique élevée (1 km et 0.5 degré). Malgré leur répétitivité d'observation de 24 heures parfois peu adaptée à une utilisation en continu des données en zone nuageuses, ils sont assez adaptés à des études globales. Le coût des données ainsi que la relative complexité de leur traitement les rend cependant difficilement utilisables pour un suivi régulier sur des zones vastes ou à forte variabilité temporelle, nécessitant un volume élevé de données. On leur préférera alors les satellites géostationnaires, pour le faible coût de leurs données et leur répétitivité d'observation élevée, malgré une résolution géométrique moindre.

Le capteur infrarouge thermique du satellite géostationnaire METEOSAT II permet la mesure de la température radiative de la surface du globe terrestre avec une résolution spatiale de 5 kilomètres à l'équateur, une résolution radiométrique de 0,5 degré et une répétitivité de 30 minutes. Situé par 0 degré de longitude, il permet une observation exceptionnelle de l'océan Atlantique oriental, notamment des côtes ouest-africaines soumises aux vents alizés, permanents ou saisonniers. Ces derniers induisent un des plus importants upwelling du monde, dont les variations spatio-temporelles visibles par le biais de la température de surface de la mer sont

nues par d'autres moyens. Dans le cas du capteur infrarouge de METEOSAT II et de sa couverture géographique importante, l'absence d'information sur l'atténuation du signal dans l'atmosphère à une résolution spatiale compatible (radiosondages par exemple) impose le recours à d'autres données de températures de surface. Celles disponibles par le réseau mondial de navires marchands sont particulièrement adaptées à des études à grande échelle et pallient avantageusement le faible volume de données fournies par les campagnes océanographiques.

2. TRAITEMENT DES DONNEES METEOSAT ET INTEGRATION DES DONNEES EXOGENES

2.1. Origine et nature des données

Des synthèses thermiques sont réalisées par période de 5 jours au Centre de météorologie spatiale de Lannion, à partir de plusieurs images par jour du globe METEOSAT entier. Elles sont élaborées par maximum thermique point par point. L'hypothèse utilisée est que sur une courte période de temps la température de surface varie peu et que la présence de nuages ou de vapeur d'eau a toujours tendance à diminuer le signal mesuré par le capteur. Ce procédé a pour avantage, outre une compacité accrue de l'information, d'éliminer au maximum l'influence des masses nuageuses – plus froides – qui se déplacent au cours de la période de synthèse. Les images résultantes ont une taille de 2 048 lignes par 2 048 points. Néanmoins, la dérive atmosphérique reste importante sur la majeure partie de l'image en raison de l'absorption atmosphérique moyenne pendant la période de synthèse, principalement par les aérosols et la vapeur d'eau. Une correction du champ de température est donc absolument nécessaire. L'absorption atmosphérique moyenne est estimée à l'aide de données de radiosondages et de données de surface de la mer.

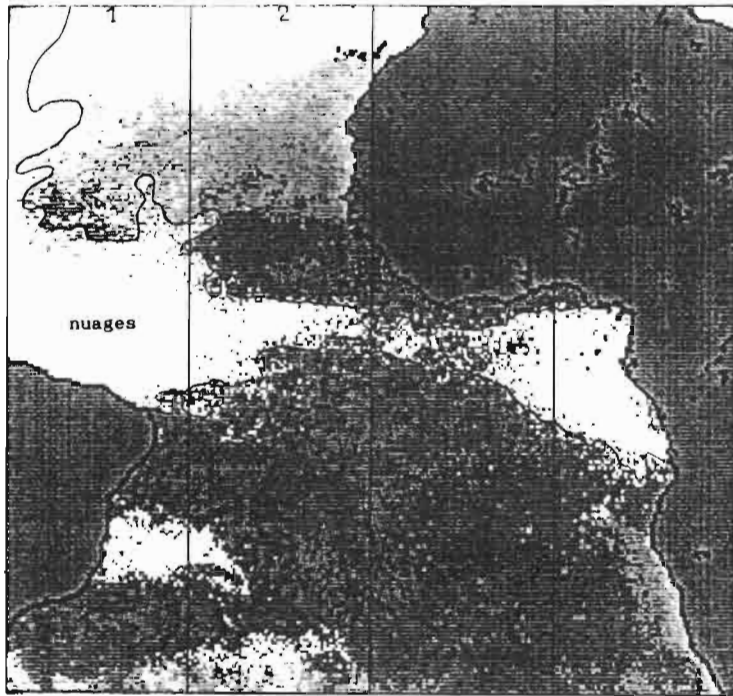
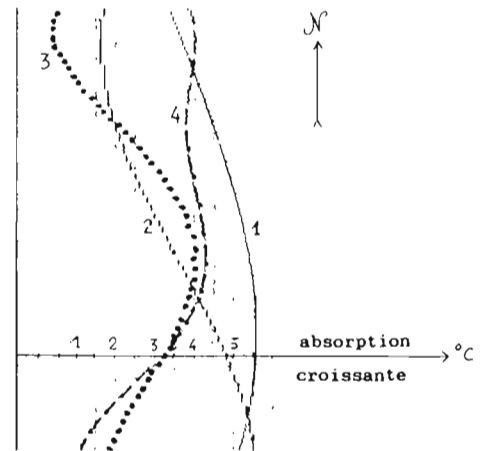
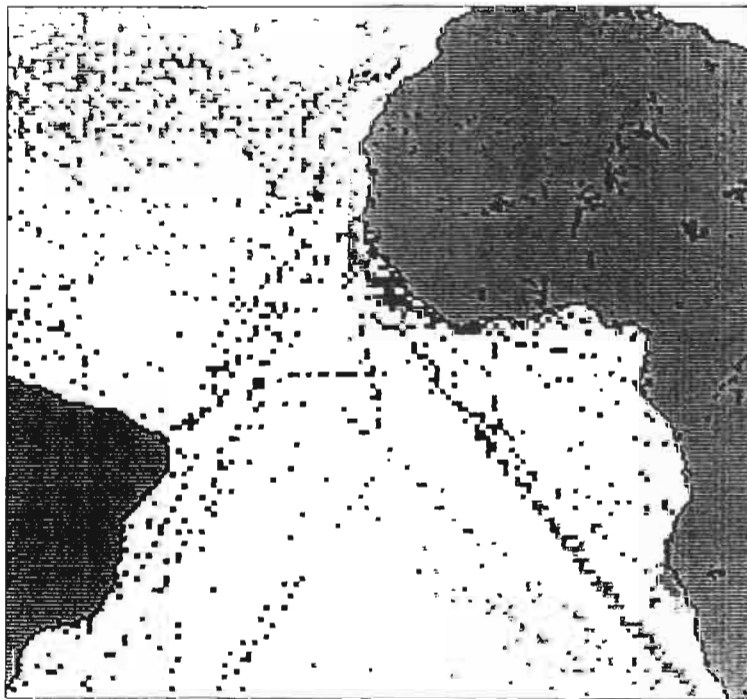
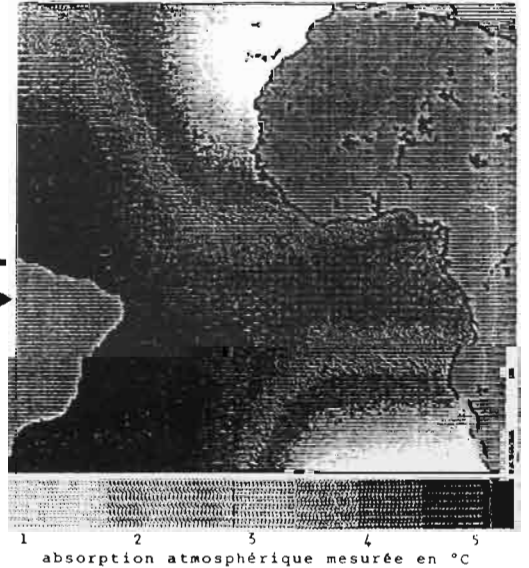


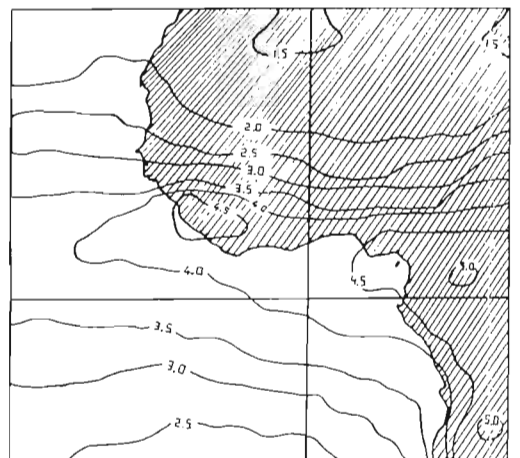
Image METEOSAT infra-rouge réalisée par synthèse temporelle sur la période du 1er au 8 février 1984, à partir de 3 images par jour. L'image est redressée en projection géographique et masquée de la terre. Un masque des nuages est réalisé grâce à une procédure automatique de seuillage par comparaison avec la température moyenne climatique. L'absorption atmosphérique est minimisée car seul le maximum thermique rencontré en chaque point de chaque image élémentaire est conservé. Les températures augmentent du blanc (16°C) vers le noir (28°C)



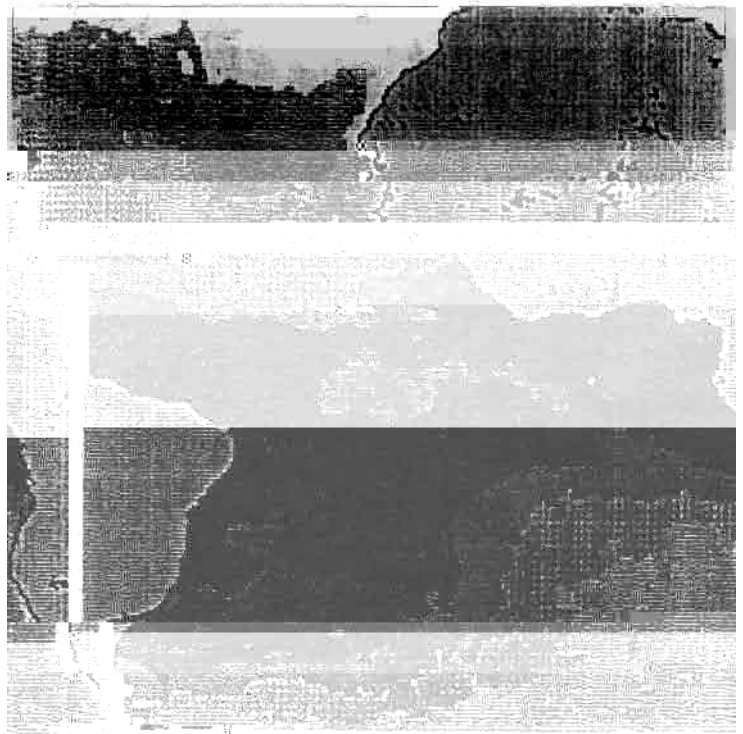
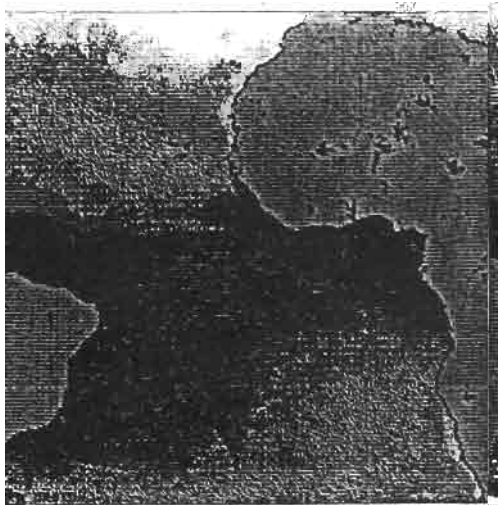
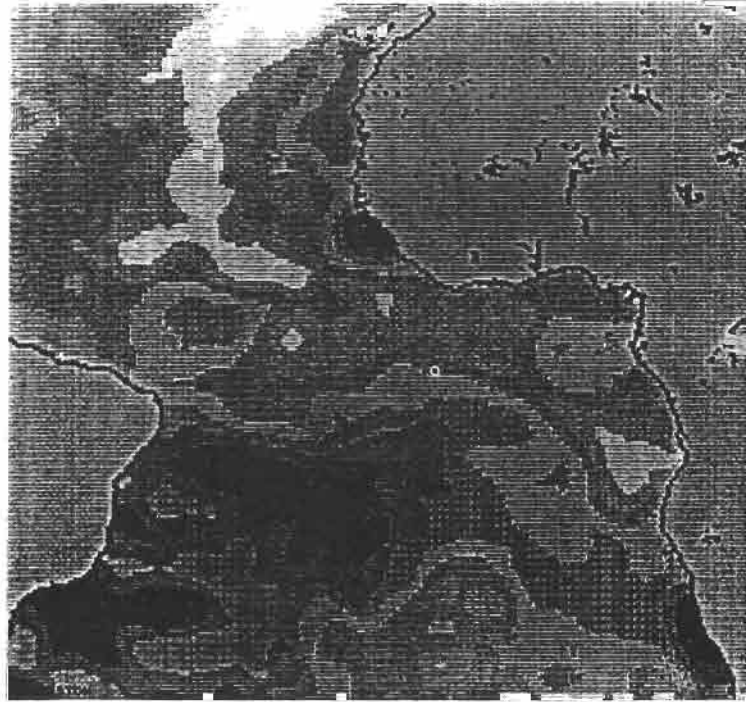
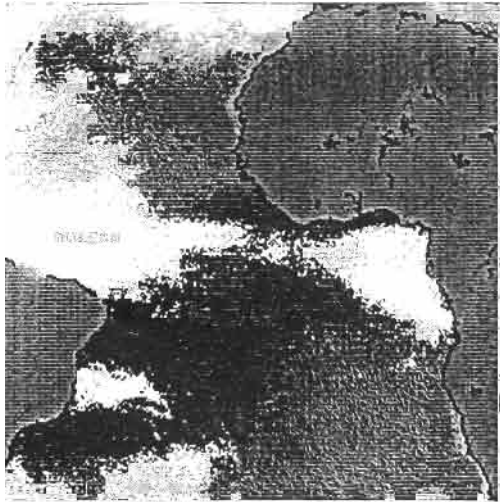
L'absorption atmosphérique est calculée statistiquement par différences avec les données des navires et modélisée sur 4 radiales N-S (ci-dessous). Le champ bidimensionnel associé est ensuite calculé par interpolation (ci-dessous). Cette correction intègre l'ensemble des perturbations dues à l'atmosphère ainsi que les différences d'angle de visée du satellite.



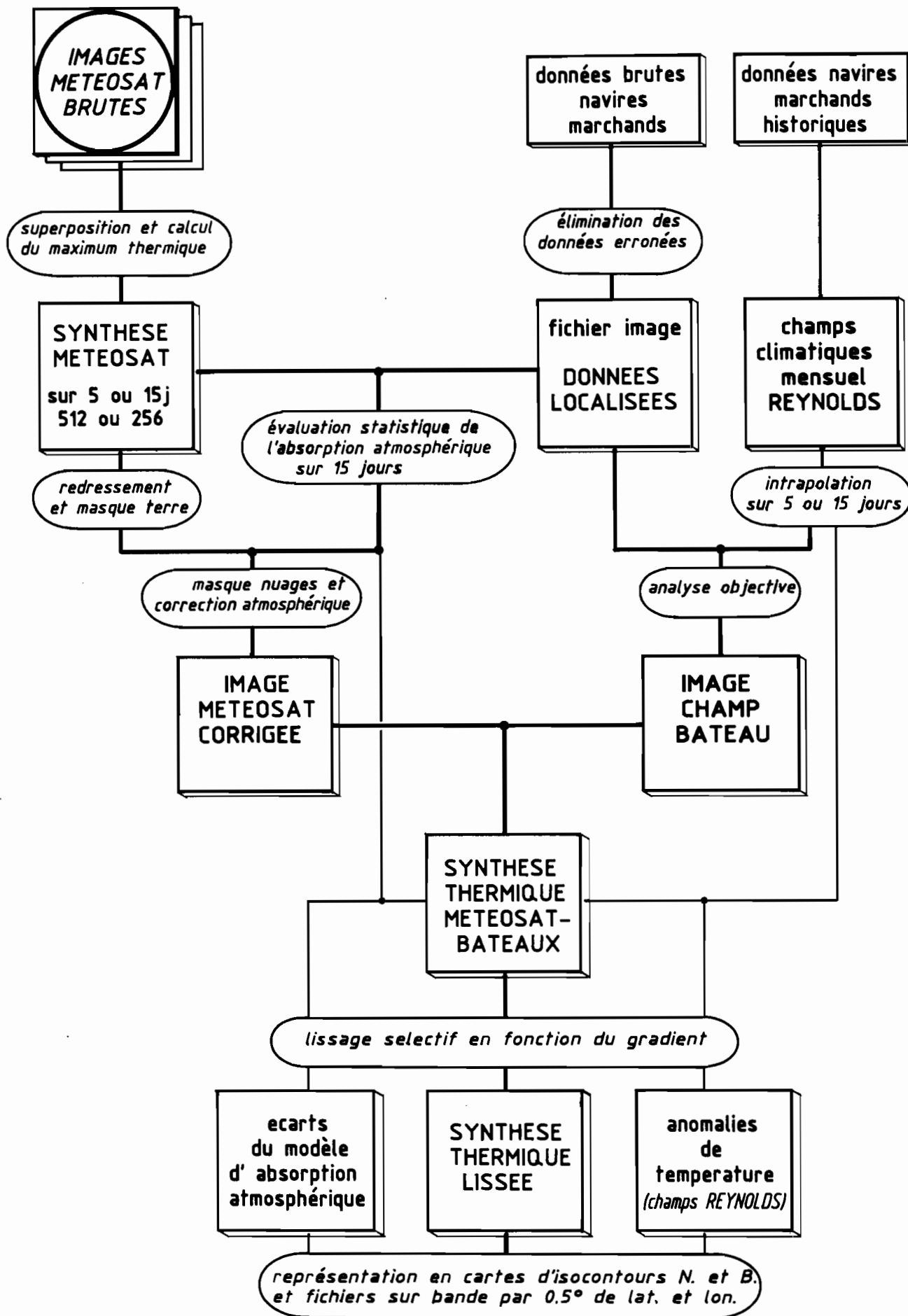
Températures mesurées par les navires marchands et diffusées par le Système Mondial de Transmission, sur la période du 1er au 15 février 1984 (environ 3000 données). Les températures augmentent du blanc vers le noir.



Exemple de répartition du contenu intégré en vapeur d'eau de l'atmosphère (en g/cm²) mesuré en novembre de 1980 à 1985.



RESTITUTION DE LA TEMPERATURE DE SURFACE DE LA MER A LA RESOLUTION METEOSAT



2.2. Sélection des données et redressement géométrique

Une lecture des données METEOSAT sur bande magnétique et un redressement simultané de l'image suivant une projection équatoriale équidistante directe sont tout d'abord réalisés. Les images redressées sont ensuite masquées des zones terrestres pour faciliter les traitements ultérieurs. Toutes les données disponibles du réseau de navires marchands sont alors utilisées sur la période d'étude et servent de base au calcul d'un champ d'absorption atmosphérique.

2.3. Calcul statistique du champ d'absorption atmosphérique

Ce dernier est estimé en chaque point où une donnée bateau existe, par différence entre température radiative mesurée par le capteur et température réelle mesurée par les navires. Un champ de différences est ainsi calculé statistiquement sur toute l'image par ajustements polynomiaux. Ce champ est calculé sur l'ensemble de l'Atlantique tropical pour une période de 15 jours et sur une maille d'environ 20 km, éventuellement rééchantillonné pour des utilisations régionales sur des images METEOSAT à pleine résolution, puis appliqué en retour sur l'information METEOSAT initiale (voir figure, flèche noire). Parallèlement, un champ continu de température est créé par analyse objective à partir des seules données du réseau de navires marchands.

2.4. Cas des zones à très forte absorption

Le champ « bateau » précédemment calculé vient en remplacement de l'information METEOSAT initiale, uniquement au-dessus des zones marines pour lesquelles l'absorption atmosphérique est telle que le gradient

de température radiative mesuré par le satellite n'est plus représentatif du gradient marin, mais principalement du gradient atmosphérique de température.

2.5. Lissage de l'image finale et calcul des anomalies de température

La synthèse thermique résultante est ensuite lissée par un lissage conditionnel fonction de l'intensité du gradient marin. Une carte d'anomalies de température est également calculée sur la même zone par différence entre la synthèse précédente et le champ climatique de références calculé sur la même période à partir des champs climatiques REYNOLDS. Ces derniers sont établis à partir des données historiques des navires marchands et définis par degré de latitude et de longitude. Les cartes ainsi obtenues sont enfin reproduites sous formes d'isocontours, en noir et blanc (fig. 2).

2.6. Utilisation et limites de la méthode

Cette chaîne de traitement est actuellement appliquée en routine à la résolution METEOSAT sur une zone s'étendant au large du Sénégal et de la Mauritanie et à une résolution spatiale moindre sur l'ensemble de l'Atlantique tropical. La cartographie de la température de surface de la mer ainsi réalisée s'avère supérieure en résolution au produit américain du National Weather Service établi par quinzaines, notamment au niveau des zones côtières et des upwellings côtiers et équatorial (voir partie « analyse et limite des méthodes sur quelques cas régionaux »).

* Océanographes de l'ORSTOM, Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye, BP 2241, Dakar (Sénégal).