

RESTITUTION DE LA TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER A LA RÉOLUTION MÉTÉOSAT PAR INTÉGRATION DE DONNÉES EXOGÈNES

Par DEMARCO H.*, CITEAU J.*, BERGES J.C.*

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 exigées. 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 (1,1 km au sous-point et 0,125 degré). Malgré leur répétitivité d'observation de 12 h, parfois peu adaptée à une utilisation en continu des données en zone nuageuse, 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. On leur préférera alors les satellites géostationnaires, pour le faible coût de leurs données et leur répétitivité d'observation élevée, malgré une résolution géométrique et radiométrique moindre.

Le capteur infrarouge thermique du satellite géostationnaire Météosat II permet la mesure de la température radiative de la surface du globe terrestre avec une résolution spatiale de 4,4 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 upwellings du monde, dont les variations spatio-temporelles, visibles par le biais de la température de surface de la mer, sont très importantes. Si la température radiative mesurée par le capteur est assez facilement déductible de la mesure satellitaire par calibration interne, il n'en va pas de même de la valeur absolue de la température de surface. Le signal marin est en effet systématiquement perturbé par les facteurs atmosphériques (nuages, vapeur d'eau, aérosols) qui induisent une erreur importante sur la valeur absolue de la température de surface. On a donc nécessairement recours à des données exogènes pour corriger la mesure satellitaire, soit directement, par des mesures atmosphériques, soit indirectement, par confrontation avec des mesures obtenues par d'autres moyens. Dans le cas du capteur infrarouge de Météosat II et de sa vaste couverture géographique, l'absence d'information sur l'atténuation du signal dans l'atmosphère à une résolution spatiale compatible (radiosondage par exemple), impose le recours à d'autres données de température de surface. Celles disponibles par le réseau de navires marchands et diffusées par le Système Mondial de Transmission sont particulièrement adaptées à des études à grande échelle et pallient avantageusement le faible volume de données fournies par les campagnes océanographiques pour une observation en routine. L'ensemble du traitement effectué sur les données satellitaires possède ainsi l'avantage de ne faire appel qu'à un seul type de données exogènes, simples et d'accès facile.

1.2 Traitement des données Météosat et intégration des données exogènes.

1.2.1. Origine et nature des données

Des synthèses thermiques sont réalisées par période de cinq jours au Centre de Météorologie Spatiale (CMS) de Lannion, à partir de plusieurs images par jour d'une partie du globe Météosat. Elles sont élaborées pour cela par maximum thermique en chaque point de l'image (2048 points sur 2048 lignes). L'hypothèse utilisée est que, sur une courte période de temps (cinq jours), 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. Néanmoins, la dérive 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 dépassant fréquemment en moyenne plusieurs degrés. Les synthèses brutes sont pour cela traitées par une chaîne de programmes spécifiques développée à l'unité de traitement d'images satellitaires (UTIS) du Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye (CRODT).

* Océanographes de l'ORSTOM au CRODT.

Le schéma général joint (fig. 1 à 7) résume l'ensemble des étapes du traitement exposé ci-dessus.

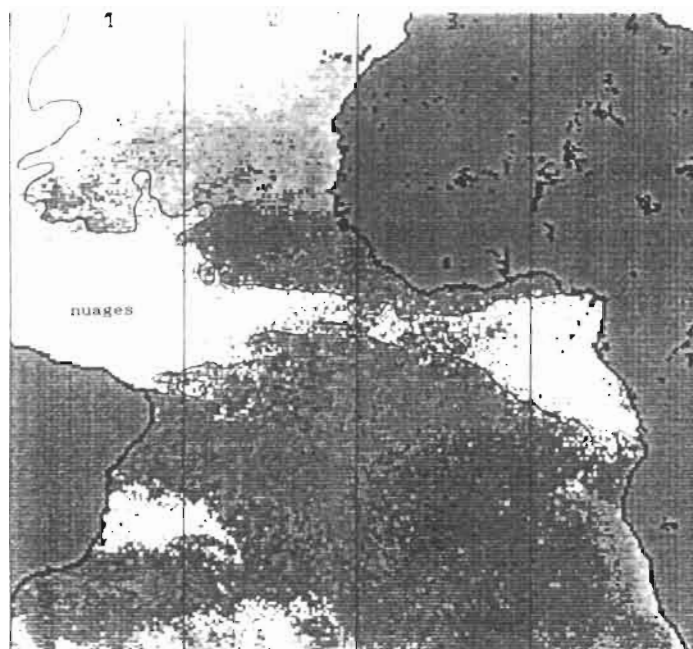
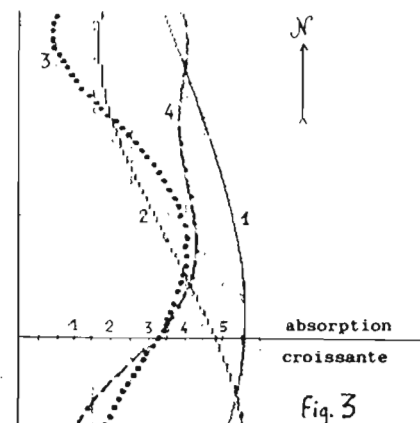
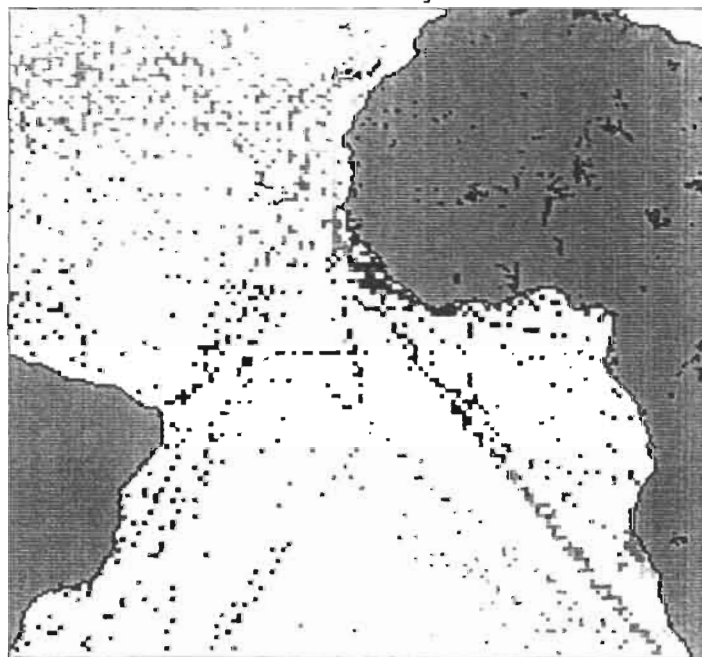
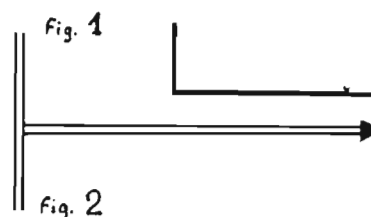


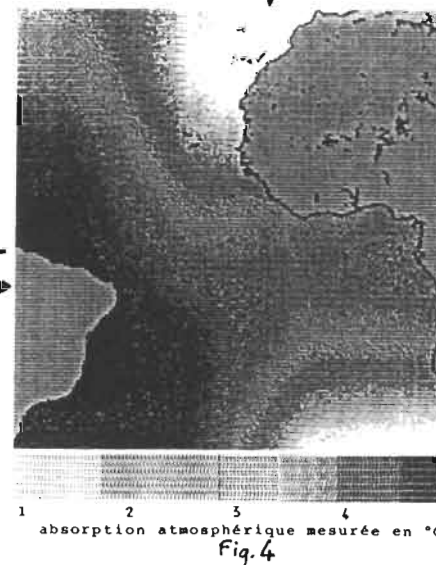
Image METEOSAT infra-rouge réalisée par synthèse temporelle sur la période du 1er au 8 février 1984, à partir de 3 images par jour. L'image est redressée en projection géographique et masquée de la terre. Un masque des nuages est réalisé grâce à une procédure automatique de seuillage par comparaison 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)



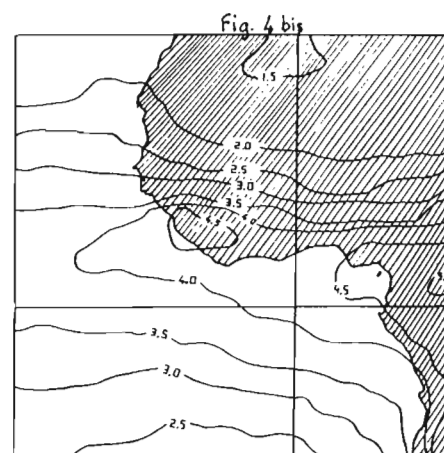
L'absorption atmosphérique est calculée statistiquement par différences avec données des navires et modélisée à radiales N-S (ci-dessous). Le bidimensionnel associé est ensuite calculé par interpolation (ci-dessous). La correction intègre l'ensemble des perturbations dues à l'atmosphère ainsi que les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



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



1 2 3 4
absorption atmosphérique mesurée en %
Fig. 4



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

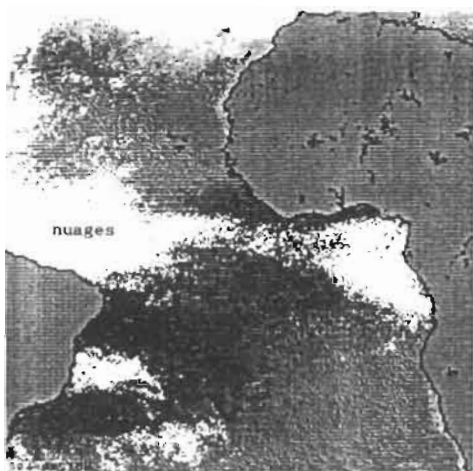
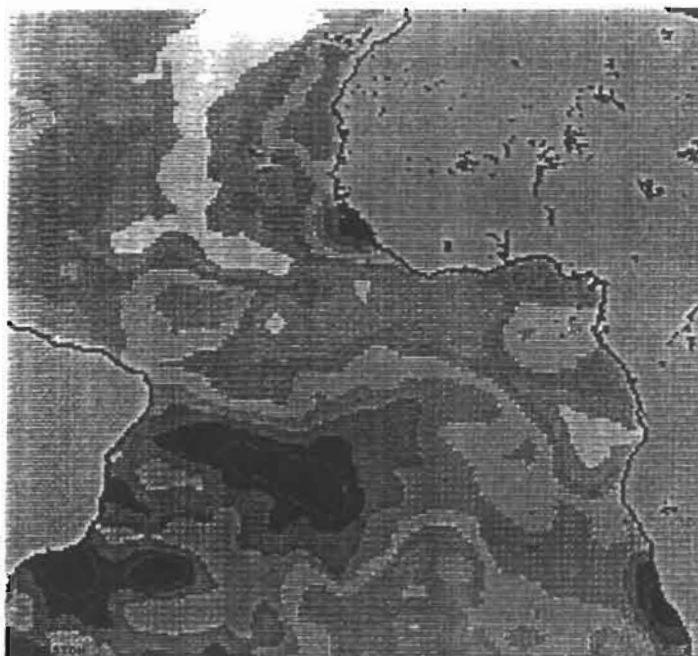


Image METEOSAT initiale corrigée de l'atmosphère par le champ d'absorption calculé précédemment.

Fig. 5

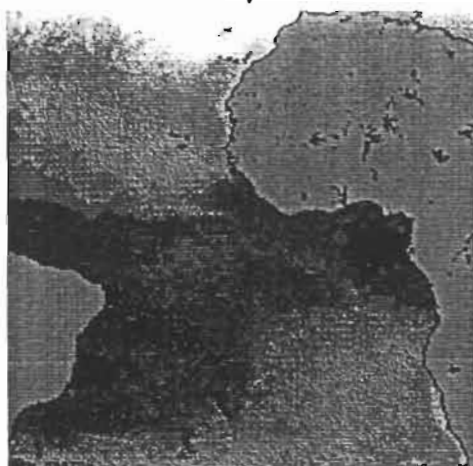


-2.0 -1.5 -1.0 -0.5 0 +0.5 +1.0 +1.5 +2.0 +2.5 °C

Anomalies de température calculées à partir de la carte finale, par référence à la climatologie de REYNOLDS.

Fig. 8

climatologie de REYNOLDS



Même image) que ci-dessus sur laquelle les zones couvertes par les nuages ont été remplacées par le champ de température calculé à partir des seules données bateaux.

Fig. 6

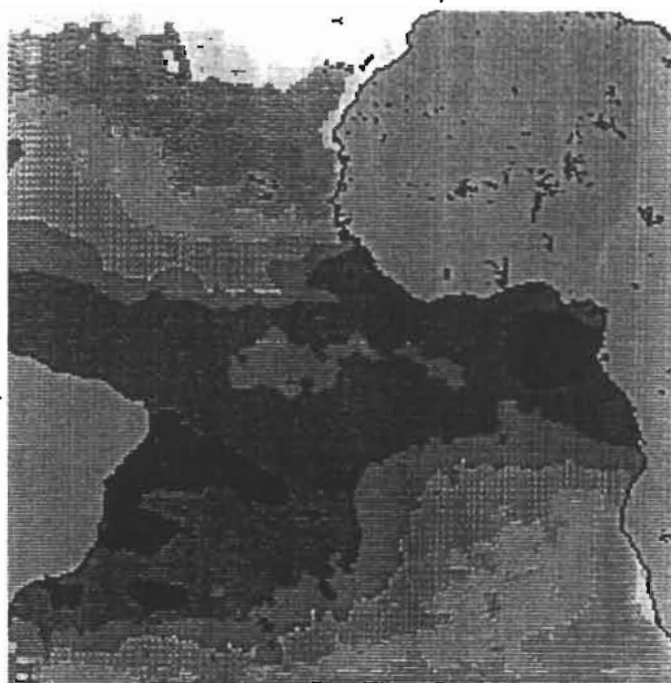


Fig. 7

16 18 20 22 24 26 28 °C

Produit final température de surface résultant de la carte ci-contre par lissage sélectif en fonction du gradient marin. La carte est également produite en isocontours (voir page suivante).

1.2.2. Sélection des données et redressement géométrique

Une lecture des données Météosat 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. Une discrimination mer-nuages est également réalisée pour les zones nuageuses, qui sont telles que le gradient de température radiative mesuré par le satellite n'est plus représentatif du gradient marin, mais d'un gradient principalement atmosphérique (voir fig. 1).

Toutes les données disponibles du réseau de navires marchands reçues au CMS, et transmises en même temps que les données Météosat par l'antenne ORSTOM (L. Marec), sont alors utilisées sur la période d'étude (fig. 2) et servent de base au calcul d'un champ d'absorption atmosphérique.

1.2.3. 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. Cette différence représente l'absorption atmosphérique locale due aux divers facteurs atmosphériques et géométriques perturbant la mesure. Ces valeurs sont extraites sur quatre zones (voir fig. 1 et 3), et sont ensuite lissées par ajustement polynomial, dont le degré est adapté à la complexité générale du champ d'absorption tel qu'il peut être connu par des mesures météorologiques (fig. 4 bis). Le champ de différences final est ensuite extrapolé à l'ensemble de l'image (fig. 4).

Ce champ, calculé sur l'ensemble de l'Atlantique tropical pour une période de 15 jours, sur une maille d'environ 20 km, peut être éventuellement rééchantillonné pour des utilisations régionales sur des images Météosat à pleine résolution. Il est enfin appliqué en retour sur l'information Météosat initiale (fig. 1), afin d'obtenir une image conforme au gradient local réel et ajusté le mieux possible en valeur absolue.

1.2.4. Cas des zones nuageuses

Au-dessus des zones précédemment considérées comme nuageuses, un programme d'analyse objective calcule le champ local de température à partir des mêmes données bateau, ces dernières étant cette fois directement utilisées en tant que valeurs de températures. L'image de synthèse est représentée en figure 6.

1.2.5. Lissage de l'image finale et calcul des anomalies.

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 référence, calculé sur la même période à partir des champs climatiques de référence Reynolds, eux-mêmes établis à partir des données historiques des navires marchands et définis pour chaque degré de latitude et de longitude.

1.2.6. Utilisation et limites de la méthode

Cette chaîne de traitement est actuellement appliquée en routine, à la résolution Météosat, 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 est (figures jointes).

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 en ce qui concerne les zones côtières (upwelling sénégal-mauritanien) et l'étude de l'upwelling équatorial.

Demarcq Hervé, Citeau Jean, Bergès Jean-Claude.
(1988).

Restitution de la température de surface de la mer à la
résolution METEOSAT par intégration de données
exogènes.

Veille Climatique Satellitaire, (21), p. 63-66.

ISSN 1144-2026