



La pollution pétrolière en Méditerranée vue par le satellite Landsat

Lucien Wald, Jean-Marie Monget, Michel Albuissou

► To cite this version:

Lucien Wald, Jean-Marie Monget, Michel Albuissou. La pollution pétrolière en Méditerranée vue par le satellite Landsat. *Méditerranée : revue géographique des pays méditerranéens*, 1983, III, pp.61-68. hal-00464028

HAL Id: hal-00464028

<https://minesparis-psl.hal.science/hal-00464028>

Submitted on 13 Apr 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La pollution pétrolière en Méditerranée vue par le satellite LANDSAT

L. WALD*
J.M. MONGET*
M. ALBUISSON*

Résumé — Les satellites LANDSAT peuvent, dans la plupart des cas, repérer les nappes d'huile répandues en mer. La différence de coefficients de réflexion solaire entre les zones couvertes d'huile et la surface de la mer plus agitée les entourant permet cette détection.

Pour la première fois, ces satellites ont été utilisés de façon systématique pour obtenir un inventaire complet de la pollution par hydrocarbures en Méditerranée, pour les années 1972 à 1975, dans le cadre du projet «ARCHIMEDE» mené par le Centre Commun de Recherches des Communautés Européennes. Un inventaire plus restreint a également été effectué pour le mois de Juin 1981.

Les résultats obtenus soulignent l'utilité de LANDSAT pour une surveillance régionale des pollutions par hydrocarbures en mer, ainsi que leur évolution. C'est aussi, actuellement, le seul instrument permettant de déterminer un niveau de référence pour ce type de pollution, information nécessaire pour évaluer dans l'avenir l'effet des mesures qui pourront être prises par les pays riverains afin de protéger l'environnement marin.

Abstract — The LANDSAT satellites have already been used in certain instances for the remote sensing of oil slicks at sea. The detection of oil is mainly due to the variations of the glitter radiance between the sea and the oil spill. This property has systematically been used in the framework of the european «ARCHIMEDES» project, managed by the Joint Research Center (Ispra, Italy), in order to study the pollution in the mediterranean sea. Eight hundred LANDSAT images were examined for the period 1972 to 1975. After various corrections, mainly allowing for the solar illumination angle, the cumulative area covered by the hydrocarbons spread each year in the Mediterranean sea is crudely estimates to be 175,000 km². The usefulness of LANDSAT for the large scale monitoring of oil pollution at sea as well as for the determination of an oil pollution reference level is demonstrated. For the time being, LANDSAT is the only satellite allowing the large scale inventory of oil spills and it could be usefully used as a reference for evaluating the effect of future conservation plans of our marine environment.

Mots-Clés — Télédétection - Méditerranée - Pollution - Landsat - Cartographie

INTRODUCTION

Il est maintenant couramment admis que la Méditerranée est une mer dont la pollution atteint un état critique. Cette mer fermée offre peu de communications avec l'océan mondial, et, de ce fait, le niveau de pollution croît relativement rapidement. De plus, la Méditerranée est un des poumons de l'Atlantique. En effet, il s'y forme chaque année des eaux denses riches en oxygène qui s'écoulent, par le détroit de Gibraltar, dans l'Atlantique, jusqu'à une profondeur de l'ordre de 800 m, assurant ainsi le renouvellement en oxygène des couches profondes de l'océan nécessaire au développement de la chaîne biologique. Si les zones de formation de ces eaux denses sont polluées, les polluants seront entraînés dans la masse d'eau et contamineront les couches profondes de l'océan. Il est donc nécessaire non seulement de surveiller attentivement l'état de la pollution en Méditerranée, mais aussi de mieux connaître l'origine et surtout la dynamique des polluants.

C'est pourquoi les Communautés Européennes ont financé le projet «ARCHIMEDE», pour la compréhension des phénomènes de pollution. Dans le cadre de ce projet, mené par le Centre Commun de Recherches d'Ispra (Italie), on a effectué, en utilisant les satellites LANDSAT, un inventaire systématique de la pollution par hydrocarbures pour les années 1972 à 1975.

Plusieurs exemples ponctuels de détection des nappes d'huile par LANDSAT ont déjà été publiés (STUMPF et STRONG, 1974 ; OTTERMAN *et al.*, 1974 ; DEUTSCH *et al.*, 1977 ; ALBUISSON et MONGET,

* Centre de Télédétection et d'Analyse des Milieux Naturels - Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris - Rue Claude Daunesse - Sophia-Antipolis, 06565 Valbonne Cédex (France).

1980 ; DEUTSCH et ESTES 1980). Une expérience plus systématique a d'ailleurs été réalisée lors de l'explosion d'une tête de puits de pétrole dans le Golfe du Mexique en 1979 (HAYES, 1980 ; DEUTSCH *et al*, 1980).

La principale conclusion de ces observations est que LANDSAT est capable de détecter à la surface de la mer les nappes d'huile les plus importantes. La détection s'explique par la différence d'albédo entre une nappe d'huile et la mer environnante. Les limitations à la connaissance des nappes d'huile que l'on peut rencontrer lorsqu'on utilise le radiomètre MSS de LANDSAT sont pourtant nombreuses : les auteurs soulignent en général l'incapacité du radiomètre MSS à déterminer le type de l'huile, son épaisseur et son état thermodynamique. De plus, un film de surface détecté sur une image LANDSAT peut tout aussi bien être d'origine pétrolière que d'origine organique (HUHNERFUSS, GARRETT, 1981) WALD et MONGET (1982) ont d'autre part examiné les limites de détection imposées par l'état de surface de la mer et par la variation de la position du soleil au cours d'un cycle d'observation annuel de LANDSAT.

Malgré tous ces inconvénients, le satellite LANDSAT constitue néanmoins le seul outil spatial permettant une connaissance statistique et régionalisée du niveau de pollution en mer. Pour la première fois, 800 images LANDSAT de la Méditerranée ont été examinées de façon exhaustive, permettant enfin la connaissance statistique des zones les plus polluées, ainsi que la variation temporelle de ses taux de pollution.

I — DETECTION DES NAPPES D'HUILE ET DEPOUILLEMENT DES IMAGES LANDSAT

Cette détection est fondée sur la différence d'albédo entre une nappe d'huile et la mer environnante. Le détecteur utilisé pour cette étude est le canal MSS 7, fonctionnant dans le proche infra-rouge (0,8 — 1,1 micron). La luminance mesurée dans cette fenêtre spectrale peut être considérée comme la somme du rayonnement atmosphérique diffus, assimilé à un bruit de fond constant, et du rayonnement solaire réfléchi par la surface de la mer, atténué par la traversée de l'atmosphère. La luminance réfléchie dépend du coefficient de réflexion de la surface de la mer, et donc de l'état d'agitation de celle-ci.

Sur les images LANDSAT, les surfaces agitées réfléchissent plus de lumière que les surfaces calmes. WALD et MONGET (1982) ont montré que le contraste mesuré par LANDSAT entre une mer agitée et une mer calme dépendait fortement de la période de l'année, atteignant son maximum durant le solstice d'été et son minimum au solstice d'hiver.

Les propriétés optiques d'une nappe d'huile en mer sont difficiles à étudier. Elles sont fonction de la composition chimique de la nappe, de son épaisseur, de son âge, et plus généralement de son état thermodynamique, tous ces paramètres dépendant eux-mêmes des conditions météorologiques et océaniques. On trouvera dans WALD *et al* (1982) une discussion sur ces propriétés optiques.

La principale conclusion est que, dans la plupart des cas, la nappe d'huile peut être assimilée à une zone de mer calme dont la très faible luminance contraste avec celle, plus forte, de la mer agitée environnante. Deux exemples d'images LANDSAT sont présentés sur les figures 1 et 2.

L'étude régionale de la pollution en Méditerranée a nécessité la visualisation de 768 images LANDSAT, couvrant les périodes 11 Août 1972 - 18 Novembre 1973, et 29 Janvier 1975 - 22 Janvier 1976. Les événements les plus importants repérés au cours de ces périodes sont représentés sur la carte hors-texte, carte n° 1, en couleur rouge. Le triangle dessiné permet d'associer l'événement à sa date d'observation.

L'examen des documents LANDSAT fait ressortir que la plupart des nappes observées ont une faible épaisseur, et correspondent à des déversements intentionnels ou dégazages de pétroliers. Cette constatation est conforme aux résultats de BERTRAND (1979, 1981), qui a montré que la Méditerranée est peu touchée par la pollution accidentelle de navires.

II — RESULTATS DE L'INVENTAIRE 1972-1975

La figure 3 présente un bref constat de la représentativité statistique des résultats de cet inventaire.

On a porté en tiretés le nombre d'images visualisées pour l'ensemble de la Méditerranée en fonction du mois d'observation. Le trait horizontal discontinu représente le seuil de signification statistique du nombre

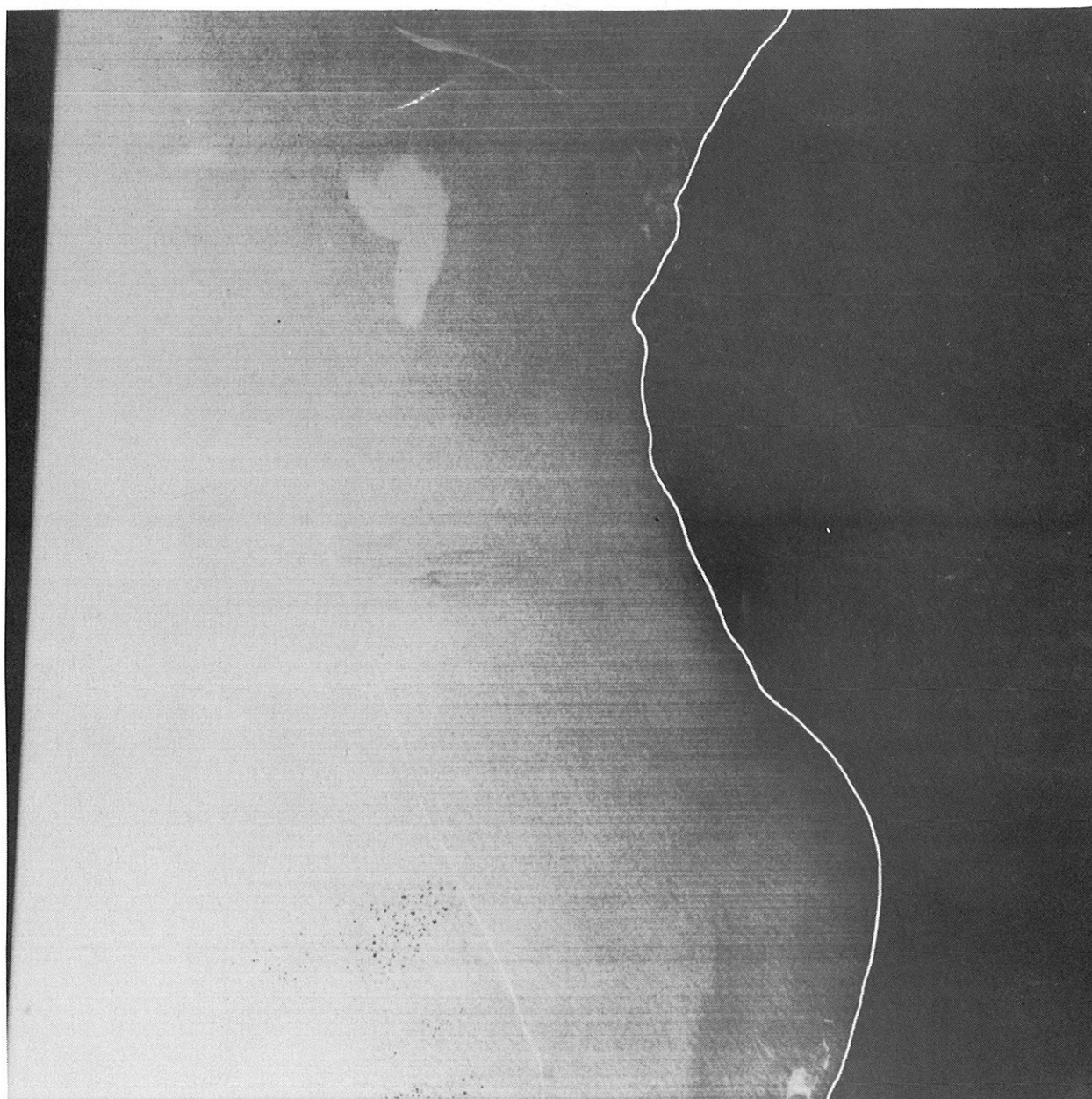


Fig. 1 : POLLUTION DANS LE GOLFE DE BENGASI
(Libye) (22 Juin 1975)

On remarque, dans le haut de l'image, une tache sombre représentant une nappe d'huile. Sa superficie est d'environ 260 km². D'autres films d'huile sont également visibles

mensuel d'images, calculé par Albuisson *et al* (1981). Le nombre mensuel d'images traitées varie fortement, allant de 4 en Avril à 100 en Juin et Novembre. Ce nombre est très petit pour les premiers mois de l'année, et seuls les résultats obtenus durant les mois d'été et d'automne sont considérés comme statistiquement significatifs.

Pour chaque mois, on calcule le pourcentage d'images présentant des traces de pollution. La notion de trace de pollution peut être quantifiée grâce à la mesure de la surface moyenne des nappes observées. Ce pourcentage mensuel a également été tracé sur la figure 3 (trait plein). Il varie fortement durant les premiers mois de l'année, à cause du manque de représentativité statistique du nombre mensuel d'images visualisées. Il atteint 70 % en Juin et Juillet, puis décroît jusqu'à 40 % en automne. On remarque que, pour un nombre mensuel d'images relativement constant au cours de la période Juin-Novembre, le pourcentage d'images présentant des traces de pollution décroît de Juin à Novembre.

Cette décroissance est à relier à la variation de contraste, au cours de l'année, entre les luminances réfléchies par une mer calme et une mer agitée. Celle-ci est fonction de la variation de la position du soleil, et sa formulation théorique a été établie pour LANDSAT par WALD et MONGET (1982). La décroissance théorique



Fig. 2 : POLLUTION AU SUD DE LA CRETE
(26 Juillet 1975)

Coordonnées du centre de l'image : N 34-30 et E 23-30. Une nappe d'huile est visible en haut à gauche. Il soufflait alors sur la région un vent d'Ouest, et on discerne nettement, à l'Est de l'île de Gavdhos (en haut à droite), une partie de mer sombre représentant une mer calme, abritée du vent par l'île.

du contraste que l'on peut en déduire, illustre la sous-évaluation importante du nombre de nappes effectivement présentes durant l'automne introduite par l'utilisation d'un capteur proche infra-rouge comme moyen de détection de la pollution pétrolière.

Si l'on utilise une surface de nappe de 100 km² correspondant à la surface cumulée moyenne des nappes présentes sur une image, et en prenant comme pourcentage de référence celui du mois de Juillet, on obtient une estimation de la surface cumulée couverte par les hydrocarbures déversés chaque année égale à 175.000 km², ce qui correspond à environ 7 % de la surface totale de la Méditerranée.

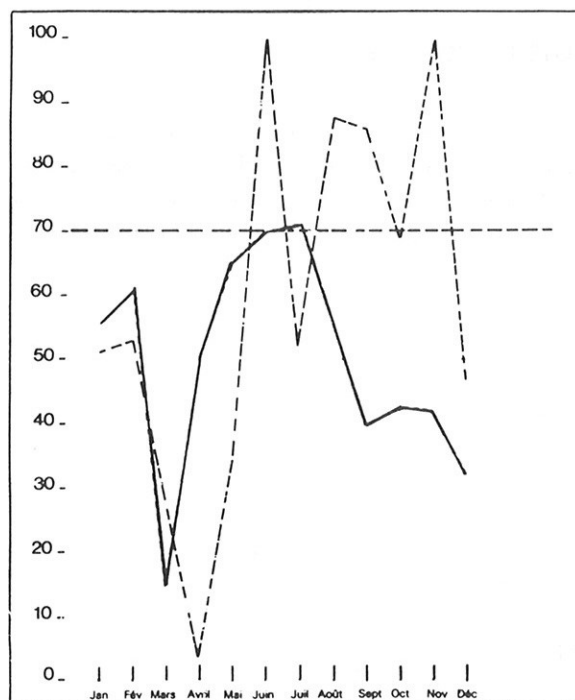


Fig. 3 : FREQUENCE DES POLLUTIONS
OBSERVEES POUR L'ENSEMBLE
DE LA MEDITERRANEE

Nombre mensuel d'images visualisées (tiretés) et pourcentage mensuel d'images présentant des traces de pollution (trait plein).

Cette surface ne peut pas être reliée sans dangers à la masse d'hydrocarbures déversée chaque année en Méditerranée. En effet, l'observation des images LANDSAT ne permet pas de connaître les quantités d'hydrocarbures évaporées et précipitées, qui peuvent représenter plus de la moitié de la masse initiale de la nappe. La surface cumulée ne peut donc que donner une indication qualitative sur l'importance des déversements intentionnels.

Cependant, il est intéressant de calculer la masse correspondant aux nappes dont le « vieillissement » semble avancé. En supposant que ces nappes aient une masse volumique de 900 kg/m³, et qu'elles soient formées de films d'huile dont l'épaisseur d'équilibre est de 1 micron (PILON et PURVES, 1973), on obtient alors une estimation d'environ 160.000 tonnes.

Il est intéressant de constater qu'en utilisant des hypothèses aussi grossières, le résultat obtenu se compare favorablement à celui de la National Academy of Science (NAS), qui a estimé à 150.000 tonnes la masse annuelle d'hydrocarbures répandue en Méditerranée (In GOLDBERG, 1979). Le rapprochement entre ces chiffres doit cependant être considéré avec une grande prudence, car notre estimation a été obtenue essentiellement sur des nappes de pétrole vieilles, donc sans tenir compte des phénomènes d'évaporation, de précipitation, de dissolution, d'oxydation, de dégradation microbienne.

Plus que dans une estimation quantitative globale, l'intérêt majeur de l'inventaire par LANDSAT réside dans le fait que l'information a été recueillie sous forme cartographique régionalisée. L'évolution temporelle de l'état de la pollution pétrolière d'une zone géographique particulière peut ainsi être étudiée, permettant par exemple d'aider à la décision des mesures préventives, ou aussi d'estimer l'efficacité des programmes de traitement des pollutions chroniques.

Nous avons calculé, pour chaque zone correspondant à une scène LANDSAT, le pourcentage annuel d'images présentant des traces de pollution. Ce pourcentage régionalisé, non corrigé des variations saisonnières, est représenté sur la carte hors-texte, carte n° 1. Il en ressort que ce sont les zones côtières qui sont les plus polluées, en particulier celles des pays les plus industrialisés de l'Ouest Méditerranéen. Les zones de forte pollution correspondent aussi aux endroits à fort trafic pétrolier (détroits, ports expéditeurs et destinataires). Des deux zones de déversement autorisées par l'amendement de 1962 à la Convention Internationale de 1954, qui autorise le dégazage à plus de 100 milles nautiques des côtes, seule la zone Ouest, située entre la Sicile et la Lybie, est très utilisée, tandis que la zone Est, située entre la Turquie et l'Égypte, est beaucoup moins polluée.

Les résultats sont tout à fait conformes aux cartes publiées par le Centre Régional Méditerranéen de Lutte contre la Pollution par les hydrocarbures (ROCC), ainsi qu'aux mesures effectuées par ZSOLNAY (1979), ce qui conforte la fiabilité de l'inventaire cartographique obtenu par LANDSAT.

Le devenir des nappes de pétrole est régi par ses capacités de réactions chimiques et par les vents et courants marins locaux. Les premières sont mal connues et dépendent fortement de la nature du pétrole ainsi que de l'agitation de la surface de la mer, qui est elle-même fonction du vent et des courants. Les vents peuvent être estimés à l'aide des cartes météorologiques établies quotidiennement, ou encore dans les régions où le réseau météo est insuffisant, à l'aide de la télédétection par satellite (micro-ondes actives et passives, proche infra-rouge). C'est encore la télédétection par satellite qui nous renseigne sur les courants marins. En effet, bien que la circulation générale en Méditerranée soit bien connue (voir carte hors texte, carte n° 1), cette circulation est souvent perturbée temporairement. Ces perturbations qu'on appelle instabilités, se traduisent par des tourbillons et des méandres dont la durée de vie est de l'ordre de la dizaine de jours. Ces instabilités ont souvent une signature thermique de surface et sont visibles sur l'imagerie infra-rouge thermique (voir carte hors-texte, carte n° 3).

III – INVENTAIRE DU MOIS DE JUIN 1981

Afin de démontrer l'efficacité de la méthode de dépouillement assistée par ordinateur des images LANDSAT, mise au point au CTAMN pour les problèmes de pollution, nous avons procédé à un nouvel inventaire, concernant le mois de Juin 1981 essentiellement. Cet inventaire est représenté sous forme de carte (Fig. 4) où les nappes d'huile sont en trait épais.



Fig. 4 : CARTOGRAPHIE DES FILMS D'HYDROCARBURES
OBSERVES SUR LES IMAGES LANDSAT EN JUIN 1981

Les films sont en trait épais

Cette période est trop courte pour que l'on puisse en tirer des conclusions sur l'état local de la pollution comparables à celles obtenues lors de l'inventaire précédent (1972-1975). Seule la réalisation trimestrielle d'une telle carte permettrait une étude efficace de l'évolution de la pollution par hydrocarbures. La modélisation de cette pollution, et donc sa prévision, pourraient être assurées, et les zones sensibles à la pollution chronique par hydrocarbures ainsi que les stratégies de lutte pourraient être mieux définies.

On peut cependant tirer de cet inventaire quelques résultats intéressants. Tout d'abord, on remarque, sur la carte n° 4, une accumulation de nappes d'huile à l'Est de la Sicile, représentant plus de 60 % de l'ensemble des nappes observées. La zone d'accumulation correspond à la zone de déversement autorisée, à une différence notable près : la plupart des nappes observées sont situées à moins de 100 miles nautiques de la Sicile.

Etant donné notre manque de connaissance sur la variabilité des courants marins dans cette région, la responsabilité de la trop grande proximité de la Sicile et de ces nappes de dégazage ne peut pas être imputée actuellement aux seuls navires pétroliers, qui dégazeraient trop près des côtes. Par exemple, un vent de 30 nœuds soufflant du Sud-Est pendant 3 jours suffit à expliquer la dérive de ces nappes vers la Sicile. On peut cependant conclure que si cette observation est permanente au cours de l'année, il sera nécessaire de redéfinir cette zone de déversement, afin de protéger davantage les côtes siciliennes.

L'examen de la carte fait également ressortir l'absence de nappes d'huile dans la seconde zone de déversement autorisée (Méditerranée Orientale, Sud-Est de la Crête). Ceci avait déjà été signalé lors de l'inventaire 1972-1975, et avait été attribué à la réduction du trafic pétrolier due à la fermeture du Canal de Suez. Or, d'après l'Institut Français du Pétrole, les flux pétroliers vers l'Europe en provenance du Moyen-Orient et transitant par

la Méditerranée sont deux fois plus importants pour l'année 1980 que ceux en provenance de l'Afrique du Nord. Il semble donc que cette zone Orientale de déversement ne soit pas utilisée, pour des raisons propres aux nécessités de route des pétroliers.

D'autre part, le dépouillement assisté par ordinateur et l'archivage des caractéristiques des nappes permettent d'établir quelques statistiques sur les nappes. La zone occidentale de déversement représente 62,5 % de l'ensemble des rejets, ce qui en fait la zone la plus critique de la Méditerranée. Ensuite vient la région de Chypre, dont la contribution s'élève à 10,8 %. Trente-huit pour cent des nappes observées sont de petites nappes, de surface inférieure à 5 km², et 31 % ont des surfaces comprises entre 10 et 50 km². Les nappes de grande taille sont rares (1 %), mais leur contribution à la surface cumulée est importante (environ 50 %). L'établissement de ces statistiques portant et sur la régionalisation de la pollution et sur la taille des nappes et leur contribution relative permet : de définir les zones critiques, de les protéger en y concentrant les moyens de lutte adaptés aux nappes les plus fréquemment rencontrées, et en adoptant une législation plus appropriée, de surveiller l'état de la pollution et son évolution au cours du temps, de juger de l'efficacité des mesures conservatoires de l'environnement marin.

CONCLUSION

A l'aide d'images obtenues par le détecteur MSS 7 porté par les satellites LANDSAT, on a pu effectuer une évaluation statistique de l'importance de la pollution pétrolière en Méditerranée. Ce travail porte principalement sur les hydrocarbures intentionnellement déversés en mer, et réactualise les estimations faites par l'Académie des Sciences des Etats-Unis. De plus, les zones à forte pollution chronique ont été cartographiées. La surveillance de ces zones permet de juger de l'efficacité des mesures conservatoires adoptées, et éventuellement de modifier les stratégies de lutte contre ce type de pollution.

Sur le plan méthodologique, nous avons prouvé que LANDSAT peut être un bon outil de détection des nappes d'hydrocarbures. C'est la première fois que cette série de satellites a été utilisée systématiquement pour ce genre d'étude. L'utilité de LANDSAT pour la surveillance de la pollution était un fait controversé. Le groupe *ad hoc* de réflexion sur le projet européen «ARCHIMEDE», ainsi que le Working Group II de l'étude pilote sur la télédétection OTAN/CDSM, ont notamment conclu à l'inadaptation de LANDSAT à la surveillance routinière de la pollution, à cause de la couverture nuageuse, du temps trop long entre deux passes successives, et également du trop long délai entre l'acquisition des données et leur mise à disposition — cette dernière objection pouvant d'ailleurs facilement être levée —. Ces remarques ne sont valables que dans la mesure où l'on veut utiliser le satellite comme moyen d'intervention et de répression, utilisation pour laquelle l'avion est de toutes façons plus adapté.

A la suite de la présente étude, nous proposons plutôt d'utiliser le satellite LANDSAT, et, plus tard, le satellite SPOT, comme instrument de connaissance statistique et régionalisée du niveau de pollution. Les deux groupes de travail précités ont souligné l'ignorance du niveau de pollution dans les eaux de surface, ainsi, *a fortiori*, que l'ignorance des évolutions de ce niveau de pollution. Ils ont également insisté sur l'importance de la connaissance de ce niveau, puisqu'elle permet la modélisation et la prédiction de la pollution.

Or, LANDSAT permet cette connaissance. Il existe en effet des archives d'images LANDSAT depuis 1972, et leur examen systématique doit permettre la constitution d'une banque de données utile pour le suivi du niveau de pollution à l'échelle régionale pour l'ensemble des mers du globe, comme nous l'avons déjà fait pour la Méditerranée. Enfin, nous estimons qu'en attendant la mise au point de capteurs embarqués aux performances adaptées, l'utilisation de LANDSAT permet l'obtention rapide de résultats corrects, à un coût relativement faible.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient pour leurs critiques et leurs suggestions Messieurs BONNAURE, FRAYSSE et HUHNERFUSS. Ils sont aussi très reconnaissants au Docteur J. APEL, Directeur du Pacific Marine Environmental Laboratory de la NOAA à Seattle, d'avoir mis à leur disposition l'information LANDSAT nécessaire à cette étude, et de leur avoir communiqué son expertise dans le domaine de l'Océanographie Spatiale. Cette étude a été financée par le Centre Commun de Recherches des Communautés Européennes, établissement d'Ispra (Italie), ainsi que par l'Agence Spatiale Européenne. Les opinions exprimées par les auteurs n'engagent en aucune manière la responsabilité de la Commission des Communautés Européennes et de l'Agence Spatiale Européenne.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBUISSON M., MONGET J.M. (1980).— Détection de la pollution de surface en Méditerranée par le satellite LANDSAT. *Proc. of the 26 th C.I.E.S.M. meeting*, pp. 635-638. Antalya, Turquie, December 1978.
- ALBUISSON M., MONGET J.M., WALD L. (1981).— Etude de l'inventaire par télédétection de la pollution de surface en Méditerranée (Contrat C.C.R. Ispra n° 1389-80-10 S ISP F).
- BERTRAND A.R.V. (1979).— Les principaux accidents de déversements pétroliers en mer et la banque de données de l'Institut Français du Pétrole sur les accidents de navires (1955-1979). *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 34, 3, 483-541.
- BERTRAND A.R.V. (1981).— La banque de données de l'Institut Français du Pétrole sur les déversements accidentels de pétrole en mer (1955-1980) : nouveaux résultats. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 36, 2, 229-239.
- BERRIDGE S.A., THEW M.T., LORISTON-CLARKE A.G. (1968).— The formation and stability of emulsions of water in crude petroleum and similar stocks. *Journal of the Institute of Petroleum*, 54, 539, 335-357.
- DEUTSCH M., ESTES J.E. (1980).— LANDSAT detection of oil from natural seeps. *Journal of the American Society of Photogrammetry*, Vol. 66, 10, 1313-1322.
- DEUTSCH M., VOLLMERS R.R., DEUTSCH J.P. (1980).— LANDSAT tracking of oil slicks from the 1979 Gulf of Mexico oil well blowout. *Proceedings of the 14th International Symposium on Remote Sensing of the Environment*, pp. 1197-1211, held at San-Jose, Costa Rica, 23-30 April 1980.
- DEUTSCH M., STRONG A.E., DEUTSCH J.E. (1977).— Use of LANDSAT data for the detection of marine oil slicks. *Offshore Technology Conference*, pp. 311-318.
- GOLDBERG E.D. (1979).— La Santé des Océans. *Publication UNESCO*.
- GOLDMAN G.C. and HORVATH R. (1975).— Oil pollution detection and monitoring from space. *I.E.E.E. Ocean '75*, 787-793.
- HAYES R.M. (1980).— Operational use of remote sensing during the Campeche Bay oil well blowout. *Proceedings of the 14th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, held at San Jose, Costa Rica, 23-30 April 1980.
- HOLLINGER J.P., MENNELLA R.A. (1973).— Oil spills : measurements of their distributions and volumes by multifrequency microwave radiometry, *Science*, 181, 54-56.
- HUHNERFUSS H., GARRETT W.D. (1981).— Experimental sea slicks : their practical applications and utilisation for basic studies of air-sea interactions. *J. Geophys. Res.*, 86, C1, 439-447.
- OTTERMAN J., GINZBURG A., OHRING G. and MEKLER Y. (1974).— Observations of water, air and soil pollution in Israël and vicinity from the ERTS 1 imagery. *Water, Air, and Soil Pollution*, Vol. 3, 1, 53-61.
- PILON R.O., PURVES C.G. (1973).— Radar imagery of oil slicks. *I.E.E.E. Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. AES-9, 5, 630-636.
- ROCC News (1981).— n° 5 and 6.— Regional Oil Combating Centre for the Mediterranean Sea, Manoel island, Malta.
- STUMPF H.G. and STRONG R.E. (1974).— ERTS 1 views on oil slick ? *Remote Sensing of Environment* 3, 87-90.
- WALD L., MONGET J.M. (1982).— Remote sensing of the sea-state using the 0.8 - 1.1 micron channel. *International Journal of Remote Sensing*, in press.
- WALD L., MONGET J.M., ALBUISSON M., BYRNE H.M. (1982).— La détection à grande échelle des rejets d'hydrocarbures à partir du satellite LANDSAT. *Atelier OTAN/CDSM «Télédétection des hydrocarbures en mer»*, Paris, 12-14 Octobre 1982.
- IZOLNAY A. (1979).— Hydrocarbons in the Mediterranean sea, 1974-1975. *Marine Chemistry*, 7, 343-352.