



**CENTRE REGIONAL MEDITERRANEEN POUR L'INTERVENTION  
D'URGENCE CONTRE LA POLLUTION MARINE ACCIDENTELLE  
(REMPEC)**



**UNEP-PNUE**

**PLAN D'ACTION POUR LA MEDITERRANEE**



**SURVEILLANCE AERIENNE ET SATELLITAIRE DE LA POLLUTION  
OPERATIONNELLE DANS LA MER ADRIATIQUE : ETUDE COMPARATIVE  
(AESOP)**

## **RAPPORT**



**AVRIL 2007**

## TABLE DES MATIERES

I. Introduction .....	1
II. Activités .....	2
III. Résultats .....	2
Première phase .....	2
Seconde phase.....	8
IV. Discussion et conclusions .....	14

## I. Introduction

Le projet pilote AESOP (Surveillance aérienne et satellitaire de la pollution opérationnelle dans la mer Adriatique) a été lancé en 2005 par le REMPEC, en collaboration avec le Centre d'Activité Régional CAR/INFO (anciennement CAR/TDE), le Centre Commun de Recherche de la CE (CCR-CE), le Ministère italien de l'Environnement, la Garde-côte italienne (GCI), la Faculté d'études maritimes et de transport de l'Université de Ljubljana (Slovénie), l'Institut Central de Recherche Marine Appliquée (ICRAM) et la région des Marches (Projet DAMAC).

Le projet concernait la pollution opérationnelle en mer et a été préparé à la suite à l'atelier de travail régional sur « La prévention et le contrôle de la pollution opérationnelle dans la région méditerranéenne », organisé par le REMPEC à Ancône (Italie) en novembre 2004, et durant lequel les Etats côtiers de la Méditerranée ont demandé au Centre son assistance dans la promotion des activités de contrôle satellitaire dans le bassin méditerranéen. Le projet était également dans la lignée de l'objectif 6(c) de la Stratégie régionale pour la prévention et la lutte contre la pollution marine provenant des navires, qui a pour but la mise en œuvre du nouveau Protocole Relatif à la Coopération en Matière de lutte contre la Pollution de la Mer Méditerranée par les Hydrocarbures et autres Substances Nuisibles en cas de Situation Critique de 2002.

Le but du projet était d'évaluer la possibilité de mise en place d'un système opérationnel basé sur l'utilisation des images satellitaires, afin d'assister et d'intégrer la surveillance aérienne pour la détection des pollutions par hydrocarbures ainsi que de contrôler les principales routes de navigation de la région méditerranéenne. Les activités réalisées dans le cadre du projet AESOP avaient pour but de tester si les observations faites par télédétection pouvaient être des outils utiles pour identifier les navires pollueurs et poursuivre les contrevenants, et donc, de ce fait, pour décourager les déversements illicites en mer.

La proposition a été conçue en tenant compte de l'expérience sur le contrôle par satellite dans la région de la Méditerranée accumulée dans le cadre de différents projets européens comme RAMSES, GAIANET, VASCO et CLEOPATRA ainsi que des études réalisées par le CCR-CE dans le domaine.

La mer Adriatique a été sélectionnée comme zone d'étude du fait de sa sensibilité à la pollution et du trafic maritime intense traversant régulièrement le bassin. En plus de ses caractéristiques morphologiques et de son héritage écologique, le choix de la mer Adriatique a également tenu compte des différentes formes de coopération qui étaient déjà en place dans le bassin et qui pourraient faciliter la mise en œuvre des activités, telles que le plan d'urgence sous-régional entre l'Italie, la Croatie et la Slovénie et l'initiative adriatique-ioniennne.

## **II. Activités**

Le projet a été divisé en deux phases de travail distinctes. Durant la première phase (Août - Septembre 2005), qui avait pour but d'évaluer la réelle fiabilité du système, les observations faites par satellite et celles faites par les avions spécialement équipés à cet usage devaient être confrontées et validées par comparaison. A cet effet, les acquisitions d'images satellitaires et les activités de patrouille aérienne ont été planifiées afin qu'elles couvrent les mêmes zones au même moment. Une fois que les analyses des images satellitaires ont été réalisées (pas nécessairement en temps quasi-réel) les résultats pertinents ont été comparés avec les données issues des observations aériennes. Les enquêtes de télédétection ont été réalisées au travers de systèmes aérophotographiques et de capteurs Daedalus multispectres infrarouge/ultraviolet.

La seconde phase (Juin – Octobre 2006) a été développée en vue d'évaluer la faisabilité et les capacités d'un système opérationnel basé sur l'usage en temps quasi-réel des observations satellitaires afin de fournir, dans les meilleurs délais, un avertissement aux moyens aériens.

Le projet avait également pour but de rassembler des échantillons des hydrocarbures déversés sur la surface de la mer pour, si possible, mener des analyses ultérieures.

Une des valeurs ajoutées au projet a été l'utilisation des données SIA (Système d'Identification Automatique), qui ont été fournies par l'université de Ljubljana afin d'intégrer les informations pertinentes pour l'identification du navire pollueur. Cela a inclut l'utilisation d'applications de dispersion des nappes d'hydrocarbures et de modèles météo/océanographiques.

## **III. Résultats**

### **1. Première phase**

Pour la phase 1, les produits issus des Images de Moyenne Résolution d'ERS 2 et de pleine résolution de RADARSAT ont été utilisés. Les images RADARSAT devaient être délivrées en mode temps quasi-réel tandis que, pour les produits d'ERS-2, ce service supplémentaire n'était pas demandé.

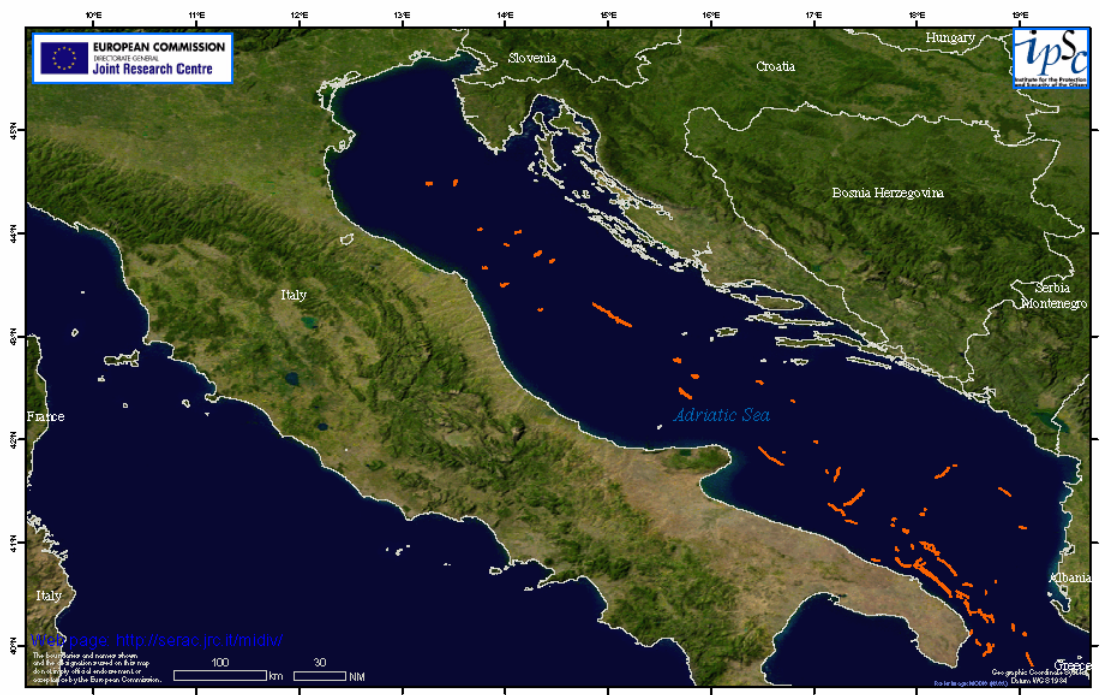
Les images satellites de la mer Adriatique ont été sélectionnées et achetées par le CAR/INFO (en ce qui concerne RADARSAT) et le CCR-CE (ERS 2) au cours de l'été 2005, en tenant compte des obligations planifiées de l'avion de la GCI. Il doit être noté que, du fait des tâches institutionnelles qui incombent à l'avion de la GCI et en particulier ses devoirs en termes de Recherche et Sauvetage (SAR), les moyens nécessaires n'étaient pas toujours disponibles pour le projet.

Les cinq images RADARSAT, achetées par le CAR/INFO dans la période du 5 au 23 août 2005, n'ont pas révélé la présence possible de nappes d'hydrocarbures (Tab. 1).

**Table I.** Validation croisée des données satellitaires RADARSAT et des observations aériennes.

DATE	DETECTION SATELLITAIRE	HEURE	VOL	RESULTATS
15 AOUT 2005	RADARSAT PRISE 6 PAS DE POLLUTION DETECTEE		ANNULE POUR CAUSE DE MAUVAISE PREVISION METEOROLOGIQUE	N/A
16 AOUT 2005	RADARSAT PRISE 7 PAS DE POLLUTION DETECTEE		ANNULE POUR CAUSE DE MAUVAISE PREVISION METEOROLOGIQUE	N/A
22 AOUT 2005	RADARSAT PRISE 9 PAS DE POLLUTION DETECTEE  RADARSAT PRISE 8 PAS DE POLLUTION DETECTEE	5 h 30 '  6 h	1 - 07:00 / 12:30 UTC  2 - 13:30 / 19:30 UTC	<b>DETECTION D'UNE NAPPE D'HYDROCARBURES</b> (42°16'05"N 015°48' 41" E)
23 AOUT 2005	RADARSAT PRISE 10 PAS DE POLLUTION DETECTEE	6 h	3 - 04:00 / 10:00 UTC	PAS DE POLLUTION DETECTEE

Les analyses de 69 images de moyenne résolution provenant du satellite ERS 2, réalisées par le CCR-CE au cours de l'été 2006, ont révélé 66 tâches s'apparentant à des nappes d'hydrocarbures (Fig. 1), la plupart étant concentrée dans le canal d'Otranto.

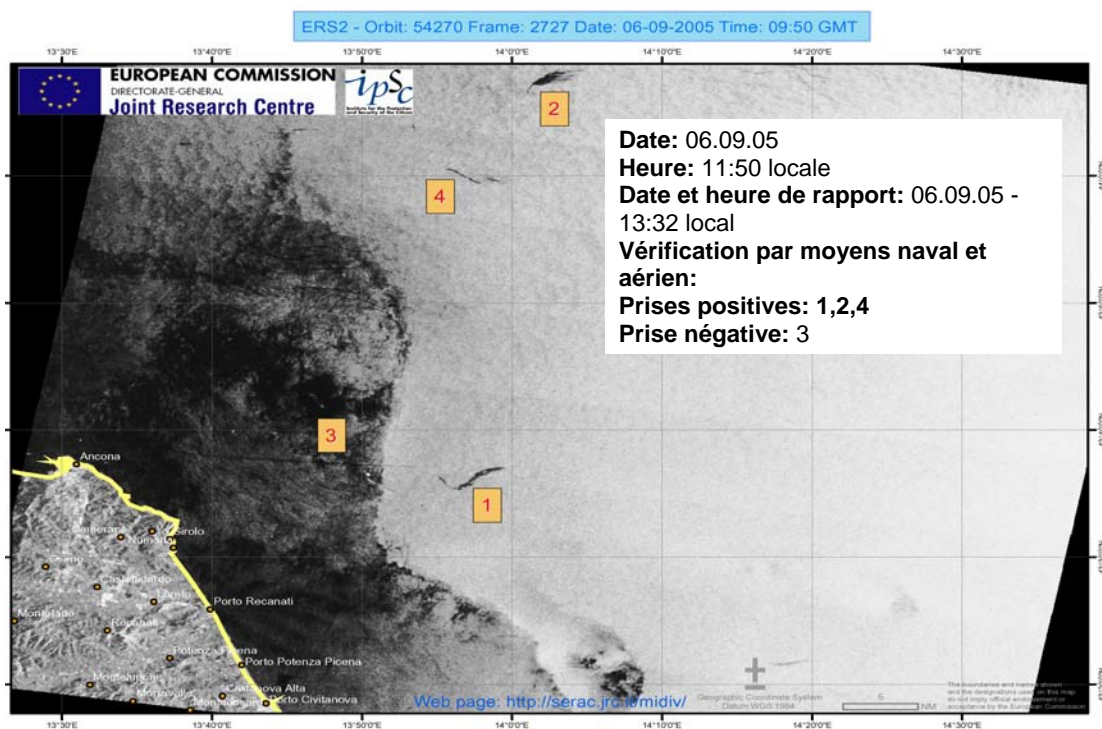


**Fig. 1** Déversements d'hydrocarbures potentiels détectés durant l'été 2005 dans la mer Adriatique, 1<sup>ère</sup> phase du projet AESOP

Les images acquises par le CCR n'étaient pas supposées être analysées et vérifiées en temps quasi-réel. Cependant, 6 des 69 images ont été délivrées par le fournisseur dans un court délai. Cette opportunité, même si elle n'était pas planifiée d'avance, a été utilisée par le CCR afin d'informer la GCI des déversements d'hydrocarbures potentiels détectés dans les images satellitaires. Dans un cas, il a été possible de vérifier le déversement d'hydrocarbures détecté le 6 septembre par surveillance aérienne (Tab. II & Fig.2).

**Table II.** Validation croisée des données du satellite ERS 2 et des observations aériennes

DATE	DETECTION SATELLITAIRE	HEURE	VOL	RESULTATS
6 SEP 2005	ERS 2 PLUSIEURS DEVERSEMENTS D'HYDROCARBURES DETECTES	2 h 05 '	1 – 14:15 / 16:20 UTC	<b>DETECTION DE NAPPES D'HYDROCARBURES AUX POINTS :</b> 43° 35' N – 014° 00' E 44° 05' N – 014° 07' E 43° 44' N – 013° 34' E 43° 57' N – 014° 02' E



**Fig. 2** Nappes d'hydrocarbures détectées par satellite au large d'Ancône

Dans deux autres cas, les nappes identifiées sur les images satellitaires ont été vérifiées par des navires de patrouille. Dans un cas particulier, celui du 25 août, l'analyse de l'image satellite (Fig. 3 & Tab. III), au large de San Cataldo Point à Puglia (Sud de l'Adriatique), a été reportée à la GCI. La pollution par hydrocarbures a été identifiée et une opération de lutte pour récupérer les hydrocarbures en mer, sous forme de petits agglomérats d'hydrocarbure et de plaques entières de 5/6 mm d'épaisseur, a été activée et coordonnée par la GCI. Les opérations se sont terminées le 27 août.



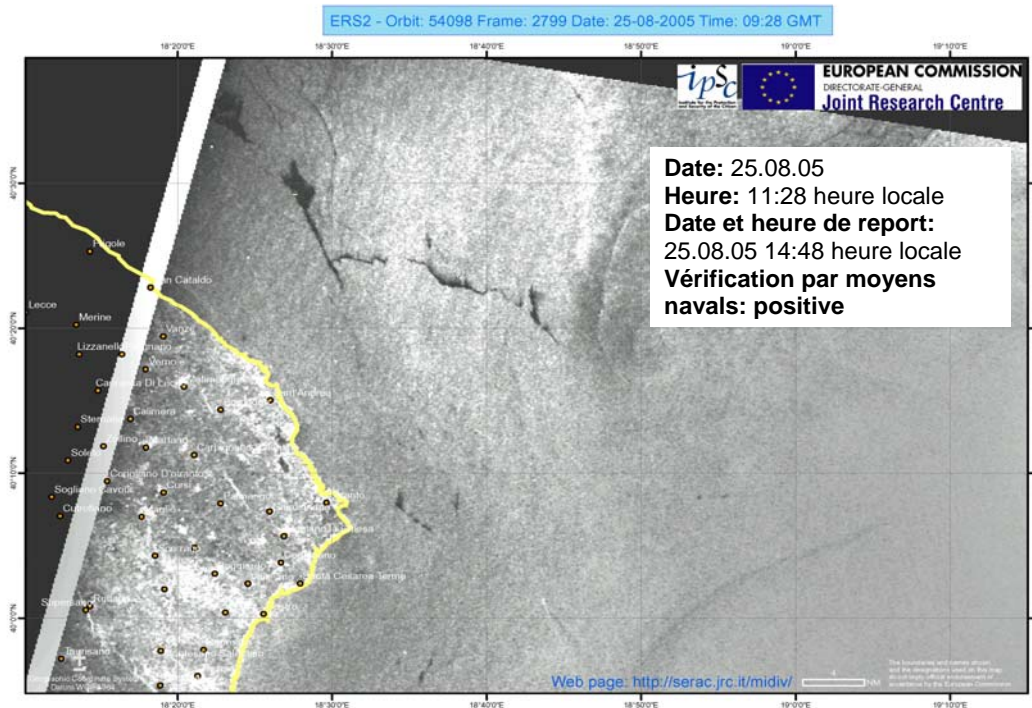


Fig. 3 Nappes d'hydrocarbures détectées par satellite au large de S. Cataldo Point (Lecce)

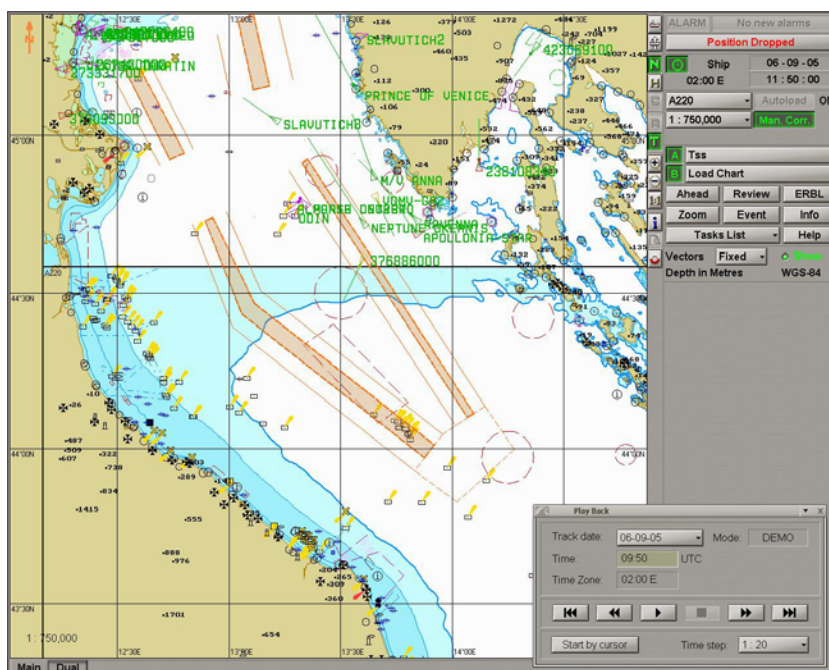
Table III. Images satellites qui ont été validées par des navires de patrouille

DATE	DETECTION SATELLITAIRE	POSITION	UNITE NAVALE AVION	RESULTATS
15 AOUT 2005	ERS 2 20:58:41 DEUX NAPPES D'HYDROCARBURES DETECTEES	AU LARGE DU CANAL D' OTRANTO (10 M.N)	NAVIRE DE PATROUILLE CP809  NAVIRE ANTIPOLLUTION	POLLUTION NON TROUVEE DANS UNE ZONE DE 20 M.N DE LA COTE
25 AOUT 2005	ERS 2 09:29 PLUSIEURS NAPPES D'HYDROCARBURES DETECTEES	AU LARGE DE S.CATALDO POINT (LECCE) S.FOCA MELENDUGNO	NAVIRE DE PATROUILLE CP 314  NAVIRE DE PATROUILLE CG 246  NAVIRE DE PATROUILLE CP 518  NAVIRE DE PATROUILLE 809  NAVIRE DE PATROUILLE CG 150  NAVIRE ANTIPOLLUTION "VISONE" "ECO 880"  UNITES DE PATROUILLE ROUTIERE	<b>NAPPES D'HYDROCARBURES DETECTEES</b>  Nappe d'hydrocarbures 200 x 500 m position. 40°17.4' n-18°30.0'e (agglomérats d'hydrocarbures)  plusieurs nappes d'hydrocarbures 5 m.n de la cote position. 40°21.6'n-018°29.7'e  nappe d'hydrocarbures (trainée entière) 30m de large 1 m.n de long, agglomérats d'hydrocarbures- 5/6 mm d'épaisseur position. 40°17.6'n-018°28.8'e  nappe d'hydrocarbures fragmentées dans la zone maritime faisant face au littoral de Salento, de torre specchia ruggeri a capo d'otrantO, a 5 m.n du rivage dans la zone cotiere de la marina s.foca melendugno nappe d'hydrocarbures de 100 m de large vers le rivage



Malheureusement, il n'y avait pas de donnée SIA disponible pour la zone au large de S. Cataldo Point le 25 août. Le récepteur SIA slovène disponible couvre difficilement la partie nord de l'Adriatique (nord d'Ancône) (Fig. 4).

Néanmoins l'image satellite datée du 25 août a été utilisée comme test pour la validation de l'application PISCES sur la dérive des déversements d'hydrocarbures (Delgado *et al.* 2005) et de la source météo/océanographique ADRICOSM. Les paramètres météo/océanographiques ont été intégrés dans le système SIG de l'application PISCES dans laquelle l'image satellite a également été incorporée. La nappe a été localisée d'après l'image et son mouvement a été simulé. Etant donné que la localisation de l'endroit où la nappe allait s'échouer a correspondu avec les évènements réels rencontrés dans les jours suivants, les outils de simulation ont été considérés comme efficaces.



**Fig. 4** Données SIA du 06/09/05 pour la zone faisant face à Ancône

En ce qui concerne les déversements détectés sur l'image satellite de la Fig.2 (zone en face d'Ancône), des tentatives ont été faites pour reconstruire le scénario du déversement en intégrant les images satellitaires, les données sur les conditions météorologiques, les archives de trafic SIA et les outils mathématiques pour simuler «à l'envers» le déversement d'hydrocarbures. Pour deux nappes (n.2 et n.4) parmi quatre, des pollueurs potentiels ont été identifiés. De plus, les analyses des archives SIA liées à la nappe numéro 3, qui était la seule à ne pas être validée par l'avion, ont amené à conclure que la signature détectée sur l'image satellite pourrait être due au sillage d'un navire à grande vitesse plutôt qu'à une nappe d'hydrocarbures, et probablement à celui du ferry grande vitesse reliant Ancône à Split.

## 2. Seconde phase

La seconde phase du projet AESOP a été lancée à l'été 2006.

Les images de moyenne résolution du satellite ERS 2 couvrant la mer Adriatique ont été achetées par le CCR-CE pour la période du 20 juin au 15 octobre 2006 et analysées en temps quasi-réel afin de délivrer les informations nécessaires aux avions spécialement équipés dans l'heure suivant l'acquisition des données satellitaires. Les images étaient pour la plupart concentrées sur le canal d'Otranto, étant donné que la première phase des activités avait souligné un grand nombre de cas de pollution opérationnelle dans cette zone. Toutes les images délivrées ont été interprétées de façon minutieuse par inspection visuelle. Chaque déversement identifié a été enregistré dans une base de données, avec des informations concernant sa position géographique, la date et l'heure de la détection, la zone polluée et un vecteur décrivant sa forme. Le CCR a mis en œuvre pour cette phase un serveur d'échange de données afin que tous les partenaires soient capables de télécharger les images analysées dans les 40 minutes environ après l'envoi du rapport de déversement. Pour la période du 20 juin au 25 juillet 2006, un total de 33 images satellitaires ont été acquises et analysées par le CCR (23 images ERS 2 et 10 ENVISAT/ASAR).

L'analyse des 23 images ERS 2 a mené à la détection de 18 déversements d'hydrocarbures potentiels. L'analyse des 10 images ENVISAT/ASAR (18 juillet – 25 juillet), qui n'ont pas été délivrées en temps quasi-réel, a permis d'identifier 10 déversements d'hydrocarbures potentiels dans la mer Adriatique. Du fait des nombreux devoirs institutionnels de l'avion et du manque de financement pour des vols supplémentaires, les enquêtes aériennes pertinentes n'ont pas pu être menées et la présence en mer des hydrocarbures a été vérifiée principalement par les navires de patrouille. Des actions n'ont été prises que lorsque des images satellitaires soulignant, avec une grande probabilité, la présence d'hydrocarbures ont été acquises et analysées en temps quasi-réel. Dans un cas vérifié, sur un total de cinq cas, la pollution détectée s'est avérée être un déversement provenant d'un navire (Tab. IV).

**Table IV.** Mesures prises par la GCI suite à la détection par satellite de déversement d'hydrocarbures potentiels

DATE	DETECTION SATELLITAIRE	HEURE	VOL –NAVIRE DE PATROUILLE OU MESURES PRISES	RESULTATS
23 JUIN 2006	ERS 2 DEVERSEMENT PRESUME	3h 30'	NAVIRE DE PATROUILLE CP 281	POLLUTION TROUVEE
26 JUIN 2006	ERS 2 DEVERSEMENT PRESUME		INVESTIGATION SUR LES NAVIRES EN TRANSIT VIA LE SYSTEME ARES	POLLUTION NON TROUVEE

29 JUN 2006	ERS 2 DEVERSEMENT PRESUME	2h 30'	NAVIRE DE PATROUILLE CP 885	POLLUTION NON TROUVEE
02 JUILL 2006	ERS 2 DEVERSEMENT PRESUME	3h 30'	NAVIRE DE PATROUILLE CP 2098 INVESTIGATION SUR LES NAVIRES VIA LE SYSTEME SIA (ANCÔNE)	POLLUTION NON TROUVEE
06 JUILL 2006	ERS 2 DEVERSEMENT PRESUME	4h	NAVIRE DE PATROUILLE CP 314 INVESTIGATION SUR LES NAVIRES EN TRANSIT VIA LE SYSTEME DE TRAFIC DE L'ADRIATIQUE ARES	POLLUTION NON TROUVEE

Pour l'image datée du 26 juin (Fig. 5), le contrevenant potentiel a été identifié au travers d'une intégration automatique complète de l'image SAR, des données archivées SIA, de données océanographiques et d'une application fonctionnant en inverse sur les déversements d'hydrocarbures.

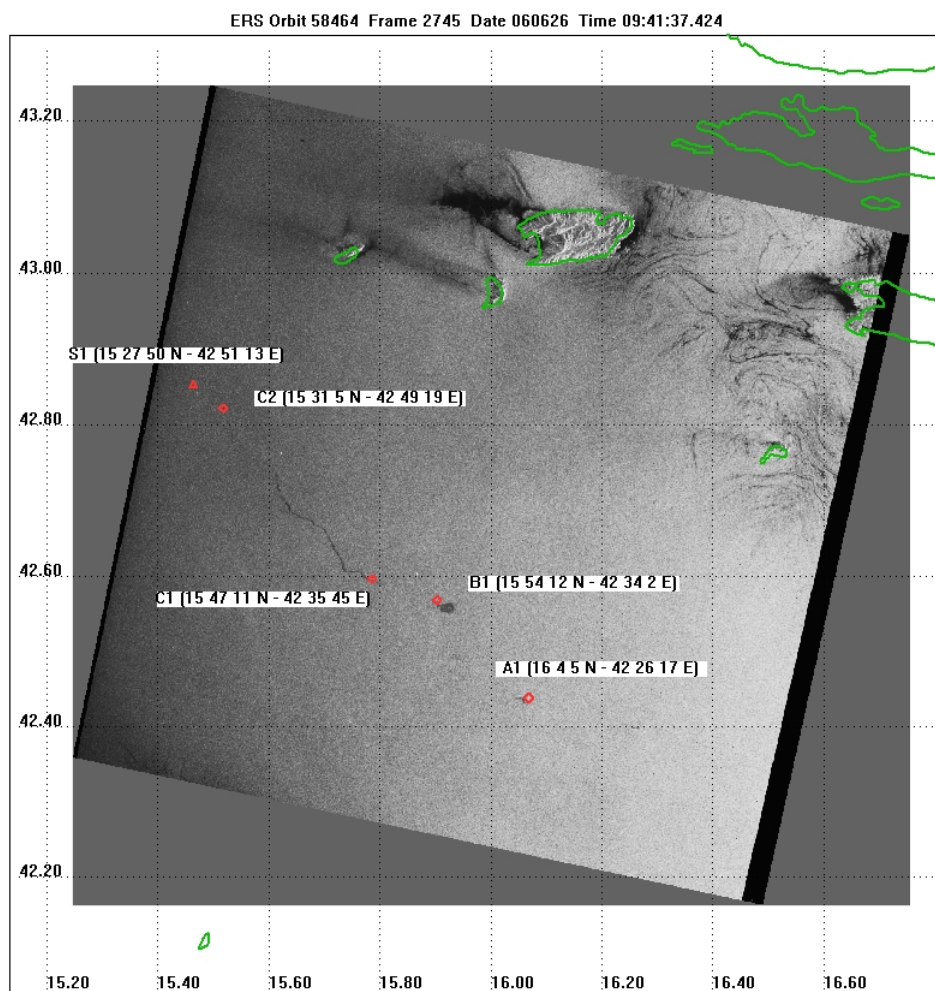
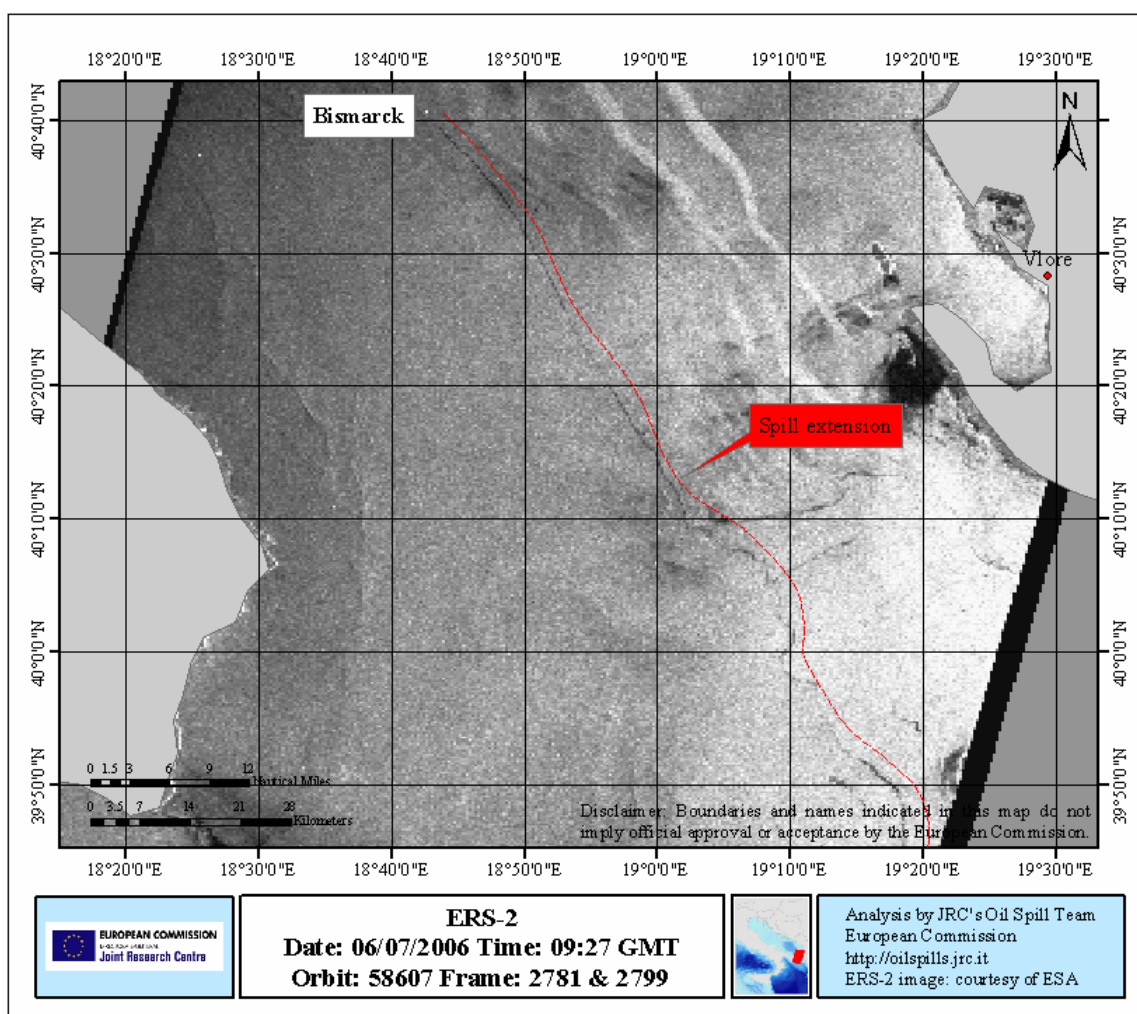


Fig. 5 Déversement d'hydrocarbures détecté sur les images satellites datées du 26 juin 2006 à 09:41 (heure locale)

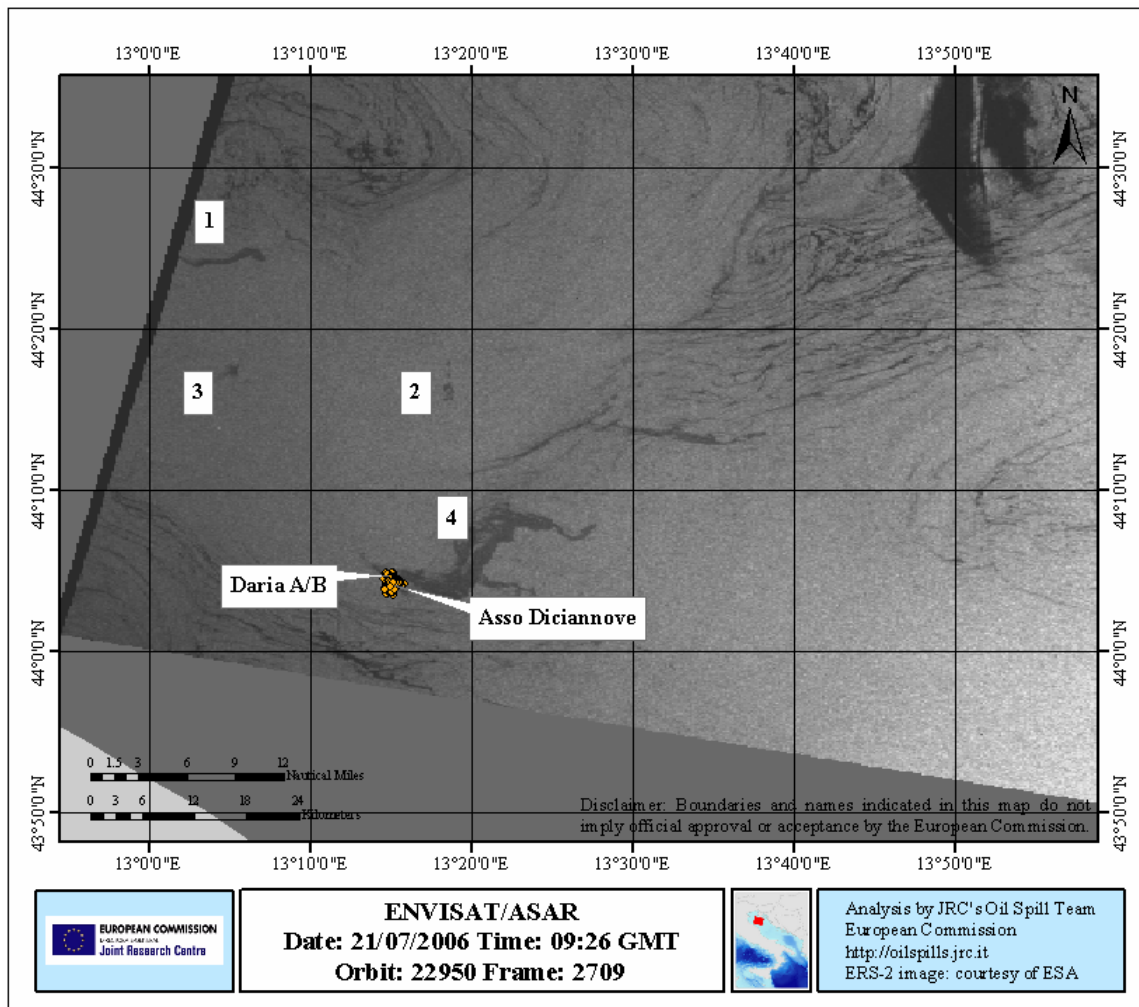
En ce qui concerne l'image satellite datée du 6 juillet 2006 (Fig. 6), l'université de Ljubljana a été capable d'identifier clairement, au travers du rapport de trafic ADRICOSM (ADRIREP), le contrevenant qui a été interpellé par la GCI dans le port de Venise. Le rapport ADRIREP est un rapport spécial que tous les navires transportant des substances dangereuses sont obligés d'envoyer, via VHF, aux stations des Garde-côtes situées le long de la côte adriatique et qui contient les données suivantes : nom du navire, numéro OMI, pavillon, vitesse, itinéraire, position, port de départ, destination et chargement à bord. Il est apparu que le navire-citerne était partiellement chargé avec de l'huile végétale qui était la cause du déversement détecté.



**Fig. 6** Déversement d'hydrocarbures détecté sur les images satellites datées du 6 juillet 2006 à 11:27 (heure locale)

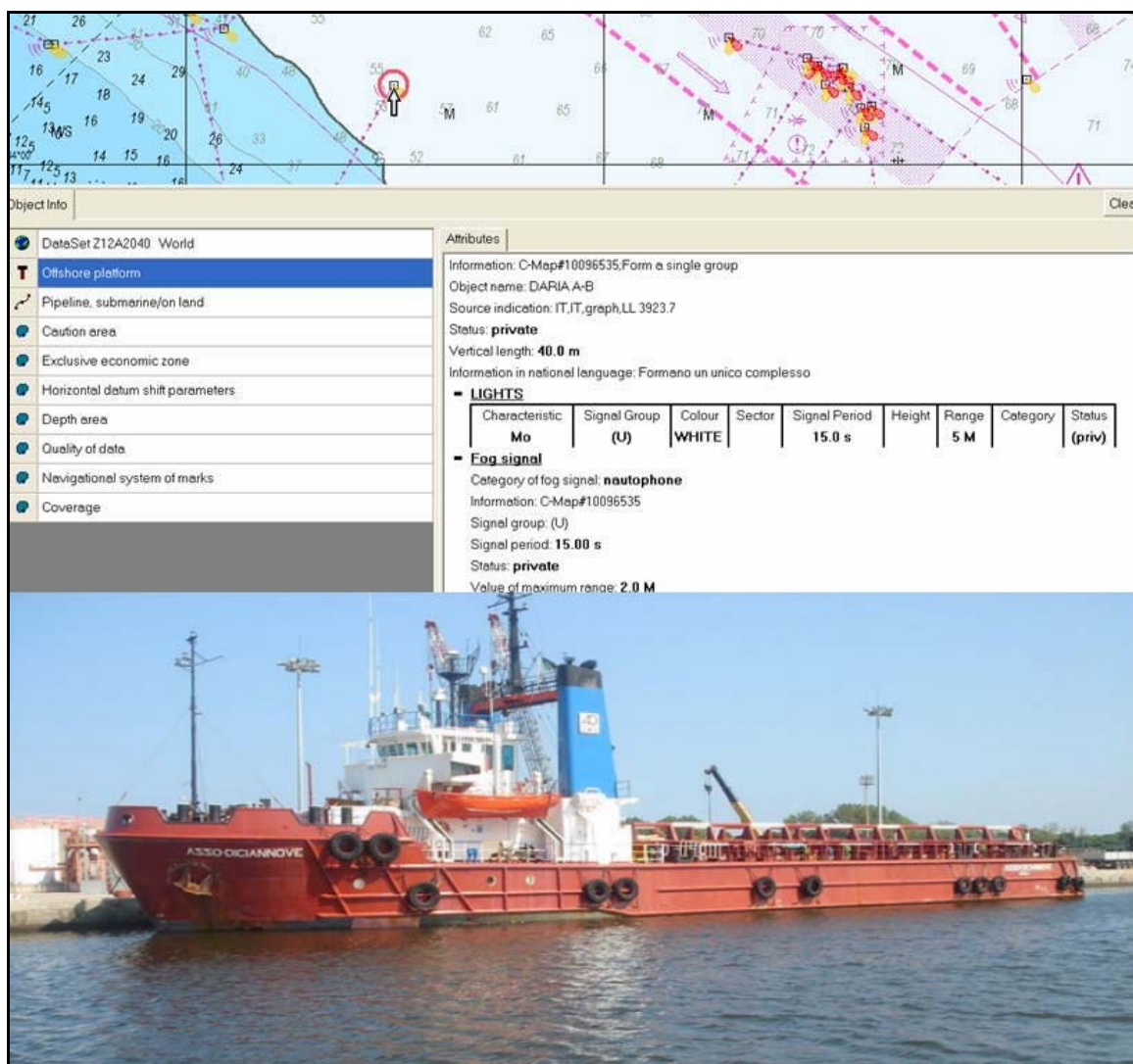
Quatre déversements d'hydrocarbures potentiels ont été détectés suite à l'analyse des images ENVISAT/ASAR datées du 21 juillet à 11:26 (heure locale; Fig.7), au large d'Ancône (Adriatique centrale). Ces détections n'ont pas été rapportées du fait que les images satellites n'étaient pas au statut temps quasi-réel. Un navire intéressant a été localisé près d'un large déversement. Le navire a été identifié par SIA comme étant le *Asso Diciannove*,

un navire d'approvisionnement offshore (Fig. 7). L'analyse, sur 24h, des informations SIA du 21 juillet confirme que le navire était plus ou moins à la même position tout au long de cette journée (points orange sur la Fig.6). La superposition avec les cartes nautiques digitales (Fig.8) montre, sur la même position, la présence d'une plate-forme offshore nommée Daria A/B, qui est située sur le champ Dira d'AGIP.



**Fig. 7** Déversement d'hydrocarbures (4) détecté aux alentours de la plate-forme offshore Daria A/B et du navire d'approvisionnement Asso Diciannove, sur l'image satellite datée du 21 juillet à 11 :26 (heure locale)





**Fig. 8** Informations des cartes nautiques digitales concernant la plate-forme offshore Daria A/B et photo du Asso Diciannove.

Les analyses des 49 images ERS 2 correspondant à la période du 3 juillet au 15 octobre 2006 ont conduit à la détection de 30 déversements d'hydrocarbures potentiels. Durant cette période, des interruptions dans les acquisitions d'image ont été enregistrées entre le 25 juillet et le 3 août et entre le 29 août et le 20 septembre.

Conclusion : Les analyses des 82 images délivrées durant la seconde phase du projet AESOP ont conduit à la détection de 58 déversements d'hydrocarbures potentiels dans la mer Adriatique (au nord du cap Santa Maria di Leuca – Fig. 9).



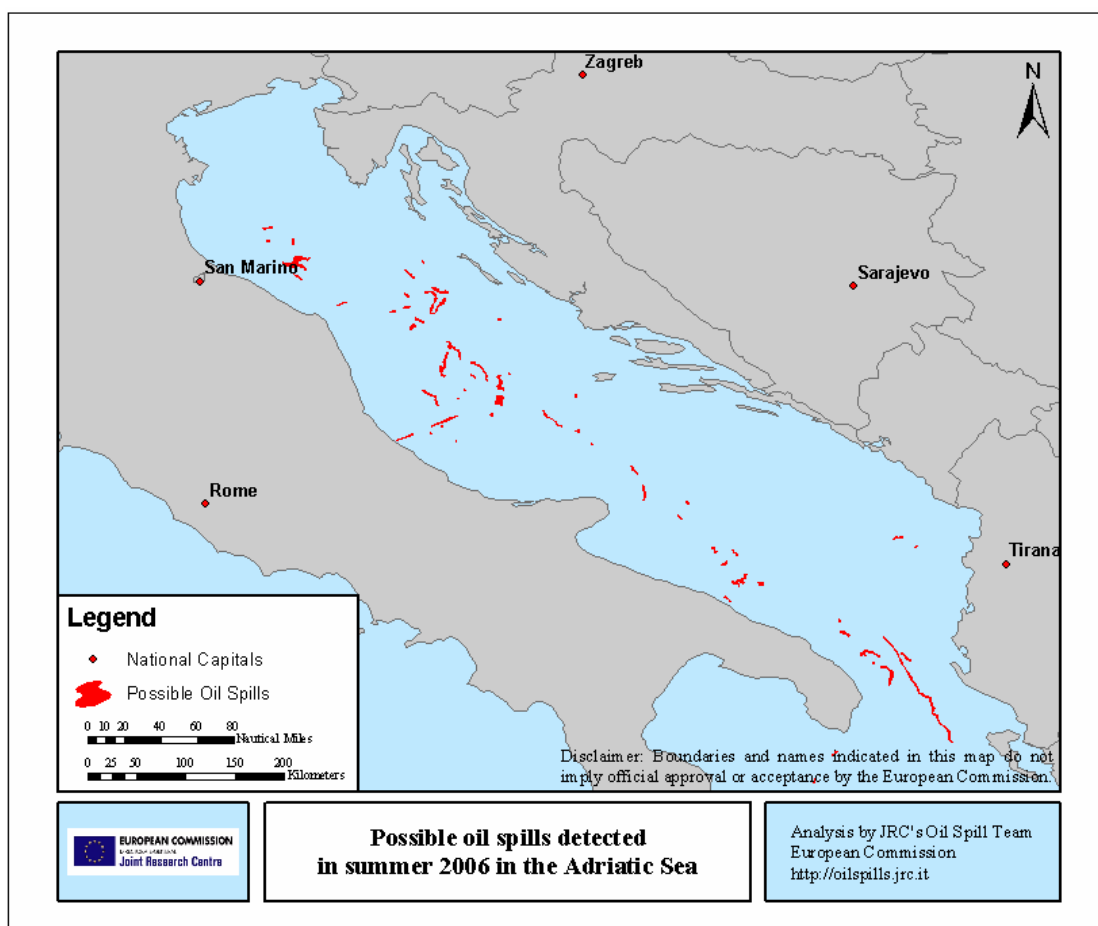


Fig.9 Déversements d'hydrocarbures potentiels détectés durant l'été 2006 dans la mer Adriatique, seconde phase du projet AESOP.

#### IV. Discussion et conclusions

Les résultats obtenus au cours du projet pilote AESOP représentent une étape encourageante vers la prévention et le contrôle des pollutions illicites dans la mer Méditerranée et souligne la nécessité de continuer l'exercice d'amélioration des procédures opérationnelles conduisant à la poursuite des contrevenants.

Lorsque l'on évalue les conclusions du projet, il faut prendre en compte le fait que le projet a été mis en œuvre sans financement particulier et que toutes les activités ont été réalisées par les partenaires sur leur propre budget. De ce fait, les activités planifiées, et en particulier la surveillance aérienne, ont quelques fois été compromises et des solutions alternatives ont été proposées par tous les partenaires afin d'atteindre les objectifs du projet. En particulier, durant la première phase, les nappes d'hydrocarbures détectées par satellite avec une forte probabilité ont, également, été validées par avion et/ou par des navires de patrouille présents dans la zone. De plus, les activités de validation conduisent à l'activation de mesures antipollution et à la collection de preuves pour la poursuite des contrevenants.

Les conclusions de la seconde phase du projet confirment le besoin fondamental de vérifier les suspicions de pollution par une surveillance aérienne. En réalité, comme il a pu être

démontré lors des expériences précédentes d'utilisation de l'imagerie satellitaire, il est extrêmement difficile de confirmer un déversement illicite à l'aide de navires, principalement à cause de l'intervalle de temps nécessaire pour atteindre le site pollué (seuls les événements de pollution majeurs peuvent représenter une exception). Gardant cela à l'esprit, une des raisons possibles pour lesquelles les nappes d'hydrocarbures présumées, détectées par satellite durant le projet, n'ont pas pu être validées réside dans le fait que les nappes se sont déplacées vers une position différente et/ou ont été dispersées avant que le navire de patrouille n'arrive sur le site. Dans de tels cas, l'utilisation de modèles capables de prédire le mouvement des nappes peut être essentielle.

Enfin, il doit être souligné que le système SIA s'est révélé être un outil très utile pour l'identification des navires pollueurs.

Bien que le projet AESOP ait été défini comme un projet pilote de durée et d'engagement limités, les résultats atteints par le projet ont démontré qu'il y avait des possibilités de développements futurs dans ce domaine.

Il est maintenant évident que l'une des principales limites du projet a résidé dans l'indisponibilité de l'avion, ce qui a obligé la GCI à s'appuyer sur les navires de patrouille pour mener les opérations adéquates. Les futurs exercices devraient profiter de l'expérience accumulée au travers du projet AESOP et s'assurer de la disponibilité des moyens aériens nécessaires pour réaliser les activités. En sachant également que la GCI a récemment équipé l'un de ses avions avec un radar aéroporté à balayage latéral (SLAR), qui n'était pas disponible durant le projet AESOP, il pourrait être envisagé de mener une autre campagne afin d'évaluer la fiabilité du système. Cela donnerait l'opportunité de valider par comparaison des données de même nature (images radar) mais dérivant de différentes sources (satellite et avion). Finalement, en vue de renforcer les capacités des Etats côtiers en matière de lutte contre la pollution opérationnelle en mer, le développement d'activités similaires dans la région méditerranéenne est recommandé.

---

#### Références:

**Ferraro**, G., Bernardini, A., Matej, D., Meyer-Roux S., Muellenhoff, O., Perkovic, M., Tarchi, D., Topouzelis, K., 2007. Towards an operational use of space imagery for oil pollution monitoring in the Mediterranean basin: A demonstration in the Adriatic Sea, *Marine Pollution Bulletin*, 2007, in press.

**Delgado**, L., Kumzerova, E., Martynov, M., Mirnyj, K., Shepelev, P., 2005. Dynamic simulation of marine oil spills and response operations. In: Brebbia, C.A., de Conceicao Cunha, M. (Eds.), *Coastal Engineering VII. Modelling, Measurements, Engineering and Management of Seas and Coastal Regions*. WIT Press, pp.123-133.