



Epannage aérien de dispersants - Doc. Elf Aquitaine.

Bernard TRAMIER et Alain LADOUSSE

# LUTTE CONTRE LES MARÉES NOIRES

## *quinze ans de recherche*

*Les hydrocarbures entrent dans le milieu naturel par un certain nombre de voies qui résultent à la fois de processus naturels, et surtout d'activités humaines. Ces pollutions par hydrocarbures peuvent se produire dans les eaux, marines ou continentales, mais également atteindre le littoral et s'incorporer aux sédiments (sables, galets...).*

*Le développement des activités pétrolières marines a conduit le Groupe, depuis de nombreuses années, à prendre toutes les mesures nécessaires afin de prévenir les pollutions opérationnelles ou accidentelles. De plus, en cas de rejet accidentel d'hydrocarbures, des moyens de lutte sont disponibles sur les sites, et certains de ces dispositifs sont directement issus des recherches du Groupe.*

La succession d'accidents pétroliers dans le monde a permis d'augmenter les connaissances scientifiques sur le comportement des hydrocarbures et de permettre ainsi le développement de nouveaux moyens d'intervention.

Les moyens disponibles à ce jour pour lutter contre un tel déversement sont essentiellement la récupération mécanique et l'usage de produits chimiques. Le choix de l'un ou l'autre, et éventuellement de la combinaison de ces moyens s'avère très complexe, et prend en compte de nombreux paramètres tels que le type de pollution, les délais d'intervention, la localisation, la sensibilité de l'habitat concerné, ainsi que les conditions météorologiques.

Déversés dans l'environnement, les hydrocarbures subissent une altération naturelle dont l'ampleur et la rapidité sont étroitement liées à la nature du produit déversé et aux conditions locales de l'environnement.

Plusieurs processus déterminent le comportement des hydrocarbures dans le milieu naturel, conduisant à son "vieillessement" :

- **l'étalement** est un processus rapide qui dépend étroitement des caractéristiques physiques des hydrocarbures et des conditions locales (vents, vagues) ;

- **l'évaporation** qui agit sur les fractions légères et est d'autant plus intense que l'étalement est important. Ce phénomène est favorisé par des conditions locales fortes (mer agitée, vents forts) et des températures élevées ;

- **la dissolution** dans la masse d'eau qui concerne surtout les fractions légères et certains composés polaires formés par la dégradation biologique et l'auto-oxydation des hydrocarbures ;

- **l'émulsification** qui correspond au mélange des deux fractions insolubles que sont les hydrocarbures et l'eau. Si les émulsions "huile dans l'eau" peuvent être facile-

ment dispersées par le courant, en revanche les émulsions du type "eau dans l'huile", communément appelées "mousses au chocolat" et pouvant contenir jusqu'à 80 % d'eau sont très stables, hautement visqueuses, et difficiles à récupérer mécaniquement.

- **l'oxydation** résulte de réactions chimiques et photochimiques qui aboutissent à la formation de dérivés d'oxydation polaires et solubles dans l'eau ;

- **la sédimentation** liée à l'adsorption sur des matières en suspension est un phénomène majeur de l'évolution à court et moyen terme des hydrocarbures ;

- **la dégradation biologique**, phénomène complexe, constitue l'étape finale de l'évolution et de l'altération des hydrocarbures dans le milieu naturel.

### LES TECHNIQUES D'ÉLIMINATION

Les processus d'étalement, d'évaporation, de dispersion, d'émulsification et de dissolution sont prépondérants au cours des phases initiales d'un déversement. En revanche, l'oxydation, la sédimentation et la dégradation biologique constituent des processus à long terme qui déterminent l'évolution ultime des hydrocarbures.

"L'état de vieillissement" des hydrocarbures ainsi que les conditions météorologiques sont des critères déterminants dans le choix de la technique de nettoyage. Bien que les hydrocarbures soient à la longue assimilés par l'environnement, le temps nécessaire peut être très variable et la première des priorités reste leur récupération rapide permettant une minimisation de l'impact écologique.

### LA RÉCUPÉRATION MÉCANIQUE

La récupération mécanique des hydrocarbures est essentiellement fondée sur l'écumage de la couche huileuse étalée à la surface de l'eau. Pour cela, les hydrocarbures peuvent être d'abord déviés et confinés par des barrages flottants avant d'être récupérés par divers systèmes mécaniques qui, passant à l'interface eau/huile, écrèment les hydrocarbures surnageants. Cette récupération nécessite des écrémeurs, des pompes, des techniques de collecte manuelle ainsi que du matériel non spécialisé tel que des citernes à dépression. Dans ce domaine, le Groupe a développé plusieurs systèmes de récupération mécanique et de confinement. Malheureusement, ces équipements, quelle que soit leur valeur, atteignent trop rapidement leurs limites lorsque les conditions de mer deviennent difficiles, ou que l'état de vieillissement des hydrocarbures rend leur récupération quasi impossible. Il devient alors nécessaire de s'orienter vers d'autres méthodes.

### UTILISATION DE PRODUITS DE LUTTE

L'autre solution de traitement d'un épandage accidentel est l'utilisation de produits de

lutte. Ces produits peuvent être soit des absorbants minéraux ou organiques qui fixent les hydrocarbures, soit des gélifiants permettant de transformer les hydrocarbures liquides en masse semi-solide par modifications des propriétés rhéologiques, facilitant ainsi la récupération mécanique.

#### **FAVORISER LES MOYENS NATURELS D'ÉLIMINATION**

Une autre approche, toujours fondée sur l'utilisation de produits, consiste à favoriser les moyens naturels d'élimination des hydrocarbures. C'est cette démarche que le Groupe a entreprise depuis une douzaine d'années, et les travaux des Centres de recherche ont conduit à la mise au point de produits performants, dans les domaines de la dispersion et de l'accélération de la biodégradation des hydrocarbures.

#### **LES DISPERSANTS POUR HYDROCARBURES**

Lorsque les conditions locales le permettent, il peut être envisagé de disséminer les hydrocarbures dans la masse d'eau.

Cette opération dénommée dispersion, se produit naturellement dans le milieu marin sous l'effet des vagues, mais nécessite d'être favorisée par l'utilisation de produits dispersants lors d'épandages importants d'hydrocarbures. Les dispersants contiennent des agents tensio-actifs qui réduisent la tension interfaciale entre l'eau et le pétrole. Leur fonction est de fragmenter le film de surface en petites gouttelettes jusqu'à l'obtention d'une bonne dissémination des hydrocarbures. L'utilisation de dispersants permet d'une part d'éviter l'arrivée massive du pétrole sur le littoral, et d'autre part de favoriser la biodégradation des hydrocarbures par augmentation de l'interface eau/pétrole.

Dans le cadre d'un contrat avec l'Institut français du pétrole, le Groupe a mis au point récemment deux nouveaux dispersants pour hydrocarbures, fabriqués et commercialisés par la Société CECA sous les appellations Inipol IP 80 et 90. Les principales caractéristiques de ces produits sont essentiellement : de très hautes performances, une faible toxicité garantissant la préservation du milieu marin, une efficacité sur des hydrocarbures visqueux et émulsionnés.

L'obtention d'une bonne dispersion d'une nappe d'hydrocarbures, nécessite, d'une part, d'intervenir rapidement, avant que le vieillissement ne soit trop avancé, et, d'autre part, que les conditions énergétiques (état de la mer et vitesse du vent) soient suffisamment importantes pour s'opposer à une remontée rapide des gouttelettes de pétrole.

La mise en œuvre des produits dispersants peut être effectuée par épandage à l'aide de rampes de pulvérisation, à partir de navires, avions ou hélicoptères.

Ces nouveaux dispersants ainsi que les moyens d'épandage adaptés sont disponibles à proximité des sites de production du Groupe.

#### **LES ACCÉLÉRATEURS DE BIODÉGRADATION DES HYDROCARBURES**

La biodégradation des hydrocarbures dans le milieu naturel est un phénomène lent, dont les principaux facteurs limitants sont la teneur en oxygène du milieu, et la disponibilité en éléments nutritifs principalement azote et phosphore. Dans l'environnement, de nombreux micro-organismes sont capables de biodégrader les hydrocarbures.

L'approche retenue par les chercheurs du Groupe consiste à utiliser les micro-organismes déjà présents dans le milieu, et à leur apporter les nutriments (azote et phosphore) qui leur font défaut.

Par exemple, dans le milieu marin, parmi la multitude de micro-organismes présents, seul un petit nombre d'espèces possède la faculté de dégrader les hydrocarbures. Ce sont ces espèces qu'il convient de développer, par apport de nutriments à l'interface eau/hydrocarbures où elles sont essentiellement présentes.

Ces objectifs ont pu être atteints par la mise au point d'un nutriment oléophile baptisé Inipol EAP 22. Appliqué à des hydrocarbures, ce produit stimule la croissance de la flore spécifique présente dans le milieu et accroît ainsi fortement la vitesse de dégradation biologique des hydrocarbures. Le caractère oléophile de l'Inipol EAP 22 a été apporté par la formulation d'une microémulsion d'éléments minéraux hydrosolubles encapsulés par une phase organique.

Les principales caractéristiques de l'Inipol EAP 22 sont les suivantes :

- caractère oléophile permettant la présence des éléments nutritifs à l'interface eau/hydrocarbures,
- rapport optimum azote/phosphore,
- effet retard lors de la libération de l'azote et du phosphore,
- inhibition de la formation d'émulsions inverses,
- absence de toxicité pour la flore et la faune et bonne biodégradabilité.

L'Inipol EAP 22, fabriqué et commercialisé par la Société CECA, est un produit liquide qui peut être mis en œuvre par tous les systèmes classiques d'épandage par pulvérisation. Le dosage nécessaire à l'initiation du mécanisme de développement bactérien, est généralement d'environ 5 % du poids de la quantité d'hydrocarbures à traiter.

Avant développement, l'Inipol EAP 22 a été essayé dans de nombreux tests de laboratoire, puis en écosystème marin dans différentes conditions.

Au niveau des applications, ce produit peut être utilisé au traitement de pollutions en milieu aqueux, mais surtout en zones littorales, où la contamination de sédiments côtiers est souvent une conséquence d'un déversement en milieu marin.

Les essais les plus concluants ont été réalisés en traitement de sédiments pollués. Ainsi, en 1985, en collaboration avec Elf Aquitaine Norge et le SINTEF, organisme de recherche norvégien, une plage polluée au Spitzberg par suite de l'épandage de 90 tonnes de gazole a été traitée à l'Inipol EAP 22. Dans des conditions climatiques extrêmement rigoureuses, l'utilisation du nutriment a permis en moins d'une année de réduire d'environ 90 % le niveau de contamination du sédiment de type gravier, contre seulement 15 % sans traitement.



Epandage de dispersants par canons d'air. Doc. : Elf Aquitaine

## DE NOUVELLES MÉTHODES : L'AFFAIRE EXXON-VALDEZ

Mais, le fait le plus important concerne la récente sélection de l'Inipol EAP 22 pour le traitement de réhabilitation des côtes polluées de l'Alaska. Suite à l'échouage du pétrolier Exxon Valdez, le 24 mars 1989, sur un récif au sud de l'Alaska, une quantité de 40 000 tonnes de pétrole brut s'est déversée dans la baie du Prince Williams. Malgré les moyens de confinement et de récupération mécanique mis en œuvre, le pétrole a commencé dès le début du mois d'avril à toucher le littoral, pour finalement polluer environ 1 000 km de côtes, dont 500 fortement, dans la baie du Prince Williams et le golfe d'Alaska.

A ce moment, les Autorités gouvernementales américaines ont pris la décision d'effectuer un traitement biologique par apport de nutriment sur les 500 km de côtes fortement polluées. La responsabilité de ce

projet a été confiée à l'EPA (Environmental Protection Agency), au travers d'un accord avec la compagnie pétrolière Exxon.

Une première série d'essais d'efficacité de biodégradation et de toxicité sur des organismes marins, a été réalisée dans les laboratoires de l'EPA, avec plusieurs nutriments. Ces tests ont permis de sélectionner deux produits, dont l'Inipol EAP 22, qui ont ensuite été essayés courant juin sur un ensemble de sites pollués de 2 500 m<sup>2</sup> de plages de types galets, sable et rochers. Les excellents résultats obtenus avec l'Inipol EAP 22, matérialisés par une disparition importante des hydrocarbures dans un délai de deux semaines, ont amené l'EPA et Exxon à prendre la décision de mettre en œuvre ce traitement sur les côtes souillées de l'Alaska. A cet effet, une commande de 500 tonnes de produit a été passée dont la livraison s'est achevée fin août. 250 tonnes de produits ont déjà été utilisées permettant de traiter 250 km de plages

sur les 500 km atteints par la pollution. Les travaux ont dû être arrêtés plus tôt que prévu en raison de l'arrivée précoce du mauvais temps cette année et n'ont été repris qu'au printemps 90. D'excellents résultats ont cependant déjà été obtenus sur la zone traitée où la pollution a nettement diminuée en douze jours.

Un programme de recherche est toujours en cours dans le but d'améliorer encore les performances et les moyens de mise en œuvre de l'Inipol EAP 22. Par ailleurs, un Groupement scientifique associant le CNRS, des universités et Elf Aquitaine étudie le devenir des hydrocarbures dans le milieu marin.

**Bernard TRAMIER  
et Alain LADOUSSE  
ELF-AQUITAINE**

# LA RECHERCHE SUR LES DÉCHETS

## RE.CO.R.D.\* :

## un Réseau coopératif

par Alain NAVARRO

*Les différents problèmes posés par la gestion des déchets industriels et urbains nécessitent un important effort de recherche pluridisciplinaire. Dans le domaine public c'est surtout à l'initiative du Secrétariat d'Etat à l'Environnement de l'ANRED, que se sont développés, depuis plusieurs années, des programmes de recherche qui mobilisent des laboratoires universitaires et privés, par ailleurs, les grandes entreprises industrielles consacrent une part croissante de leur budget à ce secteur sans omettre, bien sûr, les écoindustries qui occupent une place de choix à la valorisation des déchets. L'Association RE.CO.R.D. ambitionne de participer à cette dynamique à partir d'une formule originale.*

A l'initiative de la N.S.F. (National Science Foundation) se sont développés aux U.S.A., des Centres de recherche coopérative université/industrie dans différents domaines scientifiques. C'est ainsi qu'un centre fonctionne depuis six ans dans le New Jersey sur le thème des déchets (Hazardous Substance Management Research Center ou H.S.M.R.C.). Il regroupe une vingtaine de sociétés industrielles et cinq universités. La Recherche française sur les déchets est très appréciée aux Etats-Unis et à la suite de différents contacts entre la N.S.F. et le H.S.M.R.C., l'Ambassade de France, le Secrétariat d'Etat à l'Environnement et l'ANRED, il a été décidé en décembre 1988 de créer en France un Centre coopératif de recherches sur les déchets. Bien que bénéficiant dans sa phase initiale d'une assistance technique de nos collègues de la N.S.F. et du

H.S.M.R.C., ce projet se veut autonome et adapté dans ses structures et sa stratégie au contexte français.

Le principe retenu, au moins dans un premier temps, est celui du Centre réseau RE.CO.R.D. doté d'une petite équipe d'animation sans infrastructure immobilière importante, ni personnel chercheur salarié, ni équipement de laboratoire. Les membres fondateurs de RE.CO.R.D. ont opté pour le statut type loi 1901. Ces statuts définissent les objectifs de RE.CO.R.D. et son mode de fonctionnement. Le siège de l'Association est à Villeurbanne (Rhône).

Les objectifs de RE.CO.R.D. sont de promouvoir une collaboration entre industriels, scientifiques et pouvoirs publics pour réaliser des programmes de recherche sur les déchets, notamment par la mise en place et l'animation

d'un réseau coordonné réunissant les membres actifs, et partenaires membres d'honneur de la présente association. Et particulièrement : faire progresser les connaissances sur le sujet des déchets spéciaux ; permettre, avec l'aide des pouvoirs publics, une collaboration entre les industriels et les scientifiques concernés par ce sujet ; fournir une base scientifique pour le dialogue entre les industriels, l'Administration et les collectivités ; être un centre où les industriels définiront des programmes de recherche adaptés à leurs besoins, les études de ces programmes étant confiées à des centres publics ou privés ; réunir une documentation, animer des échanges sur le sujet ; rechercher une coopération avec des organismes similaires étrangers ; assurer la protection des résultats des programmes de recherche brevetables ou non.