

# HUILES VÉGÉTALES ET GRAISSES ANIMALES



Classification SEBC :  
généralement Fp (flottant persistant)



GUIDE D'INTERVENTION CHIMIQUE

# HUILES VÉGÉTALES ET GRAISSES ANIMALES

GUIDE PRATIQUE  
INFORMATION  
DÉCISION  
INTERVENTION

Ce guide a été rédigé par le Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les Pollutions Accidentelles des Eaux (Cedre) avec le soutien financier de TotalEnergies et du MTECT.

Rédacteurs :  
Thomas Le Bihan et Stéphane Le Floch

Les informations contenues dans ce guide sont issues d'un travail de synthèse et de l'expérience du Cedre. Celui-ci ne pourra être tenu responsable des conséquences de leur utilisation.

Édition : Décembre 2023

Dépôt légal : Décembre 2023

Dépôt légal à parution.  
Achévé d'imprimer sur les presses  
de Cloître Imprimeurs,  
29800 Saint-Thonan



## Objet du guide

La diffusion sous forme de guides de résultats d'études, de travaux expérimentaux et de retours d'expérience d'accidents constitue une composante importante des activités du Cedre, soulignée par son comité stratégique.

Ce guide s'adresse aux opérationnels qui peuvent être confrontés à un déversement accidentel d'huile végétale ou de graisse animale en milieu aquatique. Il vise à apporter aux opérationnels les informations utiles à la conduite de la lutte antipollution ou à l'élaboration de plans d'intervention pour faire face à un tel déversement. Ce document ne traite pas de la pollution des sols.

L'objectif de ce guide est de permettre un accès rapide aux informations de première nécessité (Chapitre : « Données de première urgence »), et de fournir des sources bibliographiques pertinentes pour la recherche de données complémentaires.

Il contient des résultats expérimentaux ainsi que des résultats de scénarios correspondant à des accidents intervenant en période hivernale, *i.e.* forte agitation de surface, et en période estivale, *i.e.* état de mer calme. Ces scénarios n'ont pour ambition que de donner des indications d'urgence aux décideurs. Chaque cas réel d'accident doit être analysé de manière spécifique et le décideur ne saurait faire l'économie de mesures *in situ* (dans l'air, l'eau, les sédiments, la faune aquatique...) afin de préciser les zones d'exclusion et d'évaluer aussi précisément que possible l'impact environnemental de l'événement.

Ce guide est destiné à des spécialistes au fait des techniques à mettre en œuvre en cas de sinistre et aptes à juger de l'opportunité d'appliquer les mesures préconisées. Si la lutte pour limiter les conséquences des déversements est au centre de nos préoccupations, nous ne pouvons pas passer sous silence les aspects de protection des intervenants et de toxicologie humaine.

**Pour joindre l'ingénieur d'astreinte du Cedre (24h/24)**  
**Tél. : + 33 (0)2 98 33 10 10**

### **Les centres antipoison et de toxicovigilance en France**

Angers (CHRU) - Tél. : 02 41 48 21 21

Bordeaux (CHU Bordeaux) - Tél. : 05 56 96 40 80

Lille (CHRU) - Tél. : 0800 59 59 59

Lyon (Hospices civils de Lyon) - Tél. : 04 72 11 69 11

Marseille (Hôpitaux Universitaires de Marseille) & Mayotte/La Réunion - Tél. : 04 91 75 25 25

Nancy (CHRU) - Tél. : 03 83 22 50 50

Paris (Hôpital Fernand Widal) & Guyane/Guadeloupe/Martinique - Tél. : 01 40 05 48 48

Toulouse (CHU) - Tél. : 05 61 77 74 47

## Sommaire

OBJET DU GUIDE	2
<b>A CE QU'IL FAUT SAVOIR SUR LES HUILES VÉGÉTALES ET LES GRAISSES ANIMALES</b>	<b>4</b>
<b>B DONNÉES DE PREMIERE URGENCE</b>	<b>10</b>
B.1 - Données de premiers secours	11
B.2 - Fiche d'identité	12
B.3 - Composition chimique	13
B.4 - Données physico-chimiques	14
B.5 - Données sur l'inflammabilité	16
B.6 - Transport, manipulation, stockage	17
B.7 - Identification, technique d'analyse	19
B.8 - Données toxicologiques	20
B.9 - Données écotoxicologiques	21
B.10 - Comportement dans l'environnement aquatique	22
B.11 - Persistance dans l'environnement aquatique	26
B.12 - Impacts environnementaux suite à un déversement	27
B.13 - Impacts potentiels sur les ressources économiques	29
<b>C RÉSULTATS DES SCÉNARIOS D'ACCIDENTS</b>	<b>30</b>
C.1 - Rappel des propriétés	31
C.2 - Les scénarios d'accidents	32
C2.1 - Scénario 1 : Déversements en conditions hivernales/agitées	33
C2.2 - Scénario 2 : Déversement en conditions estivales/calmes	36
<b>D LUTTE CONTRE LES DÉVERSEMENTS</b>	<b>39</b>
D.1 - Exemples de déversements accidentels	40
D1.1 - LindenBank – 1973 – 10 000 tonnes d'huile de palme et de coco	40
D1.2 - Kimya – 1991 – 1500 tonnes d'huile de tournesol	41
D1.3 - Allegra – 1997 – 900 tonnes d'huile de palmiste	42
D1.4 - Petits arrivages d'huile de palme sur la façade atlantique, octobre 2019	44
D.2 - Recommandations relatives à l'intervention	45
D.3 - Techniques de lutte	46
D3.1 - Observation aérienne	46
D3.2 - Suivi des nappes à la dérive	50
D3.3 - Techniques de confinement et de récupération des HV et GA	53
D3.4 - Chalutage d'une huile	56
D3.5 - Récupération du polluant à terre et élimination	58
D.4 - Choix des Équipements de Protection Individuelle (EPI)	60
D.5 - Tableau de résistance des matériaux	61
<b>E COMPLÉMENTS D'INFORMATION</b>	<b>62</b>
E.1 - Glossaire	63
E.2 - Sigles et acronymes	65
E.3 - Sites Internet utiles	66
E.4 - Bibliographie	67
E.5 - Annexes	70

# Ce qu'il faut savoir sur les huiles végétales et les graisses animales

A

## Définition

Ce guide d'intervention chimique traite des huiles végétales et des graisses animales qui peuvent être regroupées sous le terme de biofeedstock quand elles sont destinées à entrer dans la composition de carburants. Par définition, les biofeedstocks regroupent toutes les matières premières d'origine biologique.

## Les huiles végétales (HV')

La production mondiale d'huile végétale est en constante augmentation pour faire face à une demande toujours croissante. En 2022, plus de 210 millions de tonnes d'huile végétale ont été produites et une grande partie a été transportée par voie maritime (Figure 1). Les trois huiles végétales principalement transportées par voie maritime sont l'huile de palme, l'huile de soja et l'huile de colza.

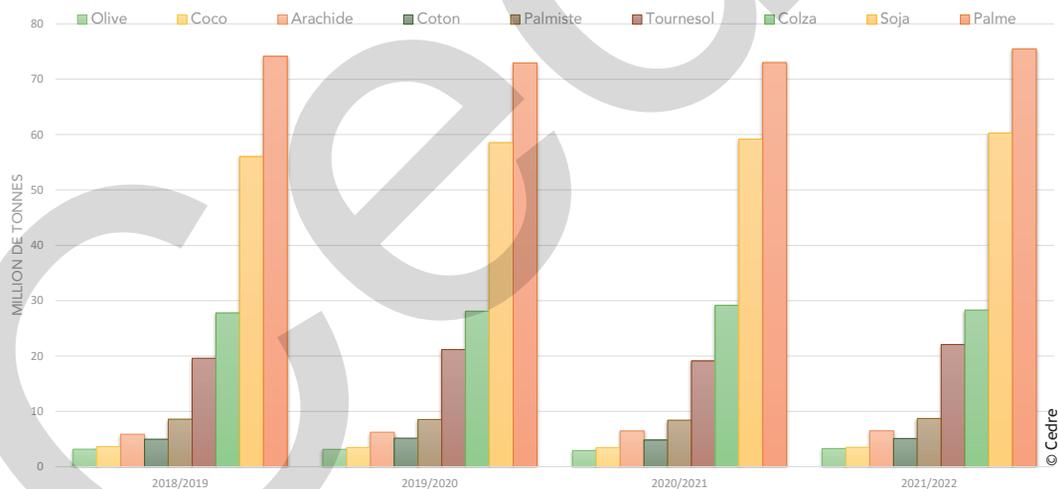


Figure 1 : Évolution de la production mondiale des principales huiles végétales

Les huiles végétales sont produites à partir de plantes oléagineuses selon essentiellement deux procédés (Figure 2) :

- le premier consiste à produire les huiles par pression à froid des graines ou des fruits de la plante. Ce procédé est utilisé, par exemple, pour la production d'huile d'olive, de noix ou encore de noisette.
- le second implique une extraction par un solvant, souvent l'hexane, qui vient en complément de l'étape de pressage

afin d'augmenter les rendements de production. Les huiles végétales sont finalement obtenues après un nombre variable d'étapes de « raffinage ».

Ce procédé est utilisé notamment pour produire à l'échelle industrielle les huiles de tournesol, de soja et de colza.

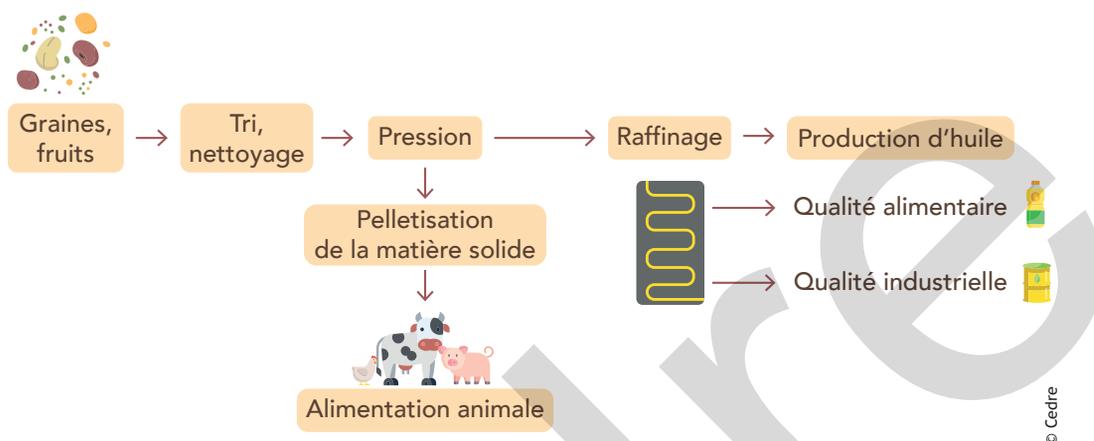


Figure 2 : Principales étapes du raffinage d'une huile végétale

Bien que la majorité des huiles végétales produites soient utilisées dans l'industrie agroalimentaire, elles sont classées Y selon MARPOL du fait de leur faible densité, faible pression de vapeur et faible solubilité\* qui leurs confèrent un caractère de produit flottant persistant. Par définition, des produits classés Y *sont des substances liquides nocives qui, si elles sont rejetées à la mer lors d'opérations de nettoyage des citernes ou de déballastage, sont réputées présenter un risque pour les ressources marines ou pour la santé humaine ou causer un préjudice aux valeurs d'agrément ou d'autres utilisations légitimes de la mer et justifient donc une limitation de la qualité et de la quantité des rejets dans le milieu marin.* Déversées en volumes importants, ces substances peuvent avoir un impact environnemental et socio-économique important (tourisme, mariculture, ostréiculture, etc.). Ces

conséquences vont motiver l'autorité à déployer des opérations de lutte aussi bien en mer (suivi des nappes, confinement et pompage, chalutage...) qu'à terre (ramassage manuel et mécanique...).

### Les graisses animales (GA\*)

Il existe deux qualités de graisses animales, celles qui entrent dans l'alimentation humaine et animale et qui sont principalement extraites du lait (beurre, fromages...), et celles qui sont considérées comme étant impropres à la consommation et qui vont être valorisées dans d'autres gammes de produits comme les biocarburants.

Les graisses animales non destinées à la consommation humaine sont bien souvent produites à partir des carcasses issues des centres d'équarrissages ou des déchets générés par l'industrie

de l'agroalimentaire. Elles sont majoritairement représentées par le suif de bœuf, de mouton ou de porc (saindoux) ainsi que par la graisse de poulet provenant de la fonte des plumes et des tissus (Akhil et al., 2019).

Elles sont produites par un procédé qui sépare les tissus des os, puis, ces tissus sont broyés et hachés, et enfin, chauffés dans de l'eau à 70 °C, température à laquelle les graisses fondent. Elles sont ensuite récupérées par centrifugation du mélange.

### **Les huiles alimentaires usagées (HAU\*)**

Une dernière catégorie d'huile provenant de ces mêmes sources peut être utilisée comme biofeedstock pour la transformation en biocarburant. Il s'agit des huiles alimentaires usagées (HAU\* ou UCO pour *Used Cooking Oil*). Ce type de produit ne sera pas traité dans le guide. En effet, en raison de leurs multiples origines et de la grande disparité en termes de qualité et de composition, les propriétés et le comportement de ce type d'huile en cas de déversement dans le milieu aquatique peuvent énormément varier.

### **Usages**

Bien que les **huiles végétales** soient largement utilisées dans le secteur agroalimentaire, elles peuvent être valorisées dans des domaines aussi variés que ceux de la pharmaceutique, de la cosmétique, ou encore, de l'industrie chimique (fabrication de savon, peintures, résines, lubrifiants, plastiques, acides gras). Elles peuvent également entrer dans la composition des biocarburants

soit sous la forme de Esters Méthylique d'Acides Gras (EMAG\*) qui sont utilisés pour synthétiser les carburants B8, B10 et B30, soit sous la forme d'huile végétale hydrogénée (HVO\*) (Cedre, 2022). Ainsi, les HV\* sont largement transportées aussi bien en mer qu'à terre.

Les graisses animales qui n'entrent pas dans l'alimentation humaine, constituent une alternative aux biocarburants à base d'huile végétale. En Europe, 17 millions de tonnes de carcasses d'animaux doivent être éliminées chaque année (Zalouk et al., 2009). Lorsqu'elles répondent aux normes de qualité et aux restrictions de gestion imposées par la législation européenne, ces produits peuvent être avantageusement utilisés en tant que matière première dans la production des biocarburants (Directive Européenne, 2008).

### **Réglementations**

Depuis 2023, la directive européenne RED III (*Renewable Energy Directive*) encadre l'utilisation des huiles végétales et graisses animales pour la fabrication de biocarburant. Cette directive rentre dans le *package* de l'Union européenne « *Fit for 55* » qui vise à réduire de 55 % les émissions de gaz à effets de serre à l'horizon 2030. Dans le secteur du transport, l'objectif est d'augmenter jusqu'à 29 % en 2030 la part d'énergie de source renouvelable. De plus, cette directive limite la part des feedstocks provenant des cultures céréalières dans la production de biocarburant (limitation à 7 %) avec également une volonté de supprimer l'huile de palme et de soja pour la fabrication de ces derniers.

La réglementation (CE) n°1069/2009 du Parlement européen et le Conseil du 21 octobre 2009, classent les sous-produits d'animaux en 3 catégories en fonction du risque de transmission de maladie qui leur est associé. Ceux qui présentent un risque très élevé sont classés en catégorie 1 (cat. 1), ceux avec un risque élevé en catégorie 2 (cat. 2), et ceux pouvant entrer dans la consommation humaine en catégorie 3 (cat. 3). Les graisses animales des catégories 1 et 2 sont utilisées dans la production de biodiesel.

### Risques

**Toxicité et santé :** la *National Fire Protection Association* (NFPA\*) américaine classe majoritairement les HV\* en tant que Produit non toxique, pouvant être utilisé sans précautions particulières (valeur de 0, Tableau 1). Cependant, certaines d'entre-elles, comme l'huile de ricin et l'huile de lin, peuvent être à l'origine de diarrhées en cas d'ingestion et nécessiter une prise en charge médicale. De façon systématique, une projection dans les yeux, nécessitera un rinçage de 15 minutes au minimum.

**Incendie :** la plupart des HV\* et des GA\* ont un point d'ébullition\* élevé et une pression de vapeur très faible (pas d'évaporation) ce qui traduit une grande stabilité chimique. Cependant, elles peuvent s'enflammer au contact d'une source de chaleur importante et, par conséquent, elles sont classées en tant que Produit ne pouvant s'enflammer qu'après chauffage selon la NFPA\* (valeur de 1, Huang et al., 2021).

**Instabilité et réactivité :** la NFPA\* classe les huiles végétales comme les graisses animales en produit généralement inerte

(valeur de 0), à savoir elles ne présentent pas de réactivité particulière.

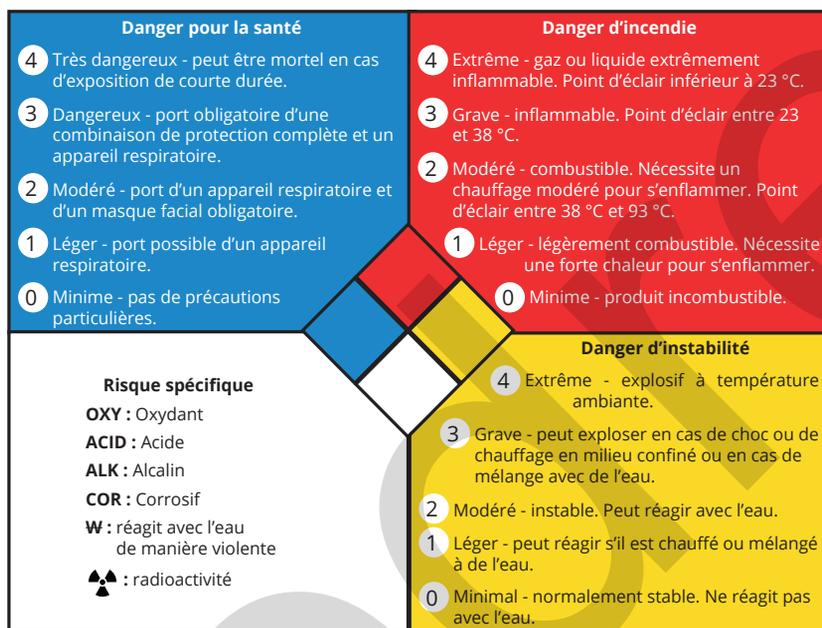
### Comportement dans le milieu aquatique des HV\* et GA\*

Les HV\* et les GA\* ont des propriétés physiques et chimiques qui leur confèrent un comportement de produit flottant persistant (Fp) selon la *Standard European Behaviour Classification* (SEBC, 1991).

En effet, elles sont de densité inférieure à celle de l'eau, quasiment insoluble ( $S < 0,1\%$ ), elles ne génèrent quasiment pas de vapeur (Pression de vapeur  $< 0.3$  kPa) et leur viscosité est élevée (Viscosité  $> 10$  cSt).

Ainsi, un déversement de ces substances se traduira par la formation d'une nappe liquide persistante, exception faite des cargaisons transportées chauffées, dont le devenir sera dépendant des conditions météorologiques qui règnent sur le lieu de l'accident, notamment de l'agitation de surface du plan d'eau et de la température extérieure. Dans les probabilités de devenir, peuvent être citées :

- la formation d'un film graisseux d'épaisseur allant du millimètre à la dizaine de millimètres ;
- une augmentation de l'épaisseur de la nappe sous l'effet de processus d'émulsification ;
- l'apparition d'amas solides lorsque le point d'écoulement de la substance est supérieur à la température de l'eau ou lorsque l'huile à la capacité à polymériser, ce qui peut se traduire par leur sédimentation dans la colonne d'eau ;
- ou encore, l'apparition d'une croûte solide à la surface de la nappe sous l'effet de l'ensoleillement (photo oxydation).



© Cedre

Figure 3 : Diamant du feu pour les HV\* et GA\* avec sa légende

### Impact environnemental

L'analyse de l'accidentologie montre que les populations d'oiseaux sont autant impactées par une nappe d'huile végétale à la dérive que par une nappe de pétrole. Ils meurent par hypothermie du fait de l'engluement de leurs plumes. De façon plus générale, tous les organismes évoluant à l'interface eau - atmosphère seront potentiellement impactés par les nappes d'HV\* ou de GA\* (étouffement, difficulté d'alimentation, hypothermie...).

En ce qui concerne la colonne d'eau, certaines huiles peuvent y sédimenter suite à leur vieillissement en mer et, par conséquent, impacter les fonds marins. La persistance des HV\* dans l'environnement peut être longue suite à une polymérisation\* ou à une sédimentation dans la colonne d'eau. S. Mudge a montré que, suite au naufrage du *M.V. Kimaya* au cours duquel 1 500 tonnes d'huile de tournesol ont été déversées en mer, des amas solides et imperméables d'huile polymérisée ont été retrouvés sur le fond marin plus de six années après l'incident (Mudge, 1997).

Des échouements massifs sur le littoral vont entraîner une mortalité par asphyxie des organismes vivant sur l'estran et générer un développement bactérien pouvant être à l'origine d'odeurs nauséabondes. Ce phénomène sera observé indépendamment de la nature chimique de l'huile déversée car elles sont toutes biodégradables.

### **Stratégie de lutte**

Quel que soit le type d'HV\* ou de GA\*, l'intervention à préconiser en priorité est la récupération en mer, par confinement de la nappe (barrage) puis son pompage (récupérateur à seuil). Dans le cas d'une huile transportée réchauffée, et de ce fait, susceptible de se solidifier après son déversement en mer, e.g. l'huile de palme, des opérations de chalutage doivent être envisagées.

Sur le littoral, pour les arrivages de blocs de graisse issus de la solidification ou de la polymérisation\* de l'huile, le ramassage mécanique et manuel s'imposent.

# Données de première urgence

- Données de premiers secours \_\_\_\_\_ B1
- Fiche d'identité \_\_\_\_\_ B2
- Composition chimique \_\_\_\_\_ B3
- Données physico-chimiques \_\_\_\_\_ B4
- Données sur l'inflammabilité \_\_\_\_\_ B5
- Transport, manipulation, stockage \_\_\_\_\_ B6
- Identification, technique d'analyse \_\_\_\_\_ B7
- Données toxicologiques \_\_\_\_\_ B8
- Données écotoxicologiques \_\_\_\_\_ B9
- Comportement dans l'environnement aquatique \_\_\_\_\_ B10
- Persistance dans l'environnement aquatique \_\_\_\_\_ B11
- Impacts environnementaux suite à un déversement \_\_\_\_\_ B12
- Impacts potentiels sur les ressources économiques \_\_\_\_\_ B13

B

## Données de premiers secours

Peu de recommandations sont disponibles dans la littérature en termes de premiers secours du fait de la faible toxicité de ces substances.

Les recommandations en termes de premiers secours à apporter en cas d'ingestion, d'inhalation, de contact cutané, ou de projection dans les yeux sont donnés pour l'huile de palme et elles peuvent être, de manière générale, étendues aux autres HV et aux GA.

### Huile de palme :

- **Inhalation** : transporter la victime à l'extérieur et la maintenir au repos dans une position où elle peut confortablement respirer. Si nécessaire, donner de l'oxygène (scénario peu probable en raison de la pression de vapeur quasi-nulle des HV et des GA).
- **Contact avec la peau** : retirer les vêtements souillés. Procéder à un lavage abondant et prolongé à l'eau et au savon, bien frotter.
- **Projection dans les yeux** : procéder à un lavage immédiat et abondant à l'eau pendant au moins 15 minutes en écartant correctement les paupières. Consulter un ophtalmologiste.
- **Ingestion** : bien qu'aucun danger significatif ne soit mentionné, un rinçage à l'eau est recommandé, seulement si la personne est consciente. Consulter un médecin si une indisposition se développe. Attention, il est à mentionner la particularité des huiles de ricin et de lin qui, elles, peuvent entraîner des diarrhées.

## Fiche d'identité

La famille des HV\* et des GA\* étant particulièrement vaste, il a été décidé de ne présenter dans ce guide que les substances produites en grande quantité et, par conséquent, très transportées.

Ce choix s'explique également par le fait que ces produits ne sont pas classés comme étant dangereux selon la réglementation (CE) n° 1272 /2008 et qu'ils ne nécessitent pas d'enregistrement spécifique selon la directive (CE) N° 1907/2006 [REACH] pour pouvoir être transportés.

B2

## Composition chimique

Bien qu'il existe autant de types d'huiles végétales que de végétaux dont elles sont extraites, leur composition chimique ne varie que très peu. Elles sont toutes constituées d'esters de glycérol mélangés à des acides gras qui ont des longueurs de chaîne carbonée variables. Seules les proportions de ces acides gras changent d'une huile à l'autre (Tableau 1).

Nom de l'acide gras		Arachide	Coco	Colza	Cotton	Olive	Palme	Palmiste	Ricin	Soja	Tournesol
Caprylic acid	8:0	-	7,6	-	-	-	0,1	4,1	-	-	-
Capric	10:0	-	6,5	-	-	-	0,1	3,7	-	-	-
Laurique	12:0	-	48,2	-	-	-	0,4	46	-	-	0,5
Myristique	14:0	0,1	18,5	0,1	0,8	0	1,1	17,8	-	0,1	0,1
Palmitique	16:0	10,4	8,7	5,1	24,2	12,1	43,8	8,4	-	10,8	6,4
Stéarique	18:0	3	2,1	1,7	2,3	2,6	4,4	1,6	0,7-1,0	3,9	4,5
Acide arachidique	20:0	1,2	0,1	0,6	0,2	0,4	0,3	-	-	0,3	0,3
Palmitoléique	16:1 n7	0,2	-	0,2	0,7	0,8	0,2	-	-	0,2	0,1
Oléique	18:1 n-9	47,6	5,0-8,2	60,1	17,4	72,5	39,1	16,4	2,0-3,3	23,9	27,7
Linoléique	18:2 n-6	30,3	1,0-2,6	21,5	53,2	9,4	10,2	-	4,1-4,7	45,9	56,1
a-linolénique	18:3 n-3	0,4	-	9,9	0,2	0,6	0,3	-	0,5-0,7	0,7	1
Ricinoléique		-	-	-	-	-	-	-	87,7-90,4	-	-

B3

Tableau 1 : Nom des acides gras entrant dans la composition des 10 principales HV\* transportées et leur teneur exprimée en pourcentage (Dubois et al., 2007)

Les graisses animales sont également composées de triglycérides qui, après traitement, donneront des acides gras saturés et mono-insaturés. On retrouve les mêmes acides gras que pour les huiles végétales mais dans des proportions différentes qui sont dépendantes de l'origine des graisses animales (Tableau 2).

Nom des acides gras	Suif de boeuf	Saindoux	Graisse de volaille
Myristique	1 - 1,5	1 - 1,5	
Palmitique	24 -28	24 - 28	20 - 24
Palmioléique	2 - 3	2 - 3	5 - 9
Stéarique	20 - 24	13 - 14	4 - 6
Oléique	40 - 43	43 - 47	33 - 44
Linoléique	2 - 4	8 - 11	18 - 20
a-linolénique	<1	<1	1 - 2

Tableau 2 : Nom des acides gras entrant dans la composition de 3 GA\* transportées et leur teneur exprimée en pourcentage (Toldrá-Reig et al., 2020)

## Données physico-chimiques

Les HV\* étudiées montrent une grande diversité de valeurs pour leur point d'écoulement, de -15 °C pour l'huile de tournesol à +23 °C pour l'huile de palme, pour leur point de fusion\* et

autres paramètres physiques (viscosité, point éclair\*...) mais elles sont toutes considérées comme étant des produits flottants (densité HV\* < densité eau de mer) et insolubles (Tableau 3).

	Arachide	Colza	Coco	Coton	Olive	Palme	Palmiste	Ricin	Soja	Tournesol
Synonyme anglais	<i>peanut oil</i>	<i>Rapeseed, Canola</i>	<i>coconut oil</i>	<i>Cottonseed</i>	<i>Olive</i>	<i>Palm</i>	<i>Palm kernel</i>	<i>Ricin, castor oil</i>	<i>Soyabean</i>	<i>Sunflower</i>
Catégorie Marpol	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N° CAS	8002-03-7	8002-13-9	8001-29-4	8001-29-4	8001-25-0	8002-75-3	8023-79-8	8001-79-4	8001-22-7	8001-21-6
N° CE	232-296-4	232-299-0	232-282-8	232-280-7	232-277-0	232-316-1	232-425-4	232-293-8	232-274-4	232-273-9
Aspect à 20°C	Liquide jaune-vert	Liquide jaune	Liquide incolore	liquide jaune	Liquide jaune-vert	solide rouge orangé	liquide jaune clair	liquide incolore à jaune pâle	liquide jaunâtre	liquide jaunâtre
Densité relative* à l'eau de mer à 20°C	0,903	0,91	0,921	0,918	0,918	0,912	0,899 - 0,913	0,95	0,914	0,916
Point d'écoulement	-7	-15	-6	-4,5	-14	23,6			-12	-15
Point de fusion*	0-3	-18 à 8	24		0	26-30	23-30	-18 -10	-15	-15
Point d'ébullition*	250	205			190			313	257	225
Point de fumée	226	204	175	216	193	235			238	227
Point éclair*	283	246	216	234	177	252		288	254	274
Solubilité* dans l'eau de mer	insoluble	insoluble	insoluble	insoluble	insoluble	insoluble	insoluble	insoluble	insoluble	insoluble
Viscosité en cSt à 20°C	40	72 - 82	52 - 57		75 - 80	25 - 31 (50 °C)	27 - 20 (50 °C)	600 - 1200	60 - 40	70
Viscosité en cSt à 40°C		35		34	39	39,4		260	29	36
température d'auto-inflammation	443				343			840	363	

Tableau 3 : Principales propriétés physiques et chimiques des 10 HV\* étudiées (Dubois et al., 2007)

Les GA\* font l'objet d'une caractérisation moins complète au laboratoire, et ainsi, peu de leurs propriétés physiques et chimiques sont documentées (Tableau 4).

	Suif de bœuf	Saindoux	Graisse de volaille
Synonyme anglais	<i>Beef tallow</i>	<i>Pork lard</i>	<i>Poultry fat</i>
Catégorie Marpol	Y	Y	Y
N° CAS	61789-97-7	8002-13-9	68188-81-8
N° CE	263-099-1	232-299-0	
Aspect à 20°C			
Densité relative* à l'eau de mer à 20°C	0,929	0,948	0,932
Point d'écoulement			
Point de fusion*			
Point d'ébullition*			
Point de fumée			
Point éclair*			
Solubilité* dans l'eau de mer	Insoluble	Insoluble	Insoluble
Viscosité en cSt à 20°C			
Viscosité en cSt à 40°C	46,37	39,53	41,06
Température d'auto-inflammation			

Tableau 4 : Principales propriétés physiques et chimiques des 3 GA\* étudiées (Toldrá-Reig et al., 2020)

## Données sur l'inflammabilité

Les HV\* et les GA\* ne sont pas considérées comme des liquides inflammables. Les matières sont qualifiées d'inflammables selon la législation si leur point éclair\* est inférieur à 60 °C, au-delà, on les classe comme combustibles pour des valeurs de point éclair\* comprises entre 60 °C et 90 °C. Les huiles végétales ont un point éclair\* supérieur 300 °C ce qui les exclue de ces deux catégories.

Le risque incendie est cependant bien présent pour ces produits (Figure 3). En effet, exposées à une source de chaleur, les huiles peuvent atteindre leur point de fumée qui est généralement à une température supérieure à 200 °C. Une fois le point de fumée atteint, la substance va émettre suffisamment de vapeur pour s'enflammer en présence d'une ignition, et alors, se comporter comme un combustible.

B5

## Transport, manipulation, stockage

Les HV\* et les GA\* ne sont pas soumises aux règlements sur le transport terrestre et sur le transport aérien en raison de leur absence de dangerosité.

Pour le transport maritime, la problématique est autre car ces produits sont classés Y selon l'annexe II de la convention MARPOL 73/78 qui renforce les règles relatives aux rejets des substances nocives flottantes persistantes à viscosité élevée ou qui se solidifient et, de ce fait, leur transport doit respecter les spécifications définies dans le code IBC.

Constatant des arrivages récurrents de paraffines et de boules de graisses sur le littoral de plusieurs États de l'Europe du nord et de l'ouest, l'OMI (résolution MEPC.315 (74)) a adopté un amendement à l'annexe II de la Convention MARPOL 73/78. Cet amendement, entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2021, porte notamment sur :

- la définition d'une substance flottante persistante ;
- les méthodes de pré-lavage des citernes et le contrôle des rejets de résidus de substances relevant de la catégorie Y qui sont des substances flottantes persistantes (Fp selon la classification SEBC) à viscosité élevée (> 50 mPas à 20 °C) ou qui se solidifient (point de fusion\*  $\geq 0$  °), identifiées comme telles dans le code IBC via la mention 16.2.7 dans la colonne « o » du chapitre 17 ;

- les zones maritimes spécifiques dans lesquelles s'appliquent les dispositions relatives aux substances décrites à l'alinéa précédent (eaux de l'Europe du Nord-Ouest, zone de la mer Baltique, eaux de l'Europe occidentale, mer de Norvège) ;
- le modèle normalisé de manuel sur les méthodes et dispositifs de rejet dans ce contexte.

Depuis cet amendement, les cuves ayant contenu des cargaisons considérées comme étant des substances flottantes persistantes selon le code IBC, doivent faire l'objet d'un pré-lavage avant d'être remplies d'une nouvelle cargaison et les eaux de pré-lavage doivent être rejetées dans une installation dédiée du port de déchargement.

On retiendra que ces produits doivent être transportés dans des navires de type 2, à savoir des navires constitués d'une double coque et qui sont certifiés pour le transport des « produits présentant des risques sensiblement graves pour l'environnement et la sécurité, qui nécessitent des mesures préventives importantes pour éviter que la cargaison ne s'échappe ».

## Conditions de transport

Le transport par voie maritime des HV\* et GA\* implique certaines contraintes car la plupart de ces cargaisons doivent être chauffées lors des phases de chargement et de déchargement des navires, voir même durant leur transport (Tableau 5).

Type	Température de solidification (en °C)	Température de chargement (en °C)	Température de transport (en °C)	Température de déchargement (en °C)	
Huiles végétales	Arachide	-2 à 3	10	12 (4 - 15)	12
	Coco	14 à 25	35	24 - 32	40 - > 55
	Colza	-15 à 0		15 (12 - 24)	15
	Cotton	1 à 11	17	15 - 20	32 - 35
	Olive	-9 à 0	20	15	20
	Palmiste	19 à 24	35	>24	50 - 55
	Palme	31 à 41	40	30 (25 - 35)	49 - 50
	Soja	-18 à -8	24	15 (12 - 25)	27
	Tournesol	-18 à -16		15 (5 - 26)	15
Graisses animales	Suif de bœuf	30 à 38	50 - 70	43 - 46	54 - 57
	Saindoux	22 à 32		38	50

Tableau 5 : Températures de chargement, déchargement et de transport des HV\* et GA\*

Note explicative : en cas de déversement de ces HV et GA à la surface d'une eau à 15°C, celles qui ont une température de solidification inférieure à 15 °C resteront liquides alors que les autres vont progressivement former des amas solides flottants (*i.e.* huile de coco, huile de palme et huile de palmiste).

# Identification, technique d'analyse

La composition chimique des HV diffère non seulement selon la plante dont elles sont issues, mais aussi de la partie du végétal (fleur, racine, feuille...) dont elles sont extraites. Cette complexité de composition impose l'utilisation de techniques d'analyses sophistiquées à

l'instar de la chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS, Figure 4). Cependant, elles sont toutes constituées majoritairement d'esters de glycérol mélangés à des acides gras qui ont des longueurs de chaîne carbonée variables (Figure 5).

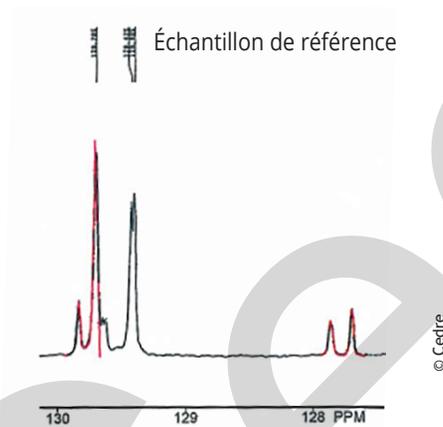


Figure 4 : Spectre de RMN d'huile de palme

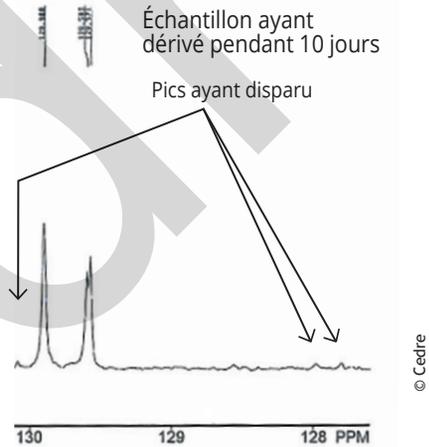


Figure 5 : Spectre de RMN d'huile de palme après 10 jours de vieillissement en mer (accident de l'Allegra, naufrage en Manche, 1997)

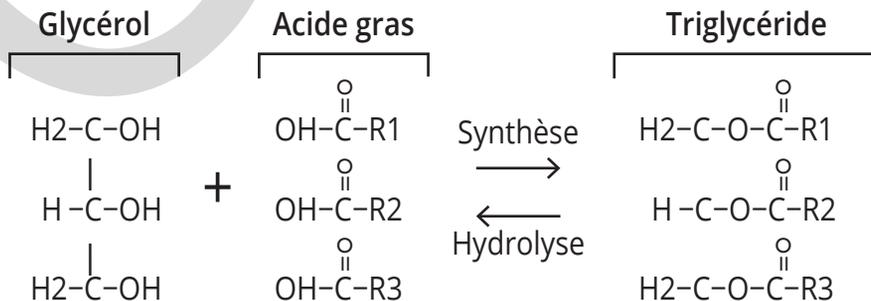


Figure 6 : Formules générales d'un triglycéride entrant dans la composition d'une huile végétale et des produits de sa dégradation (glycérol et acides gras)

B7

## Données toxicologiques

Les HV\* et les GA\* qui entrent dans l'agroalimentaire sont de facto non toxiques pour l'Homme et, par conséquence, elles ne sont que très peu documentées en termes de toxicologie.

L'huile végétale la plus renseignée est l'huile de palme et, par analogie, la dangerosité des autres huiles végétale peut être déduite.

### Toxicité humaine aiguë

Les huiles végétales ne sont pas classées comme toxique.

- **Par inhalation** : non toxique et peu volatile.
- **Par ingestion** : non toxique. Exception des huiles de ricin et de lin qui peuvent entraîner des diarrhées.
- **Par contact cutané** : ne provoque aucune irritation ou démangeaison.

### Effets locaux

**Lésion oculaire grave/sévère irritation des yeux** : n'est pas classé comme causant des lésions graves aux yeux ou comme irritant pour les yeux.

**Sensibilisation respiratoire ou cutanée** : n'est pas classé comme sensibilisant respiratoire ou sensibilisant cutané.

### Effets spécifiques

Les huiles végétales ne contiennent pas de substance classée comme CMR (cancérogène, mutagène ou reprotoxique)

- **Cancérogénicité** : n'est pas classé comme cancérogène.
- **Mutagénicité sur cellules germinales** : n'est pas classé comme mutagène sur les cellules germinales.
- **Toxicité pour la reproduction** : n'est pas classé comme toxique pour la reproduction.

### Toxicité pour certains organes cibles (STOT : *Specific Target Organ Toxicity*)

Les huiles végétales ne sont pas toxiques pour certains organes cibles, que ce soit dans le cas d'une exposition unique ou répétée.

## Données écotoxicologiques

La dangerosité des HV\* et GA\* pour l'environnement est aussi mal documentée que leur potentielle toxicité vis-à-vis de l'Homme. Aucune donnée de laboratoire issue de test normalisé n'est présentée dans les fiches de données de sécurité de ces produits.

Cependant, des études réalisées suite à des déversements accidentels de ces produits montrent que ces cargaisons sont loin d'être inoffensives et qu'elles peuvent entraîner des mortalités importantes au sein des populations vivant dans l'écosystème impacté (cf. B10).

# Comportement dans l'environnement aquatique

La grande diversité des HV\* et des GA\* fait qu'il n'y a pas qu'un seul type de devenir en mer mais qu'ils sont multiples. Cependant et de façon générale, toutes les cargaisons liquides déversées en mer, vont systématiquement engendrer une nappe qui va s'étaler et dériver selon l'influence des courants et des vents.

Au sein de cette nappe, des processus physiques et chimiques vont se mettre en place, et ainsi, des phénomènes comme l'étalement, l'évaporation, la dissolution, et l'émulsification, voire la polymérisation\* et la solidification vont intervenir (Figure 7).

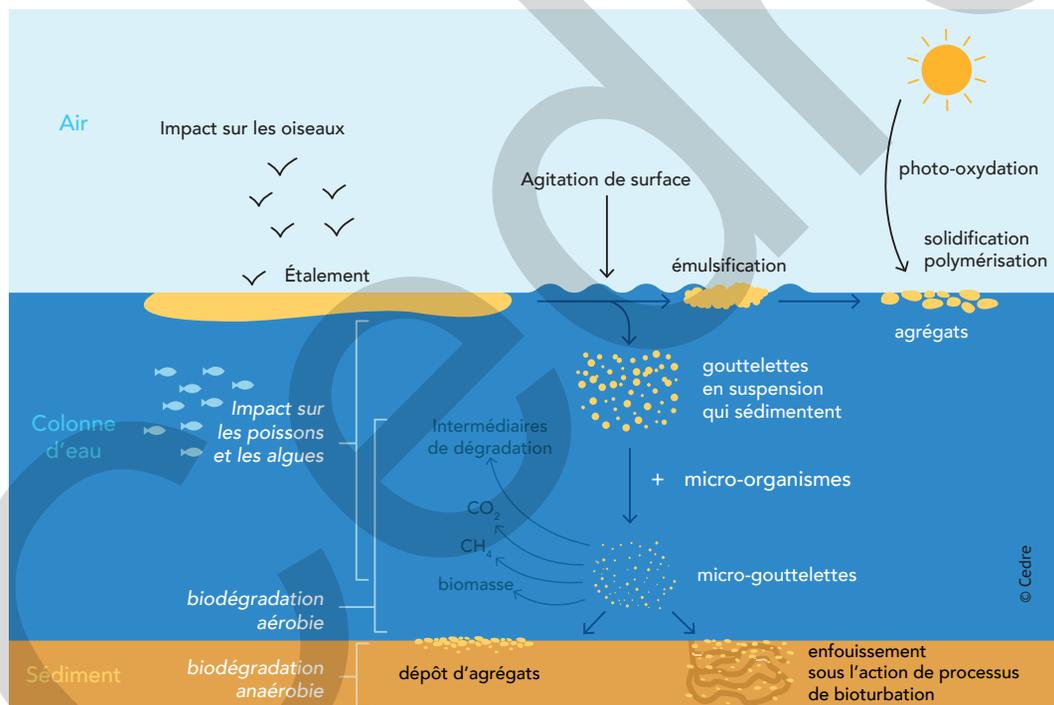


Figure 7 : Représentation graphique du devenir d'une nappe d'HV\* ou de GA\* ainsi que de son potentiel impact sur l'écosystème

## Étalement

Globalement, les huiles végétales ont une viscosité inférieure à 100 cSt à 20 °C et une densité inférieure à celle de l'eau. Ainsi, elles vont former des nappes qui

vont s'étaler jusqu'à former un film très fin d'épaisseur inférieur à la dizaine de  $\mu\text{m}$ . Ces épaisseurs très fines peuvent être à l'origine d'irisations (Figure 8).

Le Cedre a évalué ce processus d'étalement lors des essais en mer PALMOR I (Octobre 1998) et C.NEST (mai 2023) (Tableau 6, Figure 8 et Figure 9). Ces essais ont montré la rapidité et l'intensité du processus d'étalement ce qui impose le confinement de la nappe avant son pompage à l'aide de récupérateur adapté.

	Ricin (2 m <sup>3</sup> )	Soja (2 m <sup>3</sup> )	Palme (4 m <sup>3</sup> )	Fioul 50/50 (2 m <sup>3</sup> )
Surface couverte par un film d'épaisseur inférieure à 10 µm	18 ha (1400 x 130m)	17 ha (1200 x 140 m)	14 ha (800 x 180 m)	2,4 ha (400 x 60 m)
Surface couverte par un film d'épaisseur supérieure à 30 µm	0,8 ha	1 ha	Agrégats solides non quantifiés	0,14 ha

Tableau 6 : Illustration de l'étalement de nappes d'HV\* en mer et comparaison avec un hydrocarbure

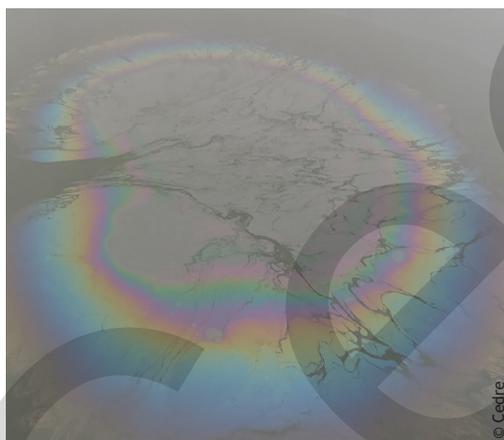


Figure 8 : Nappe d'HV\* qui lors de son étalement donne naissance à des irisations



Figure 9 : Nappes d'huile de ricin, d'huile de soja, de fuel (50/50) et d'huile de palme en arrière-plan. Expérimentation PALMOR I, Octobre 1998

## Évaporation

L'évaporation n'est pas un processus significatif dans le devenir d'une nappe d'HV\* ou de GA\* en mer puisque ces produits ont tous une pression de vapeur inférieure à 1 hPa.

## Solubilisation

Les HV\* et les GA\* sont essentiellement composées d'ester d'acides gras et de glycérol, molécules particulièrement hydrophobes, et par conséquent, ces produits n'auront que peu tendance à se dissoudre.

Le devenir des nappes de HV\* et de GA\* est donc essentiellement gouverné par d'autres processus qui, eux, sont directement dépendants des conditions environnementales (*i.e.* agitation de la surface du plan d'eau, vent, ensoleillement...). Ces processus sont à l'origine de l'émulsification, de la photo oxydation, de la polymérisation\*, voire de la solidification des nappes à la dérive.

### Émulsification

Si l'agitation de surface est suffisante, les nappes de liquides hydrophobes peuvent incorporer de l'eau selon des processus dits d'émulsification. Si pour les hydrocarbures, ces processus vont avoir pour conséquence d'en augmenter considérablement la viscosité, complexifiant alors les opérations de lutte, le résultat est autre pour les HV\*.

L'émulsification d'une huile végétale entraîne seulement une légère augmentation de sa viscosité et sera sans impact significatif sur son devenir, et donc, sans conséquence sur d'éventuelles opérations de pompage. De plus, bien souvent les émulsions d'HV\* sont réversibles, c'est-à-dire que lorsque l'agitation de surface diminue, l'HV\* retrouve son état physique originel.

### Oxydation et photo-oxydation\*

Les HV\* et les GA\* sont constituées d'acides gras et, de ce fait, elles sont sensibles aux processus d'oxydation, c'est-à-dire que leur composition chimique peut évoluer au contact de l'air et/ou suite à une exposition prolongée aux rayons solaires. Au-delà de la survenue d'une odeur rance, ces processus peuvent entraîner une polymérisation\* des molécules qui

*de facto* génère une augmentation de leur viscosité pouvant aller jusqu'à une solidification des nappes.

### Dispersion et formation d'agrégats

En cas de déversement accidentel, les HV\* et les GA\* qui possèdent un point de fusion\* supérieur à la température de l'eau, vont se solidifier et former des agrégats qui vont pouvoir flotter ou sédimenter dans la colonne d'eau (Figure 10).

Les stratégies de lutte à déployer devront considérer en premier lieu la température de fusion du produit déversé afin de s'assurer de son état physique, à savoir liquide ou solide.



Figure 10 : Exemple d'agrégats d'huile de palmiste ramassés sur le littoral français suite à l'accident de l'Allegra, Manche, 1997

### Biodégradation

Comme toutes les matières organiques, les HV\* et GA\* sont biodégradables par les micro-organismes naturellement présents dans l'environnement marin. Sur une échelle de temps suffisamment longue (plusieurs mois), ces processus de biodégradation vont générer du dihydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) qui est un gaz hautement toxique pour l'Homme.

## Détermination expérimentale du devenir d'une graisse animale

En 2021, le Cedre a réalisé un test visant à caractériser le comportement à court terme d'une graisse animale suite à son déversement à la surface de l'eau. Ce test a été réalisé dans le Polludrome®.

Au total, 10 litres d'une graisse animale au préalable chauffée à 60 °C, à savoir sa température de transport, ont été déversés à la surface d'une eau à 15 °C. Son comportement a été étudié sur une période de 5 jours (Figure 11).

Les principales observations réalisées sont :

- immédiatement après le déversement, le produit se fige et des boulettes de 2 à 3 cm de diamètre se distribuent à la surface de l'eau ;
- après 8 h de vieillissement, ces boulettes se sont agglomérées pour former des boules jaunâtres de diamètre moyen de 5 cm qui ne présentent pas d'adhérence particulière ;
- après 24 h, les boules prennent une coloration blanchâtre qui témoigne de processus d'émulsification et qui se traduit par une augmentation de leur adhérence sur les parois du Polludrome®.
- Après 48 h, les boules ont augmenté de taille pour atteindre un diamètre moyen d'une dizaine de cm ;
- Après 5 jours de vieillissement, si l'apparence des boules est inchangée, leur adhérence a disparue et elles présentent une certaine élasticité permettant d'envisager des opérations de récupération mécanique en mer, sachant que le produit est resté flottant tout au long du test.

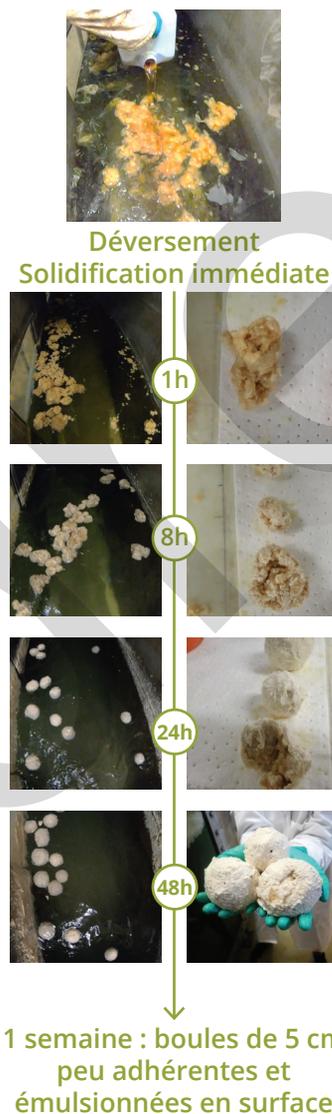


Figure 11 : Test en Polludrome® afin de qualifier le devenir d'un déversement de 10 L de graisse animale à la surface de l'eau

## Persistance dans l'environnement aquatique

Dans un contexte de lutte contre les pollutions accidentelles, les HV\* et les GA\* doivent être considérées comme des Flottants persistants (Fp) selon SEBC du fait de leur faible solubilité\* et de leur pression de vapeur quasi nulle (non évaporant). Des opérations de lutte devront dès lors être déployées.

Sur le moyen et le long termes, ces produits, à l'instar de toutes les substances organiques, seront dégradés par les micro-organismes naturellement présents dans l'environnement marin. En cas de déversement important, ces processus de dégradation pourront générer des zones anoxiques où des bactéries sulfato-réductrices vont se développer et produire du dihydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) qui est un gaz toxique.

### Détermination expérimentale de la biodégradabilité d'une graisse animale

Le Cedre a réalisé un test de laboratoire visant à estimer le potentiel de biodégradabilité d'une graisse animale. Ce test consiste à placer une quantité connue de GA\* dans des conditions optimales de biodégradation (température, oxygène, consortium bactérien, nutriments). Après 28 jours, un prélèvement est réalisé et analysé au laboratoire en chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS). En comparant le chromatogramme des échantillons dégradés à celui de la GA\* d'origine, il est possible de calculer le pourcentage de matière dégradée.

Cette comparaison montre que 99 % de la graisse animale est dégradée en 28 jours (Figure 12). La biodégradation d'une HV\* entraîne un résultat similaire.

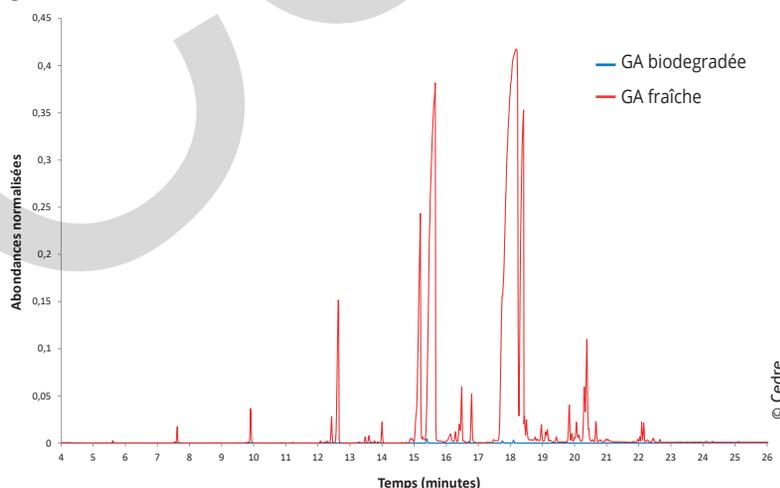


Figure 12 : Comparaison du chromatogramme de la GA\* fraîche (rouge) à celui de la GA\* à 28 jours (bleu)

# Impacts environnementaux suite à un déversement

Comme précisé précédemment, les HV\* et les GA\* ne présentent pas de toxicité aigüe vis-à-vis de l'Homme et elles n'entraînent pas de mortalité des organismes aquatiques lors de tests en écotoxicité réalisés au laboratoire.

Cependant, un déversement accidentel de ces produits dans l'environnement aquatique va avoir plusieurs types d'impacts environnementaux. Ces derniers sont directement liés au volume et à la nature chimique du produit déversé, et surtout, aux conditions environnementales dominantes au moment de l'accident (*i.e.* configuration de l'environnement, agitation du plan d'eau, température de l'eau, salinité...). Ces impacts peuvent être regroupés en deux catégories :

- physiques qui consistent en l'étouffement des organismes (colmatage des voies respiratoires, ingestion d'agrégats, création de conditions environnementales anoxiques). Ces effets interviennent immédiatement après le déversement.
- toxiques liés à l'apparition d'intermédiaires de dégradation des HV\* et GA\*, comme des aldéhydes, des cétones, des esters, des acides...

## Dans l'environnement marin

### Impacts potentiels sur l'avifaune

En regard des déversements accidentels documentés, les HV\* semblent affecter en premier lieu les oiseaux marins via plusieurs modes de contamination et d'effets en cascade.

En premier lieu, les oiseaux vont être attirés par une nappe d'HV\* qui s'étale à la surface de l'eau et ils vont facilement s'y engluer. Les HV\* ont la particularité de réduire, voire annihiler, l'imperméabilité du plumage des oiseaux qui se retrouvent alors en hypothermie. Ils vont consommer leurs réserves énergétiques, s'affaiblir et devenir plus vulnérable aux prédateurs et moins résistants aux conditions météo océaniques difficiles.

Ils peuvent également s'intoxiquer en avalant d'importantes quantités d'HV\* en essayant de rétablir l'intégrité de leur plumage. Cette ingestion peut entraîner des lésions intestinales responsables de diarrhée qui aboutira à la déshydratation et à l'affaiblissement général de l'individu.

### Impacts potentiels sur le pelagos et le benthos

Un déversement important d'HV\* qui s'étale à la surface de l'eau ne permet plus les échanges gazeux à l'interface atmosphère/eau, provoquant une déplétion de la concentration en oxygène dissous dans la colonne d'eau et l'asphyxie des organismes pélagiques.

Cela a notamment été observé lors du naufrage du M.V. Kimya (1991) qui a libéré sa cargaison d'huile de tournesol sur les fonds marins. Une mortalité importante de moules a été observée au niveau des trous d'eau intertidaux situés à proximité de l'épave.

De plus, la sédimentation d'agrégats d'HV\* peut engendrer une anoxique du sédiment et par conséquence la mort du benthos.

### **Impacts potentiels sur la flore**

L'apport de quantités importantes d'HV\* et de GA\* en milieu marin peut participer à des changements au sein des communautés algales. En apportant de la matière organique fertilisante et en éliminant les algues compétitrices des algues vertes, les huiles végétales favorisent la croissance des espèces telles que *Ulva* spp, au détriment d'autres espèces, bouleversant l'équilibre de la biocénose algale. Ces changements sont toutefois réversibles.

### **Dans les milieux dulçaquicoles**

La qualité de l'eau est l'un des facteurs les plus déterminants pour le maintien de l'intégrité et du bon état écologique d'un environnement dulçaquicole. C'est en fonction de cet indicateur et de ses caractéristiques que la distribution des organismes aquatiques s'opère. Un déversement d'huile végétale peut altérer, de manière transitoire ou non, la qualité de l'eau d'un milieu ce qui peut avoir pour conséquences la modification des assemblages de macro invertébrés : les espèces les plus sensibles seront davantage impactées par ces changements que les espèces plus tolérantes. Les macro invertébrés étant une composante primordiale de la chaîne trophique des milieux aquatiques, une diminution de leur biomasse et de leur diversité spécifique peut avoir des répercussions sur les niveaux trophiques supérieurs (poissons, oiseaux, mammifères, etc.). Ces déséquilibres fonctionnels sont néanmoins réversibles, dans la majorité des cas et la résilience des communautés aquatiques sera fonction du volume d'HV\* et de GA\* déversé et de la capacité des micro-organismes présents dans le milieu à les dégrader.

# Impacts potentiels sur les ressources économiques

Outre les nuisances environnementales que présente un déversement accidentel d'HV\* ou de GA\*, celui-ci peut également avoir des répercussions économiques non négligeables.

## Impacts potentiels sur l'aquaculture

Le déversement intervenant à proximité de sites d'exploitation aquacole (pisciculture, conchyliculture) pourra avoir des effets létaux sur les animaux. Un parc de moules a été ainsi qualifié impropre à la vente suite à l'arrivage d'une nappe d'HV\* à la dérive.

Les HV\* peuvent aussi entraîner des effets sublétaux comme une diminution de la croissance des individus ce qui va se traduire par une baisse du rendement de l'exploitation affectée.

## Impacts potentiels sur la pêche

À l'instar des activités d'aquaculture, la qualité des pêcheries réalisées à proximité d'une zone atteinte par un déversement d'HV\* peut être détériorée. Une altération du goût de la chair des poissons a déjà été observée au niveau d'une pisciculture impactée par une nappe d'HV\*.

Cependant, *in natura*, les poissons pélagiques ne constituent pas une ressource exposée du fait de leur capacité à détecter une zone contaminée et, donc, à s'en éloigner. En cas d'HV\* pouvant

sédimer dans la colonne d'eau, les poissons benthiques deviennent une ressource potentiellement exposée.

## Impacts potentiels sur l'activité touristique

Les odeurs nauséabondes liées au vieillissement des HV\* et GA\*, l'engluement de coques de bateaux de plaisance ou encore l'interdiction des activités de baignade dans les zones impactées sont parmi les désagréments que peut subir l'activité humaine en réponse à un déversement accidentel. La fermeture des plages en raison de ce type d'arrivages est probable.



Figure 10 : Arrivage d'huile végétale sur une plage de Plougastel-Daoulas, Finistère, 2023

# Résultats des scénarios d'accidents

- Rappel des propriétés \_\_\_\_\_ C1
- Les scénarios d'accidents \_\_\_\_\_ C2
  - Scénario 1 : Déversements en conditions hivernales/agitées \_\_\_\_\_ C2.1
  - Scénario 2 : Déversement en conditions estivales/calmes \_\_\_\_\_ C2.2

## Rappel des propriétés

Les HV et les GA correspondent à un mélange complexe de molécules issues soit du traitement de plantes oléagineuses, soit de carcasses d'animaux. Cependant, elles ont pour point commun d'être des produits liquides visqueux qui vont former une nappe à la surface de l'eau, pas ou très peu solubles et très faiblement évaporant.

Sur du court terme, ces nappes vont persister laissant ainsi aux opérationnels en charge de la lutte, le temps nécessaire au déploiement de moyens d'intervention.

À plus long terme (quelques jours), la nappe va évoluer selon des processus complexes comme l'émulsification, la polymérisation\*, la photo-oxydation\*... pour donner des agrégats plus ou moins solides qui vont pouvoir sédimenter dans la colonne d'eau. Ces processus vont avoir pour conséquence l'échouage sur le littoral d'une pollution constituée de boulettes d'huile ou de graisse pouvant être ramassées manuellement.

En termes de devenir ultime, ces boulettes exclusivement constituées de matière organique vont être dégradées par les micro-organismes (bactéries et champignons) naturellement présents dans l'environnement, produisant ainsi de la matière organique et du CO<sub>2</sub>. En cas de sédimentation de la colonne d'eau, le risque de production d'H<sub>2</sub>S ne peut pas être écarté.

## Les scénarios d'accidents

L'ampleur d'un déversement accidentel est dépendant du volume déversé, de la nature de la cargaison déversée et des conditions météo-océaniques du moment, rappelant ainsi que chaque accident est unique.

En travaillant sur des scénarios d'accidents réalistes, l'outil de modélisation fournit une image précise du devenir du produit déversé, ce qui permet d'anticiper de futures opérations de lutte et d'éventuelles conséquences environnementales.

Deux huiles végétales aux propriétés physiques éloignées, notamment en termes de point d'écoulement, à savoir 22 °C pour l'huile de palme et -15 °C pour l'huile de soja, sont choisies et un accident en Manche est simulé à l'aide du logiciel CHEMMAP de la société RPS ASA. Le point de déversement a pour coordonnées GPS :

- Longitude (deg., min.) : 4 53.5357 (W) = 4.89226 (W)
- Latitude (deg., min.) : 49 7.5014 (N) = 49.12502 (N)

C2

Pour chaque huile végétale, deux simulations sont réalisées : l'une modélise le devenir de l'HV\* déversée lors d'un accident survenant en hiver (scénario 1) et la seconde permet de décrire le comportement de l'HV\* lors d'un déversement intervenant en période estivale (scénario 2). Les principales entrées des modélisations sont présentées dans le Tableau 7.

	Paramètres	Caractéristiques de la simulation
	Quantité déversée	3 000 tonnes
	Durée du déversement	4 heures
	Durée de la simulation	48 heures
	Salinité	32 ppt*
<b>Scénario 1</b>	Température de la mer en surface	15 °C
	Vent constant	20 nœuds, direction 310 °
	Courant constant	0,4 nœud, direction 200 °
<b>Scénario 2</b>	Température de la mer en surface	20 °C
	Vent constant	2 nœuds, direction 310 °
	Courant constant	0,1 nœud, direction 200 °

Tableau 7 : Principales caractéristiques des scénarios des déversements d'HV\* modélisés à l'aide de l'outil CHEMMAP

## C2.1 - Scénario 1 : Déversements en conditions hivernales/agitées

En conditions agitées, l'huile de palme va dans un premier temps se retrouver à la surface et former une nappe. À la fin du déversement (4 heures), 40 % de la quantité d'huile végétale se trouve à la surface, les 60% restants étant dispersés dans la colonne d'eau sous la forme de gouttelettes en suspension. Environ 7 heures après le déversement, la totalité de l'huile de palme se trouve dans la colonne d'eau sous forme d'agrégats solides en suspension (Figure 13).

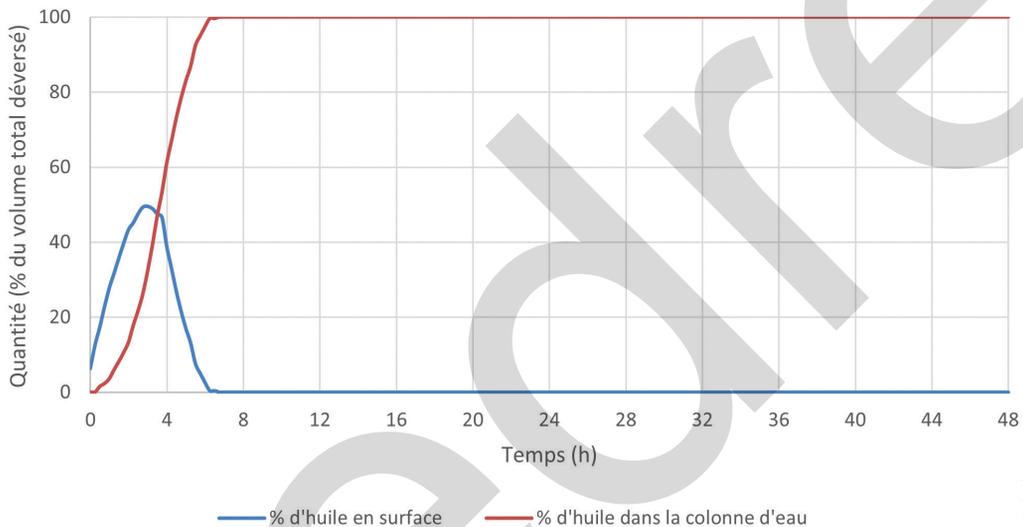


Figure 13 : Bilan de matière du scénario « Déversement d'huile de palme en conditions hivernales »

Les agrégats d'huile de palme solides dérivent, sous l'influence des courants, dans les 70 premiers mètres sous la surface (Section view, Figure 14). La superficie de la zone impactée par ce scénario est d'environ 145 km<sup>2</sup>. Approximativement 48 heures après le début du déversement, la nappe forme une ellipse d'une longueur de 17 km sur une largeur de 11 km. En cas d'accalmie, c'est-à-dire diminution de l'agitation de surface, les agrégats solides peuvent refaire surface.

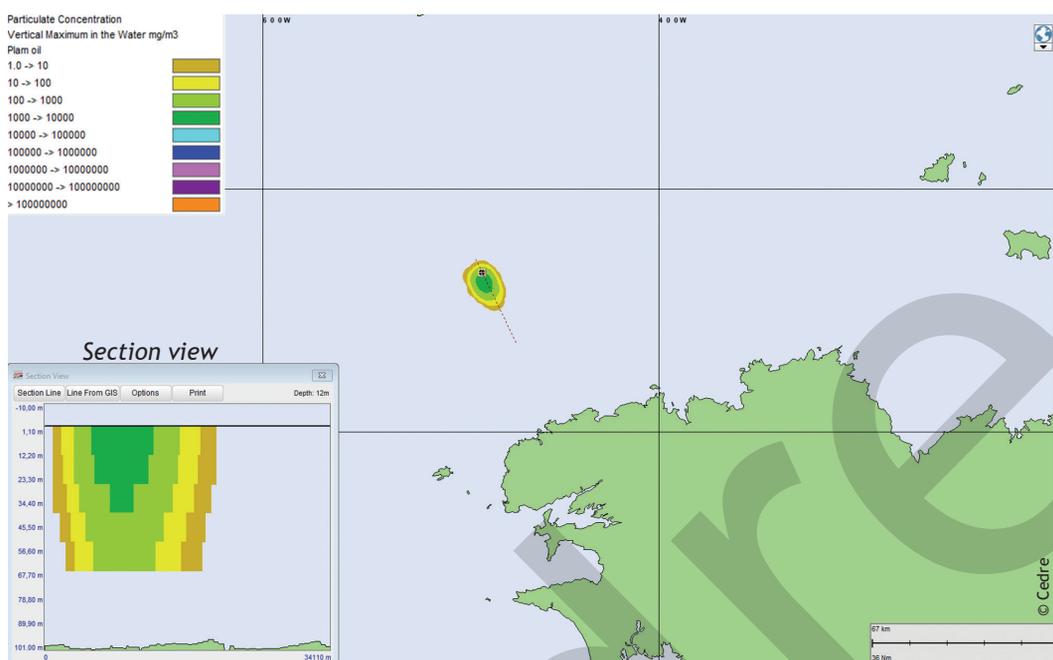


Figure 14 : Dérive de la nappe d'huile de palme 48 heures après le déversement en conditions agitées

C2.1

Pour l'huile de soja, une nappe est également observée en surface juste après le déversement. En fin de déversement la répartition est de 60 % en surface et 40 % dans la colonne d'eau. Après 8 heures de vieillissement en mer, la totalité de l'huile de soja se retrouve dans la colonne d'eau.

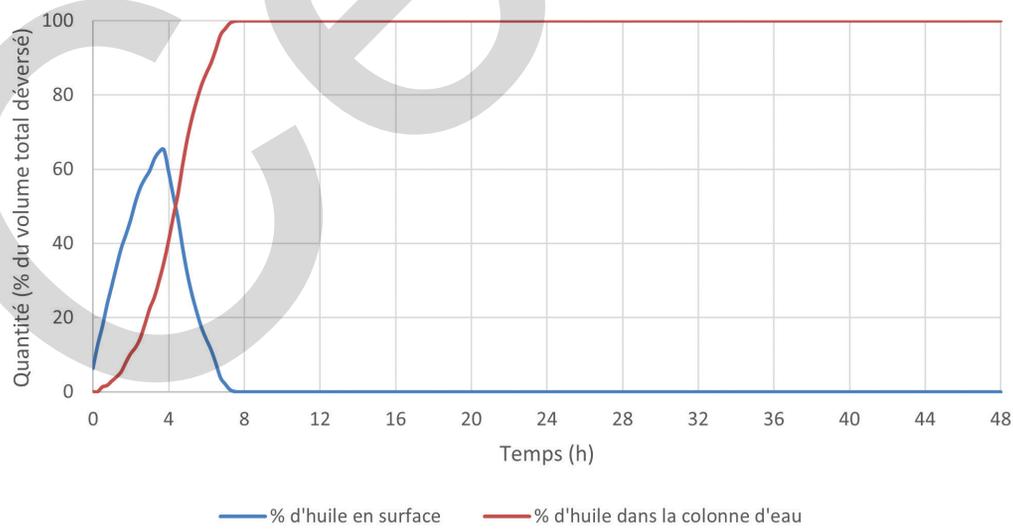


Figure 15 : Bilan de matière du scénario « Déversement en conditions hivernales/agitées d'huile de soja »

Le point d'écoulement de l'huile de soja est largement inférieur à 15°C et elle est insoluble dans l'eau. Ces deux caractéristiques indiquent que la quantité retrouvée dans la colonne d'eau se présentera sous forme de gouttelettes d'huile végétale liquide qui dériveront dans les 50 premiers mètres sous la surface de l'eau. Une accalmie des conditions météorologiques peut entraîner l'apparition d'une nappe à la surface de l'eau. La nappe située en subsurface a une dimension supérieure à celle d'huile de palme. Après 48 heures en mer, la nappe atteint une longueur de 18 km et une largeur maximale de 12 km ce qui correspond à une zone impactée d'environ 170 km<sup>2</sup> (Figure 16).

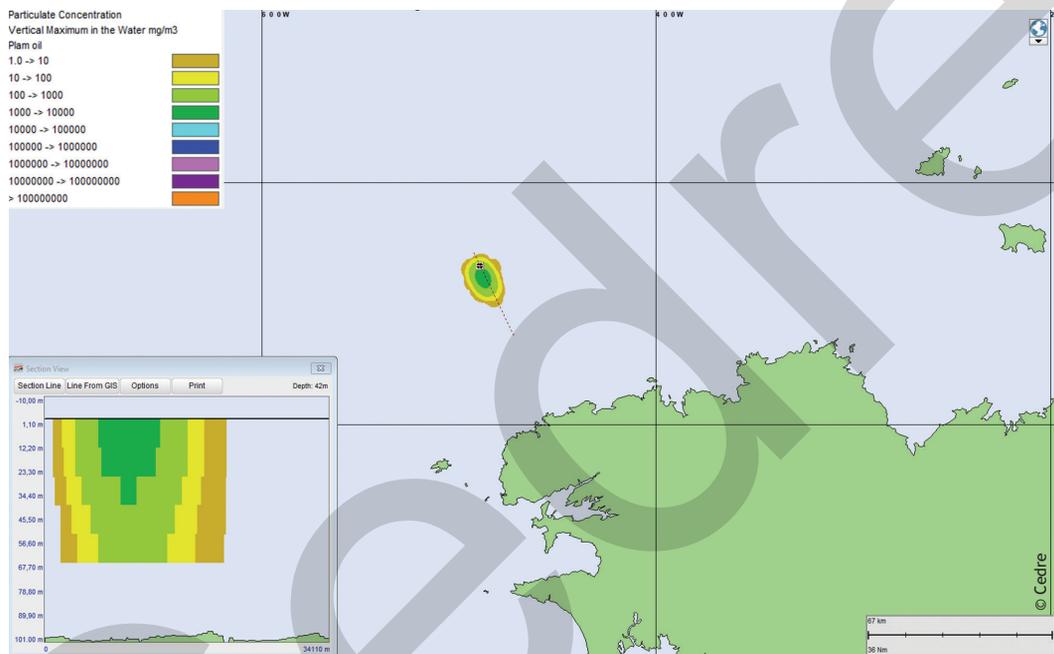


Figure 16 : Dérive de la nappe d'huile de soja 48 heures après le déversement en conditions agitées

## C2.2 - Scénario 2 : Déversement en conditions estivales/calmes

En conditions plus calmes (très peu de vent et de courant), le comportement des huiles végétales diffère nettement. En effet, il n'y a pas de dispersion des huiles dans la colonne d'eau. La totalité du produit reste en surface et dérive sous l'influence des courants et du vent (Figure 17).

Dans une eau à 20°C, l'huile de palme est proche de son point d'écoulement et la nappe pourra être constituée d'un mélange de produit liquide et d'amas solides, et ceci, sera d'autant plus vrai que l'ensoleillement sera important. Cependant, l'intégralité du volume déversé restera en surface pour former une nappe qui se fractionnera lentement sous l'influence des courants.

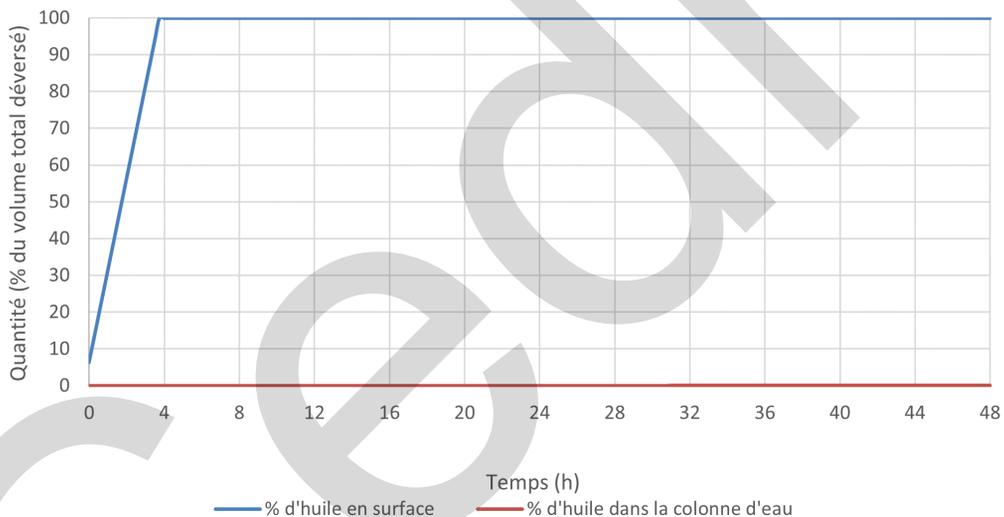


Figure 17 : Bilan de matière du scénario « Déversement en conditions estivales/calmes d'huile de palme.

Dans ces conditions, l'étalement de la nappe d'huile de palme sera très limité. En effet, après 48 heures de dérive en mer, la surface impactée représente 18 km<sup>2</sup> et la nappe prend la forme d'un cercle (Figure 18).

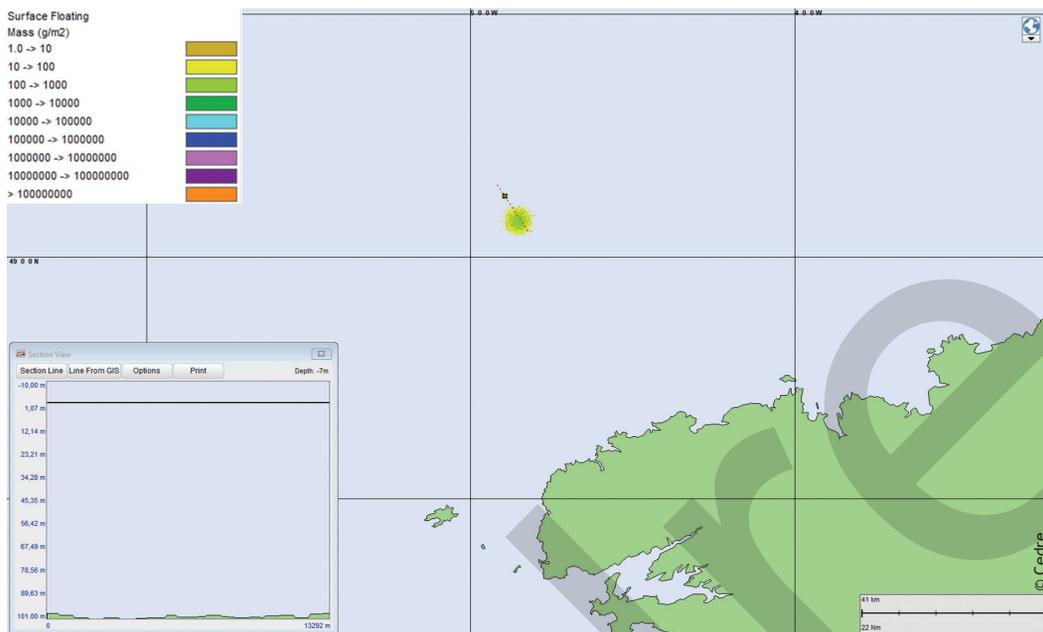


Figure 18 : Dérive de la nappe d'huile de palme 48 heures après le déversement en conditions calmes

Le comportement de l'huile de soja est très similaire à celui de l'huile de palme. Dans ce cas-ci, le point d'écoulement étant largement inférieur à 20 °C, la nappe restera liquide (Figure 19).

C2.2

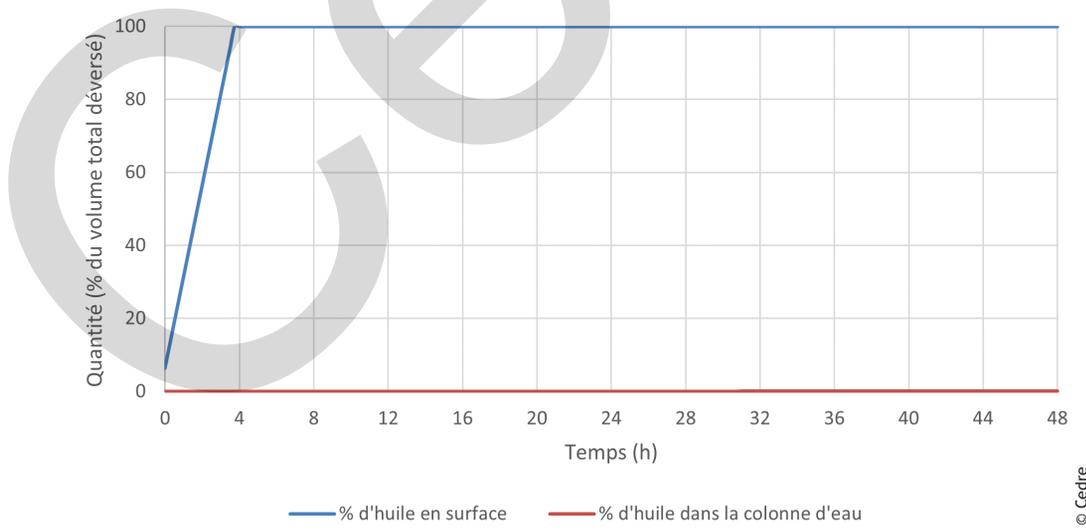


Figure 19 : Bilan de matière du scénario « Déversement en conditions estivales / calmes d'huile de soja »

L'étalement, est, comme dans le cas de l'huile de palme, nettement inférieur à celui observé en conditions de mer agitées (Figure 20). La surface impactée est d'environ 18 km<sup>2</sup>.

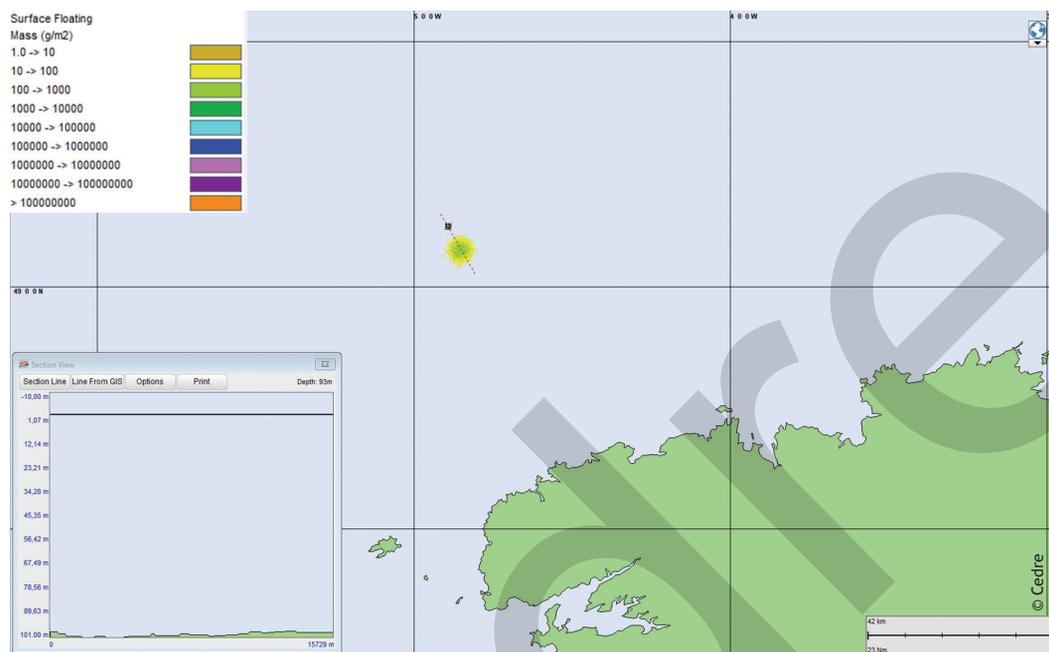


Figure 20 : Dérive de la nappe d'huile de soja 48 heures après le déversement en conditions calmes

C2.2

# Lutte contre les déversements

- Exemples de déversements accidentels \_\_\_\_\_ D1
  - LindenBank – 1973 – 10 000 tonnes d'huile de palme et de coco \_\_\_\_\_ D1.1
  - Kimya – 1991 – 1500 tonnes d'huile de tournesol \_\_\_\_\_ D1.2
  - Allegra – 1997 – 900 tonnes d'huile de palmiste \_\_\_\_\_ D1.3
  - Petits arrivages d'huile de palme sur la façade atlantique, octobre 2019 \_\_\_\_\_ D1.4
- Recommandations relatives à l'intervention \_\_\_\_\_ D2
- Techniques de lutte \_\_\_\_\_ D3
  - Observation aérienne \_\_\_\_\_ D3.1
  - Suivi des nappes à la dérive \_\_\_\_\_ D3.2
  - Techniques de confinement et de récupération des HV et GA \_\_\_\_\_ D3.3
  - Chalutage d'une huile \_\_\_\_\_ D3.4
  - Récupération du polluant à terre et élimination \_\_\_\_\_ D3.5
- Choix des Équipements de Protection Individuelle (EPI) \_\_\_\_\_ D4
- Tableau de résistance des matériaux \_\_\_\_\_ D5

# Exemples de déversements accidentels

## D1.1 - *LindenBank* – 1973 – 10 000 tonnes d'huile de palme et de coco

Dans la nuit du 17 Août 1975, le cargo *Lindenbank* s'échoue sur le récif corallien de l'Île Fanning (République des Kiribati), située à 1 500 km au sud d'Hawaï.

Les différentes tentatives de déséchouement du navire sont sans succès. Il est décidé d'alléger le *Lindenbank* en jetant par-dessus bord la plupart de la cargaison : 18 000 tonnes de coprah, de fèves de cacao, d'huile de palme, d'huile de coco et de canne à sucre. Le carburant est également pompé des soutes puis acheminé à Honolulu. Cette opération d'allègement se révèle cependant inefficace. Un mois après l'accident, une tempête s'abat sur l'Île Fanning. La force des vagues pousse le navire encore un peu plus vers la plage, ce qui rend son sauvetage définitivement impossible. La carcasse du *Lindenbank* est alors abandonnée.

Bien que les substances rejetées en mer ne soient pas toxiques, leurs effets se révèlent proches de ceux observés lors de pollutions par des produits pétroliers. Beaucoup de poissons, de crustacés et de mollusques meurent, probablement d'asphyxie et d'encombrement du tractus digestif. Par ailleurs, une prolifération d'algues vertes est observée. Celle-ci serait due à la libération d'éléments fertilisants : du phosphore et de l'azote provenant du copra et des fèves de cacao ainsi que des traces de métaux issus de la dégradation de l'épave. Onze mois seront nécessaires à la population d'algues coralliennes pour retrouver son état initial (Russel and Carlson, 1978 ; [www.cedre.fr](http://www.cedre.fr)).

## D1.2 - *Kimya* – 1991 – 1500 tonnes d'huile de tournesol

Le 6 janvier 1991, le *Kimya* se trouve en mer d'Irlande en plein orage. Il s'échoue au large du sud de l'île d'Anglesey (Pays de Galles). 10 membres de l'équipage perdent la vie au cours de l'accident. Il n'y a que deux survivants. Ils sont hélitreuillés par les équipes de secours. Une fuite est remarquée à bord du navire, celui-ci transportant de l'huile de tournesol, la possibilité d'une pollution n'est pas envisagée. Les 1 500 tonnes formant l'ensemble de la cargaison du *Kimya* se déversent en l'espace de 6 à 9 mois.

Suite à l'accident, la coque du *Kimya* se retourne et dérive jusqu'au rivage. En février, l'épave est renflouée et ancrée.

À l'automne 1991, la population locale remarque des arrivages étranges « comme du chewing-gum » sur les plages ainsi qu'une forte mortalité chez les moules. Des études scientifiques permettent d'établir que les molécules d'huile de tournesol se sont polymérisées sous l'action des vagues. Une fois sur les plages, l'huile et le sable forment un agrégat imperméable qui emprisonne les espèces du littoral. La biodiversité s'en trouve fortement perturbée. Les moules meurent par suffocation après deux semaines de contact avec l'huile de tournesol. Des tests en laboratoires démontrent en outre qu'au contact de l'huile l'intérieur des coquilles perd sa nacre et que l'extérieur devient crayeux.

Six ans plus tard on trouvait toujours sur les plages des agrégats d'huile à l'apparence de béton (Hooke, 1997 ; [www.cedre.fr](http://www.cedre.fr)).

## D1.3 - *Allegra* – 1997 – 900 tonnes d'huile de palmiste

Le 1<sup>er</sup> octobre 1997, en Manche, au large de Guernesey, le navire-citerne libérien *Allegra* a déversé 900 T d'huile de palmiste à la suite d'une collision. L'huile s'est rapidement solidifiée, formant une nappe de 800 m sur 400 m, qui s'est étirée jusqu'à 20 km de long et 4 km de large. Puis, sous l'effet de l'agitation de surface, cette nappe s'est fragmentée en plusieurs nappes qui ont dérivé pour atteindre les côtes des îles anglo-normandes et du Cotentin, où elles se sont déposées en laisse de haute mer. L'huile se présentait sous forme d'agrégats de 5 à 50 cm de diamètre, intérieurement jaunâtres et d'aspect spongieux, recouvertes d'une croûte blanchâtre.

En termes d'opération de lutte en mer, la télédétection a été utilisée pour suivre les dérives des nappes. Pour se faire, des capteurs de type SLAR\* (*Side Looking Airborne Radar*) ainsi que des caméras UV et IR embarqués à bord de l'avion « Polmar I » des Douanes françaises et de l'avion du *Marine Pollution Control Unit* britannique ont été utilisés. Ces moyens ont permis de localiser les nappes dans les deux jours suivant le déversement. En complément, de la modélisation a également été utilisée pour le suivi des nappes et leur localisation mais sans réel succès car, à l'époque, les logiciels n'étaient pas conçus pour prévoir la dérive d'objets solides flottants. Un décalage important existait entre résultat de la dérive et résultat des observations aériennes.

Du fait de l'état physique des nappes à la dérive, leur confinement puis pompage n'a pas été possible. À la place, des tentatives de chalutage depuis des navires de pêche ont été entreprises mais sans véritable succès. Les filets n'étaient pas adaptés à ce type de travail notamment du fait de mailles trop larges. Depuis l'accident du *Prestige* (2002), des progrès ont été réalisés sur ce type de matériel de lutte.

Les opérations de lutte à terre ont essentiellement consisté en un ramassage manuel des boulettes d'huile échouées (Figure 21). Puis les déchets ont été éliminés selon la procédure de traitement des ordures ménagères classiques. Bien que cette pollution n'ait pas eu d'impact négatif persistant sur le littoral, on peut facilement imaginer les inconvénients que produirait l'arrivée massive d'amas d'huile végétale sur des plages touristiques en été.



Figure 21 : Accumulation d'huile de palmiste dans une crique de la côte de Guernesey, Accident de l'Allegra, 1997

Un bilan massif réalisé entre la quantité d'huile déversée et la quantité totale d'huile ramassée sur le littoral montre une différence de 800 T, c'est-à-dire que ce volume a été absorbé par l'environnement. Une hypothèse consiste en une sédimentation dans la colonne d'eau des boulettes d'huile végétale lors de leurs processus de vieillissement en mer. Pour la valider, le Cedre a procédé à des tests en laboratoire à l'aide de son Polludrome®. Les résultats montrent qu'effectivement une dispersion des boulettes d'huile dans la colonne d'eau sous l'effet de l'agitation de surface est tout à fait envisageable. L'huile de palmiste a donc certainement sédimenté ce qui laisse présager d'un impact sur le benthos, probablement limité du fait des processus de dilution dus aux courants marins. Il est également à souligner que cet accident est intervenu en hiver et que l'impact environnemental aurait certainement été autre si le déversement était intervenu en été. En effet, l'huile serait restée liquide impactant de facto l'avifaune et les organismes filtreurs du littoral (moules, huîtres...) à l'image de ce qui a été observé lors d'autres accidents (Percy-FitzPatrick *Institute of African Ornithology*, 1974 ; Smith and Herunter, 1989).

## D1.4 - Petits arrivages d'huile de palme sur la façade atlantique, octobre 2019

Les arrivages à la côte d'HV\* et de GA\* n'ont pas uniquement pour cause un déversement accidentel. La majorité d'entre eux est le fait d'opérations de nettoyage de cuve en pleine mer avec un rejet direct dans l'environnement des eaux de lavage.

En 2019 le Cedre a été sollicité à plusieurs reprises pour intervenir sur des arrivages d'HV\* le long de la façade Atlantique française. À cette occasion, une fiche de renseignement type a été créée afin de décrire et d'archiver au mieux ces événements.

Un exemple de fiche est donné en Annexe 1, il concerne des arrivages d'huile de palme sur la commune de l'île d'Yeu, département de la Vendée.

## Recommandations relatives à l'intervention

Toute action de lutte doit être précédée d'une réflexion approfondie pour sécuriser la zone et ainsi protéger les personnes (intervenant et tiers). Ce point est d'autant plus important que les HV et les GA peuvent former des nappes au contour difficilement discernable. Les paragraphes suivants rappellent les éléments de base de cette réflexion qu'il convient de poursuivre tout au long des opérations.

A l'instar de tous les produits flottants et persistants, la priorité numéro un doit être donnée à leur récupération sur le plan d'eau. La récupération des HV et des GA constitue la seule technique efficace permettant de supprimer (ou de limiter) les impacts sur l'environnement et les atteintes à l'agrément des sites. L'utilisation de barrages de haute mer est indispensable pour confiner les nappes, suivant des techniques éprouvées lors des pollutions par hydrocarbures (remorquage en bœuf avec une configuration en "U" ou en "J"). Les huiles à l'état liquide ou en début de solidification seront récupérées sans problème à l'aide d'un récupérateur à seuil jusqu'à un état de mer 3.

Pour les produits ayant la capacité à se solidifier, comme l'huile de palme, l'utilisation de filet ou de chalut sera préconisée.

Une fois la nappe arrivée à terre, il s'agira de ramasser manuellement les volumes échoués et de les éliminer selon la filière la plus adaptée.

A titre indicatif, la dispersion chimique des nappes d'HV et de GA n'est pas recommandée par manque d'informations. Des essais en laboratoire et en pleine mer permettraient de mieux appréhender le potentiel de cette technique de lutte vis-à-vis de ces produits.

# Techniques de lutte

## D3.1 - Observation aérienne

### Détection satellitaire

Les satellites équipés d'un radar (SAR : *Synthetic Aperture Radar*), constituent un moyen efficace pour détecter les nappes d'HV à la dérive, sous réserve d'un état de mer inférieur à 6 selon l'échelle de Douglas et l'absence de nuage.

Bien que l'identification et la quantification ne soit pas envisageable à l'aide du radar, la localisation d'une nappe et sa surface peuvent être obtenues, ce qui apporte un premier niveau d'information avant d'envisager un survol aérien. Grâce à ce type de détection, le service CleanSeaNet\* de l'AESM\* a déjà permis de notifier dans un cadre opérationnel la présence d'une substance qui s'est révélée être de l'huile de palme. L'événement est intervenu au large des côtes portugaises le 2 janvier 2017 et il a nécessité des opérations de ramassage manuel de boulettes d'huile échouées pilotées par l'Agence Environnementale Portugaise (*European Maritime Safety Agency*, 2019).

De plus, lors de l'expérimentation C-NEST, organisée en 2023 par le Cedre avec le soutien de la Marine nationale, une nappe d'huile de palme a pu être suivie sur deux jours à l'aide des satellites Sentinel 1A, Pleiades1A et TerraSARX (Figure 22).

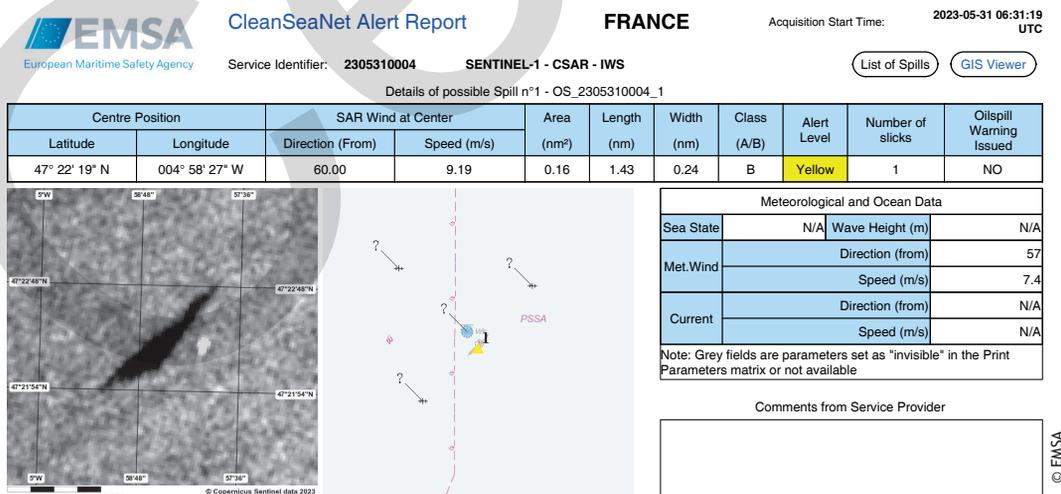


Figure 22 : Extrait du rapport CleanSeaNet\* montrant la nappe d'huile de palme lors de l'essai en mer C-NEST

## Détection par avion

### Détection par moyens aéroportés

La plupart des aéronefs de surveillance aéro-maritime sont dotés de moyens de prises de vues photographiques et vidéo dans le spectre visible, de capteurs infra-rouge et ultra-violet ainsi que d'un radar à visée latérale (SLAR\*).

Les campagnes d'essais réalisées en mer ont montré que les HV\* étaient détectables à l'aide des capteurs Infra-Rouge et Ultra-Violet/Visible (Figure 24). De plus, ces huiles en s'étalant, créent des nappes pouvant atténuer les vagues de capillarité et, de ce fait, deviennent détectables en SLAR\*.

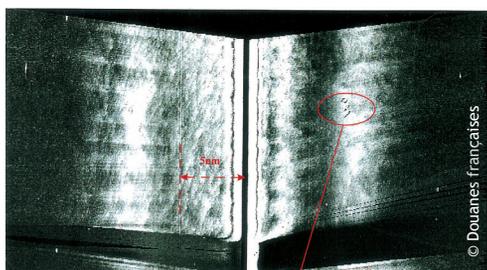


Figure 23 : Détection des 4 nappes lors de l'essai PALMOR I. De haut en bas : Huile de palme, fuel 50/50, huile de soja et huile de ricin

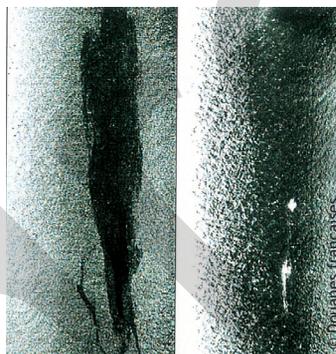


Figure 24 : Observations en IR et UV/visible de l'huile de palme lors de l'essai en mer PALMOR I. En IR, la nappe est uniforme et elle a des contours réguliers. En UV/Visible, la nappe est à peine visible mais l'image souligne l'émulsion de l'huile (zone blanche)

## Détection visuelle

Les GA\* et HV\* sont transportés sous forme liquide. Selon leur température de solidification, cela peut donc impliquer un transport à chaud de ces produits. Dans tous les cas, au moment de leur déversement, ces produits sont sous forme liquide et ils ont systématiquement tendance à générer des nappes au point du déversement.

### GA et HV solidifiés à température ambiante

Ces produits vont rapidement se solidifier et se fractionner pour former des agrégats flottants (Figure 10, Page 24). Sous l'effet des vents et courants, ces agrégats peuvent se rassembler progressivement et former des chapelets /traînées d'agrégats de tailles et de formes variables.

### GA et HV liquides à température ambiante

Concernant les produits liquides à température ambiante, des études menées au Cedre ont montré qu'elles peuvent générer des nappes dont l'apparence est visuellement comparable à celle des couches fines d'hydrocarbures, autrement dit aux codes 1 et 2 de l'Accord de Bonn ([www.bonnagreement.org/site/assets/files/1081/special\\_on\\_volume\\_calculation\\_20160607.docx](http://www.bonnagreement.org/site/assets/files/1081/special_on_volume_calculation_20160607.docx)). Ce code est issu d'une démarche scientifique développée sur des hydrocarbures et visant à déterminer les quantités de produits déversés à l'aide

de constations visuelles. En fonction de l'apparence visuelle de la nappe d'hydrocarbures, il est possible de caractériser les fines épaisseurs, et ainsi, évaluer l'ampleur du déversement d'hydrocarbures (Tableau 8). Concernant les HV\* liquides à température ambiante, les différents essais réalisés par le Cedre ont montré que les nappes pouvaient apparaître soit sous forme de reflet (code 1) au point du déversement, soit sous forme de couleur arc-en-ciel (code 2) en périphérie de la nappe. Au gré de l'étalement de la nappe, ce code 2 a néanmoins tendance à se désagréger rapidement (Figure 24bis). Ce phénomène peut être considéré comme un élément visuel de différenciation entre un déversement d'HV\* et d'hydrocarbures.

Code d'apparence	Épaisseur de la nappe ( $\mu\text{m}$ )	Quantités estimées (L / $\text{km}^2$ )
Code 1 Reflet (gris argenté)	0,04 - 0,3	40 - 300
Code 2 Arc-en-ciel	0,3 - 5	300 - 5 000
Code 3 Métallique	5 - 50	5 000 - 50 000
Code 4 Vraie couleur discontinue	50 - 200	50 000 - 200 000
Code 5 Vraie couleur continue	> 200	> 200 000

Tableau 8 : Code d'apparence de l'Accord de Bonn appliqué à l'observation de nappes d'hydrocarbures.

Au moment de la rédaction de ce guide, l'utilisation possible de ce code pour l'évaluation des quantités de produits autres que les hydrocarbures n'a pas été démontrée.

Rappel sur les spécificités des codes 1 et 2 du code d'apparence de l'Accord de Bonn :

#### Code 1 – Reflet (< 0,3 $\mu\text{m}$ )

Les couches très minces d'hydrocarbures réfléchissent la lumière entrante légèrement mieux que l'eau environnante et peuvent donc être observées comme reflets argentés ou gris. Toutes les huiles dans ces couches minces peuvent être observées en raison de cet effet sans lien avec la couleur de la substance elle-même. Au-dessous d'approximativement 0,04  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, les films sont invisibles. Cependant, même des films plus épais peuvent ne pas être vus dans de mauvaises conditions d'observation. C'est ce qui se produit au-delà d'une certaine hauteur ou angle de vue, les films observés peuvent disparaître de la vue.

#### Code 2 – Arc-en-ciel (0,3 – 5 $\mu\text{m}$ )

L'apparence arc-en-ciel représente une gamme de couleurs jaune, rose, pourpre, vert, bleu, rouge, cuivre, orange. Ceci est provoqué par un effet d'optique indépendant du type d'huile à la surface de l'eau. Selon l'angle de vue et l'épaisseur de la couche, les couleurs distinguées seront diffuses ou très lumineuses.

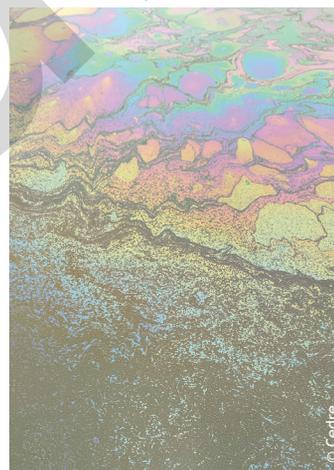


Figure 24bis : Désagrégation d'un code 2 observée en périphérie d'une nappe d'huile de soja.

Les films avec des épaisseurs proches de la longueur d'onde des différentes couleurs de la lumière ( $0,2 \mu\text{m}$  -  $1,5 \mu\text{m}$ ), à savoir pour le bleu ( $0,4 \mu\text{m}$ ), le rouge ( $0,7 \mu\text{m}$ ), montrent l'effet d'arc-en-ciel le plus distinct. Cet effet se produira jusqu'à une épaisseur de couche de  $5 \mu\text{m}$ . Les mauvaises conditions de lumière peuvent entraîner des couleurs d'aspect atténué. Une étendue d'hydrocarbures dans la zone de l'arc-en-ciel montrera des couleurs différentes de la nappe en fonction des angles de vue.

Ceedre

## D3.2 - Suivi des nappes à la dérive

### Évaluation de la dérive de surface

La dérive des HV\* et GA\* en surface (solides et liquides) obéit aux mêmes lois que celles régissant la dérive des hydrocarbures flottants :

- **sous l'influence des vents :**
  - 3 % de la vitesse moyenne des vents ;
  - dans la direction où souffle les vents ;
- **sous l'influence des courants :**
  - 100 % de la vitesse du courant ;
  - vers où porte le courant.

Une construction vectorielle simple donne une bonne appréciation du module de vitesse et de la direction de la dérive immédiate.

Le Cedre met en œuvre le modèle de prévision de dérive MOTHY, par l'intermédiaire du Centre de Prévision Marine de Météo France à Toulouse, et il réalise ses propres modélisations à l'aide du logiciel CHEMMAP de la société RPS ASA.

La fiabilité des simulations de dérives des nappes se dégrade dans le temps. Au-delà de 3 jours, la fiabilité des prévisions météo-océaniques n'autorise pas une exploitation opérationnelle des simulations. Il est impératif de recalibrer le modèle par une observation aérienne des nappes (a minima 1 fois par jour) au cours de laquelle il conviendra de les cartographier, les géolocaliser, et décrire leur apparence, leur orientation et leurs dimensions.

#### Pour en savoir +

Se reporter au guide opérationnel du Cedre :

« L'observation aérienne  
des pollutions en mer »

### Marquage par bouée dérivante

En cas de pollution, le marquage des nappes à l'aide de bouées dérivantes représente un appui indéniable à la lutte notamment en facilitant leur localisation.

Les bouées dérivantes, grâce à leurs liaisons satellitaires, permettent de localiser rapidement et à distance les nappes à la dérive. De plus, une comparaison de la dérive des bouées aux résultats de la modélisation permet de mieux anticiper la trajectoire des nappes, et donc, leur future position, et ainsi, de pré-positionner au mieux les moyens de lutte.

Le Cedre, avec le soutien de la Marine nationale, a réalisé deux expérimentations en pleine mer (MANIFESTS 2022 et C.NEST 2023) visant à évaluer deux types de bouées pour le marquage de nappes d'HV\* à la dérive. Les bouées MARGET-II développées par CLS pour suivre une nappe d'hydrocarbure ont parfaitement répondu aux attentes (Figure 25, Tableau 9). Le Cedre a également développé des bouées, appelées bouées SPOT, avec pour objectif qu'elles soient peu coûteuses, robustes, simple de fabrication et d'utilisation (Figure 26, Tableau 10). Le protocole de fabrication des bouées SPOT est donné en Annexe 2. Par rapport aux bouées de CLS, elles donnent leur localisation à une fréquence plus élevée, mais elles présentent l'inconvénient d'avoir une autonomie sensiblement plus faible, uniquement une douzaine de jours contre les 130 jours des MARGET-II.

En termes de dérive, les résultats obtenus avec les deux types de bouées sont très proches, validant ainsi leur intérêt pour le marquage d'une nappe de produit flottant persistant (Figure 27).



Figure 25 : Bouée MARGET-II développée par CLS.

Dimensions	24 x 16 cm
Poids	~ 1.2 kg
Antennes	Argos, GPS, Bluetooth
Température	-20 à 55 °C
Humidité	IP68 (totale à poussière ; à plus d'1m de profondeur dans l'eau pendant 1h)
Batterie	3.6V / 52 Ah Lithium
Autonomie	130 à 600 jours suivant le paramétrage
Hauteur de largage	30 m
Intervalle de transmission	GPS : ~ 30 minutes

Tableau 9 : Principales caractéristiques des bouées MARGET-II



Figure 26 : Principaux éléments constitutifs des bouées SPOT (Récipient étanche, traceur GPS, lest)

Dimensions du traceur	H 6.83 x L 5.13 x E 2.14 cm
Dimension de la bouée	H 12cm ; Vol. : 750 mL ; øint. 7cm ; øext. 9.6cm
Poids du traceur	87.9 g
Poids de la bouée	~ 400 g
Antennes	GPS
Température	-30 à 60 °C
Étanchéité	IP67 (totale à la poussière ; jusqu'à 1m de profondeur dans l'eau pendant 30 min.)
Batterie	4 piles AAA
Autonomie	4 à 12 jours (selon la couverture nuageuse, avec mouvement continu et progression toutes les 5min.)
Intervalle de transmission	2.5, 5, 10, 30 ou 60 minutes

Tableau 10 : Principales caractéristiques des bouées SPOT

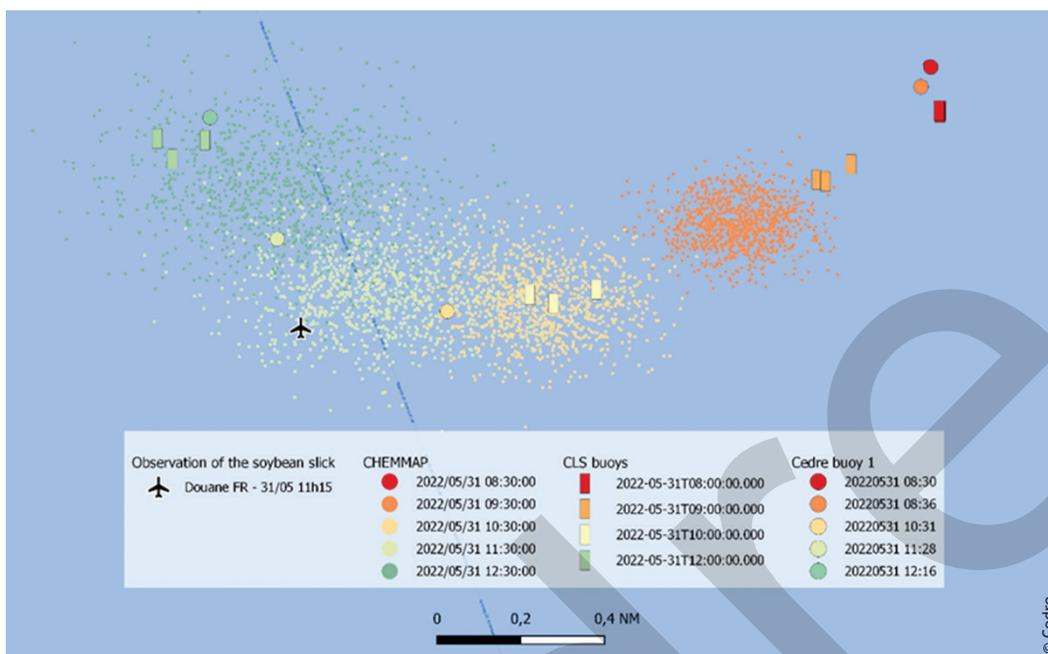


Figure 27 : Comparaison des dérives de deux types de bouées avec la modélisation de la dérive d'une nappe d'huile de soja

## D3.3 - Techniques de confinement et de récupération des HV et GA

### Confinement et récupération du polluant à la source

**Objectif :** contenir l'huile à proximité de la source d'un déversement (brèche dans la coque d'un navire accidenté par exemple) pour limiter l'étalement et la dispersion du polluant dans le milieu.

#### Moyens nécessaires

- Matériel antipollution :
  - Barrage rideau moyen ou lourd ;
  - écrémeurs + groupes de pompage.
- Support naval :
  - Une barge avec pousseur ou un petit pétrolier caboteur ;
  - Un remorqueur.
- Moyens annexes :
  - Cordages et chaînes ;
  - Ancres et bouées ou corps-morts et coffres ;
  - Flexibles et raccords ;
  - Aimants pour fixer les barrages sur la coque du navire.

#### Comment procéder ?

- Confiner totalement en encerclant le navire accidenté au moyen d'un barrage flottant de confinement, si l'on dispose d'une quantité suffisante de longueurs de barrages ;
- Confiner partiellement autour de la source de déversement (en utilisant au mieux vent et courant), si les longueurs de barrages disponibles sont insuffisantes.

#### Mise en œuvre

- Préparer et assembler les longueurs de barrages nécessaires aux opérations de confinement ;
- Mettre le barrage à l'eau à partir d'un bateau ou d'un ponton et le prendre en remorque, en ligne, au moyen du remorqueur ;
- Encercler partiellement ou totalement le navire accidenté ;
- Relier simultanément le barrage à ses points d'amarrage sur l'eau ;
- Placer le ou les récupérateurs.

#### Recommandations

- Prévenir les inversions de courant en réalisant un amarrage double (cas de l'utilisation d'ancres) ;
- Respecter les règles de positionnement des barrages face au courant ;
- Utiliser vent et courant (plutôt que de les subir) lors de la mise en place ;
- Réglementer le trafic en empêchant l'accès de la zone des opérations aux autres navires.

## Confinement de nappes en mer et récupération simultanée du polluant

**Objectif :** collecter les nappes dérivantes au moyen d'un barrage auquel est associé un dispositif permettant la récupération du polluant.

### Moyens nécessaires

- Matériel antipollution :
  - Barrage rideau moyen ou lourd ;
  - Écrémeur + groupe de pompage.
- Support naval :
  - Un ou deux navires pour tracter le barrage (pousseur, remorqueur ou supply) ;
  - Un navire ou barge chargé de stocker les produits récupérés (si les navires de traction n'ont pas de stockage propre).
- Support aérien (guidage)
  - Un hélicoptère ou avion léger.
- Moyens annexes :
  - Liaison radio ;
  - Cordages.

### Comment procéder ?

- Balayer la zone polluée en chalutant la nappe selon :
  - une configuration en U : le barrage est remorqué par deux navires, la récupération étant assurée par un troisième ;
  - une configuration en J : le barrage est remorqué par deux navires dont 1 assure la récupération et le stockage ;
  - un dispositif à navire unique : le barrage et le dispositif de récupération sont déployés à couple d'un seul navire, à l'aide d'un tangon écarteur ou d'un paravane.

### Mise en œuvre

- Mettre le barrage à l'eau, en mer, à proximité de la nappe.
- Laisser filer progressivement le barrage, le navire faisant route à vitesse réduite.
- Relier l'extrémité libre du barrage au second navire ou mettre en place le tangon écarteur ou le paravane (si navire seul).
- Assembler les flexibles du groupe de pompage, puis mettre le récupérateur à l'eau.
- Remorquer la nappe à vitesse réduite : 0,5 à 0,8 nœud (vitesse surface).

### Recommandations

- Guider le navire par moyen aérien ;
- Optimiser l'emploi des moyens de stockage en ne faisant fonctionner le récupérateur que lorsque suffisamment d'huile s'est accumulée ;

- Rejeter l'eau de décantation dans le barrage ;
- Surveiller le niveau dans les cuves de stockage et évaluer en permanence la proportion en huile du produit récupéré (ajuster le débit de la pompe et du récupérateur si nécessaire) ;
- Surveiller le sillage derrière le barrage en cas de fuite : ralentir la vitesse du convoi.
- Éviter de s'aventurer dans des zones peu profondes ou trop resserrées ;
- Éviter toute accélération ou virage brutal ;
- Pour augmenter la largeur balayée : placer devant le convoi un dispositif de confinement en entonnoir.



Figure 28 : Confinement d'huile de soja (2 m<sup>3</sup>) 300 m de barrage en U (expérimentation PALMOR II)

## D3.4 - Chalutage d'une huile

**Objectif :** collecter les nappes à l'état solide (agrégats).

### Moyens nécessaires

- Un chalut de surface ;
- Cul de chalut (prévoir culs de rechange) ;
- Support aérien (guidage) :
  - Un hélicoptère ou avion léger.
- Moyens annexes :
  - Liaison radio ;
  - Appareils (cordage) ;
  - Boîte polyéthylène ;
  - Rouleaux absorbants ;
  - Bidim.
- Support naval :
  - Deux navires (8-10 m/200 cv minimum) ;
  - Barge munie d'une cuve pour stocker la partie récupérée (cul de chalut).

### Comment procéder ?

Les navires de pêche sont particulièrement adaptés et habitués à travailler en bœuf. Le chalut est tracté par deux navires. Les deux ailes du chalut agissent comme des éléments concentrateurs qui permettent aux agrégats de se concentrer en fond de poche. Le dos du chalut est tenu hors de l'eau par deux tubes métalliques, les guindinots. Les remorques ou funes viennent se prendre sur deux poutrelles de bois (L = 1 m), situées au bout des ailes.

Chaque cul de chalut peut renfermer plusieurs m<sup>3</sup> de produit.

### Mise en œuvre

- Sur le bœuf (navire leader), amarrer l'aile qui sert au veau (second navire). Mailler l'autre aile sur la fune extérieure ;
- Mettre le chalut à l'eau en commençant par la poche. En arrivant aux bourrelets (bords d'attaque), bloquer le chalut et fixer les deux guindinots. Continuer à mettre à l'eau ;
- Le veau se rapproche, route parallèle au bœuf, lui envoie sa fune, maillée sur l'aile intérieure ;
- Le veau envoie son traversier sur son avant et l'aile du veau est libérée du bœuf.
- Chaque fois que l'on file 10 m de fune, écarter de 5-6 m le traversier ;
- Changement de fond : les chalutiers se rapprochent. Le veau reprend du traversier. Le bœuf vire sa fune jusqu'à ce que l'aile touche le tableau arrière (deux cercles à bord). Le bœuf embraque le hale à bord. La poche est saisie par l'erse et on relâche la tension pour désaccoupler les deux cercles. La poche étant libre, remettre une nouvelle et laisser filer le chalut ;

- Fixer un cordage muni d'un flotteur sur le fond pour la récupération. Retourner la poche en libérant l'erse et resserrer l'autre extrémité de l'enveloppe.

### **Recommandations**

- Les chaluts de surface conviennent pour les produits flottants solides, et les agrégats d'huile végétale solidifiée ;
- La vitesse de travail peut aller jusqu'à 4 nœuds, par mer inférieure à 4 ;
- Prévoir un dispositif de récupération (grue) et de stockage des culs de chalut. Les fonds pleins sont grutés par l'erse ou remorqués jusqu'à un port muni d'une cale.

Ceedre

## D3.5 - Récupération du polluant à terre et élimination

**Objectif :** nettoyer le littoral touché par la pollution et éliminer les déchets collectés dans cette opération.

### Intervention sur de l'huile végétale solide

#### Moyens nécessaires

- Équipements spécialisés dans le criblage (cribleuse, mini-cribleuse).
- Sacs plastiques et poubelles.

#### Comment procéder ?

En cas d'arrivage massif d'agglomérats sur des sites d'accès difficile (crique rocheuse, plage de galets) le ramassage manuel s'impose afin de réduire la dégradation et ainsi la production d'odeurs nauséabondes. Si les zones touchées sont des plages, le ramassage pourra se faire à l'aide de cribleuses.

### Intervention sur de l'huile végétale liquide

#### Moyens nécessaires

- Matériel antipollution
  - Barrage
  - Écrémeur + groupe de pompage
  - Jets d'eau froide basse pression
- moyens annexes :
  - rouleaux absorbants + barrage absorbant (boudins)
  - bidim

#### Comment procéder ?

- A marée haute, entourer la nappe à l'aide du barrage puis la pomper via l'écrémeur.
- A marée basse, la zone peut être nettoyée à l'aide de jets d'eau froide basse pression afin de réduire les processus d'émulsification. Après décantation des effluents, l'huile doit être pompée.

### Recommandations

Dans les deux cas, il est nécessaire de prévoir un site de stockage intermédiaire pour les déchets collectés (tant liquides que solides).

Le ramassage doit être sélectif.

L'utilisation de jets d'eau à basse pression nécessite l'établissement d'un chantier de nettoyage à l'identique de ceux mis en place en cas de pollution pétrolière.

## Élimination des déchets

L'élimination des macro-déchets collectés non souillés ou faiblement souillés se fera selon la filière traditionnelle d'élimination des ordures ménagères.

### Pour en savoir +

En ce qui concerne l'huile et le matériel fortement souillé, se reporter au guide opérationnel du Cedre :

« Gestion des matériaux pollués et polluants issus d'une marée noire »

### Techniques de ramassage

Tant que les échantillons ne fondent pas sous un soleil intense, la collecte est une opération techniquement simple nécessitant du petit matériel (seaux, et selon la taille et l'abondance des boulettes, piques ou pinces de ramassage, râteliers, pelles). L'emploi de la cribleuse ou d'un râtelier n'est à envisager que si les boulettes sont suffisamment dures, nombreuses et les linéaires conséquents.

On recherchera à être le plus sélectif possible (collecter le minimum de sable).

Dans certains cas, lorsque les dépôts au niveau de la laisse de mer sont abondants et mélangés à des algues, il peut être difficile d'être sélectif. Il est alors nécessaire d'évacuer des algues avec les boulettes d'huile végétale, ce qui produit des volumes pouvant être conséquents. Contrairement aux hydrocarbures, l'huile végétale figée n'engluie pas les algues et un tri supplémentaire peut-être réalisé, hors plage, si nécessaire.

### Protection des intervenants

Les agrégats d'huile végétale qui s'échouent sur les plages, ne se dissolvent pas dans l'eau et ne libèrent pas de fractions volatiles. Il convient de doter les intervenants d'équipements de protection individuelle adaptés à la nature des opérations comme pour toute collecte de déchets sur les plages (bottes, gants).

### Gestion des déchets

Transport et stockage ne présentent pas de contraintes particulières, sauf entreposage au soleil qui peut provoquer le ramollissement ou même la fonte du produit qui risque alors de couler.

En termes d'élimination, les huiles végétales peuvent être compostées ou traitées dans les filières d'incinération d'ordures ménagères.

### Recommandations d'accès aux littoraux pollués

Lors d'échouages d'huiles végétales sur le littoral, il est recommandé aux maires d'interdire l'accès aux plages le temps du nettoyage.

#### Pour l'élimination des déchets

Consulter :

- Localement les services de la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ou DEAL (Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) pour les départements d'Outre-mer

Plus spécifiquement :

- L'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie)  
Tél : 02 41 20 41 20 - [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)  
(Rubriques l'ADEME en régions/Nos délégations régionales)
- Le Cedre (Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux)  
Tél. : 02 98 33 10 10 - [www.cedre.fr](http://www.cedre.fr)  
[contact@cedre.fr](mailto:contact@cedre.fr)

# Choix des Équipements de Protection Individuelle (EPI)

## Sélection des vêtements de protection

- Porter des vêtements de protection couvrant, autant que possible, tout le corps.
- Protection faciale et oculaire : porter des lunettes de protection contre les produits chimiques (ne pas utiliser de lentilles de contact dans les zones de travail) ;
- Protection cutanée : porter des gants de protection contre les substances chimiques ;
- Bottes antidérapantes en cas de déversement.

## Protections respiratoires

Le port d'un équipement de protection\* respiratoire n'est pas recommandé. Une protection à l'aide d'un masque en papier peut suffire à se protéger en cas de formation d'aérosol\*. Dans des cas de déversement important où les odeurs peuvent incommoder les intervenants, un masque à cartouche peut être porté, équipé de cartouche de type A contre les gaz et les vapeurs organiques avec un point d'ébullition\* > 65 °C (code couleur : marron).

## Tableau de résistance des matériaux

Les matériaux constitutifs des équipements de protection et des matériels de lutte utilisés doivent être résistants aux HV\* et aux GA\*. La résistance de plusieurs plastomères et élastomères vis-à-vis de ces deux types de produit est donnée à titre indicatif (Tableau 11).

		Huile végétale	Graisse animale
Acrylonitrile butadiène styrène	ABS	-	-
Caoutchouc d'éthylène propylène-diène monomère	EPDM	D	B
Caoutchouc naturel	NR	D	D
Caoutchouc fluorocarboné	FKM - Viton	A	A
Caoutchouc nitrile	NBR	A	A
Caoutchouc perfluoré	FFKM	A	A
Caoutchouc polyester	Hytrel	A	A
Chlorure de polyvinyl	PVC	A	A
Chlorure de polyvinyl chloré	CPVC	A	A
Chlorure de polyvinylidène	PVDF	A	A
Polyamide	PA - Nylon	A	A
Polychloroprène	Néoprène	D	C
Polychlorotrifluoroéthylène	PCTFE- Kel-F	A	A
Polyépoxyde	Epoxy	-	-
Polyétheréthercétone	PEEK	A	-
Polyéthylène chlorosulfoné	CSPE - Hypalon	B	B
Polyéthylène conventionnel	LDPE	A	A
Polyéthylène haute densité	HDPE	A	A
Polyéthylène propylène fluoré	Tygon	D	D
Polyoxyméthylène	Acétal	A	A
Polyphénylène oxyde	PPO - Noryl	-	-
Polyphénylène sulfure	PPS - Ryton	-	-
Polytétrafluoroéthylène	PTFE - Teflon	A	A
Polyuréthane		A	C
Silicone		A	B

A	Très bon
B	Bon (effet mineur)
C	Assez bon, à utiliser après contrôle
D	Non compatible, utilisation proscrite
-	Compatibilité non connue

Tableau 11 : Compatibilités de différents plastomères et élastomères vis-à-vis des HV\* et GA\*

# Compléments d'information

- Glossaire ..... E1
- Sigles et acronymes ..... E2
- Adresses Internet utiles ..... E3
- Bibliographie ..... E4
- Annexes ..... E5

# Glossaire

Les sigles et abréviations marqués par \* dans le texte sont explicités ci-dessous.

## Aérosol

Ensemble de particules, solides ou liquides, en suspension dans un milieu gazeux.

## Densité relative

Quotient de la masse volumique d'une substance et de la masse volumique de l'eau pour une substance liquide, ou de l'air pour une substance gazeuse.

## Équipement de protection

Il s'agit de la protection respiratoire et de la protection physique de la personne. Des niveaux de protection comprenant à la fois les vêtements de protection et les appareils pour la protection respiratoire ont été définis et acceptés par les organismes d'intervention tels que la Garde-Côtière des États-Unis, le NIOSH et le U.S.-EPA.

- Niveau A : un APRA (Appareil de Protection Respiratoire Autonome) et des combinaisons entièrement étanches aux agents chimiques.
- Niveau B : un APRA et une tenue de protection contre les projections liquides (résistant aux éclaboussures).
- Niveau C : un masque complet ou demi-masque respiratoire et un vêtement résistant aux produits chimiques (résistant aux éclaboussures).
- Niveau D : vêtement intégral sans protection respiratoire.

## Émulsion

Milieu hétérogène constitué par la dispersion, à l'état de particules très fines, d'un liquide dans un autre liquide. Incorporation d'eau par la nappe d'HV ou de GA.

## Fiche de Données de Sécurité (FDS)

Document établi par le fournisseur du produit chimique. Elle informe l'utilisateur sur les dangers liés à l'utilisation. Elle contient des données détaillées couvrant l'information, la prévention et la protection. Elle se compose de seize rubriques et leurs sous-rubriques. Les informations dispensées sont de trois ordres : informations générales, identification des dangers et mesures de gestion du risque.

## MARPOL

Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires

## Photo-oxydation

Oxydation d'un composé chimique obtenue par l'action de l'énergie lumineuse.

## Point d'ébullition (mesuré à une atmosphère)

Température à laquelle un liquide commence à bouillir. Plus précisément, lorsque la température à laquelle la pression de vapeur saturante d'un liquide est égale à la pression atmosphérique standard (1 013,25 hPa). Le point d'ébullition mesuré dépend de la pression atmosphérique.

### **Point éclair**

Température la plus basse à laquelle une substance dégage une vapeur qui s'enflamme ou qui brûle immédiatement lorsqu'on l'enflamme.

### **Point de fusion**

Température à laquelle coexistent les états solide et liquide d'un corps. Le point de fusion est une constante d'une substance pure et est habituellement calculé sous pression atmosphérique normale (une atmosphère).

### **Polymérisation**

Ce terme décrit la réaction chimique généralement associée à la production des matières plastiques. Fondamentalement, les molécules individuelles du produit chimique (liquide ou gaz) réagissent entre elles pour former une longue chaîne. Ces chaînes peuvent servir à de nombreuses applications.

### **Pression de vapeur (saturante)**

La pression de vapeur saturante est la pression à laquelle la phase gazeuse d'une substance est en équilibre avec sa phase liquide ou solide à une température donnée dans un système fermé. Plus la pression de vapeur est élevée et plus le produit a tendance à s'évaporer facilement.

### **Solubilité**

Quantité de substance dissoute dans l'eau. Elle est fonction de la salinité et de la température.

### **Téledétection**

Ensemble des techniques utilisées pour déterminer à distance les propriétés d'objets naturels ou artificiels à partir des rayonnements qu'ils émettent ou réfléchissent. Les techniques de téledétection comprennent l'ensemble du processus : la capture et l'enregistrement de l'énergie d'un rayonnement émis ou réfléchi par les objets observés, le traitement des données résultantes et enfin l'analyse des données finales. Ce processus met en œuvre un capteur (appareil photographique, laser, radar, sonar, lidar, sismographe, gravimètre...) qui est généralement embarqué à bord d'une plateforme mobile : avion, satellite, ballon, navire (sonar)... La téledétection moderne repose normalement sur des traitements numériques mais peut tout aussi bien utiliser des méthodes non numériques. Une grande partie du spectre électromagnétique du rayonnement X aux ondes radios (en passant par l'ultraviolet, la lumière visible et l'infrarouge) peut être utilisée. Chaque partie du spectre est susceptible de fournir des informations sur l'objet : forme, température, composition chimique, moléculaire et minéralogie, distance...

## Sigles et acronymes

Les sigles et abréviations marqués par \* dans le texte sont explicités ci-dessous.

**AESM** : Agence Européenne pour la Sécurité Maritime

**CE** : Communauté Européenne (UE : Union Européenne)

**CL<sub>50</sub>** : Concentration Létale 50% ou concentration létale médiane

**CleanSeaNet** : Service européen de détection satellite des nappes d'hydrocarbures et de navires

**EMAG** : Esters Méthylique d'Acides Gras

**FDS** : Fiche de Données de Sécurité

**GA** : Graisse animale

**HAU** : Huiles alimentaires usagées, ou UCO pour *Used Cooking Oil*

**HV** : Huile végétale

**HVO** : Huile végétale hydrogénée

**NFPA** : *National Fire Protection Association* (États-Unis)

**ppm** : partie par million

**ppt** : partie par millier

**SLAR** : *Side-Looking Airborne Radar*

## Adresses Internet utiles

Allegra [WWW Document], n.d. . Cedre. URL <https://wwz.cedre.fr/Ressources/Accidentologie/Accidents/Allegra> (accessed 11.3.23).

Kimya [WWW Document], n.d. . Cedre. URL <https://wwz.cedre.fr/Ressources/Accidentologie/Accidents/Kimya> (accessed 11.3.23).

Lindenbank [WWW Document], n.d. . Cedre. URL <https://wwz.cedre.fr/Ressources/Accidentologie/Accidents/Lindenbank> (accessed 11.3.23).

## Bibliographie

Bucas G., Le Floch S., Guyomarch J. Vegetable oils versus heavy oils: similarities and differences in weathering at sea and recovery constraints. Two case studies: Allegra and Erika Spills. In : Proceeding of the 3rd R&D Forum on High-density Oil Spill Response, OMI, Brest, France, 5-7 March, 2002. p. 149-158

Jezequel R, Chever F. Gazoles et Biodiesels. Guide d'intervention chimique. Brest : Cedre, 2023. 69 p. Disponible sur : <https://www.cedre.fr/Ressources/Publications/Guides-chimiques/Gazoles-et-biodiesels>

Couzigou B., Dagorn L., Poupon E., et al. Lutte contre les pollutions portuaires. Guide opérationnel. Brest : Cedre, 2018. 111 p. Disponible sur : <https://www.cedre.fr/Ressources/Publications/Guides-operationnels/Pollutions-portuaires>

Le Roux, A. L'observation aérienne des pollutions en mer. Guide opérationnel. Brest : Cedre, 2023. 78 p. Disponible sur : <https://www.cedre.fr/Ressources/Publications/Guides-operationnels/Observation-aerienne>

Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., Parmentier, M. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2007, vol. 109, n°7, p. 710-732. Disponible sur : <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700040>

Hooke, N. *Maritime casualties : 1963-1996*. Londres : Lloyd's of London Press Ltd, 1997. 741 p.

Huang, S., Wei, R., Xie, T., Wang, J. Evaluation of fire hazards in typical vegetable oil residues. *Process Safety and Environmental Protection*, 2021, vol. 154, p. 223-235. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.08.017>

Mamaca E., Merlin F., Riso R., Le Corre P., Le Floch S. Experimental studies on the weathering of vegetable oils in open pools to predict their behaviour in case of a casual spillage. In : *Proceeding of the Interspill seminar, Trondheim, Norway, 14-17 June 2004*, 13 Disponible sur : [https://www.interspill.org/wp-content/uploads/2021/11/464\\_MAMACA.pdf](https://www.interspill.org/wp-content/uploads/2021/11/464_MAMACA.pdf)

Mudge, S. Can vegetable oils outlast mineral oils in the marine environment? *Marine Pollution Bulletin*, 1997, vol. 34, n°3, p. 213. Disponible sur : [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(96\)00183-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(96)00183-X)

Mudge, S.M. Deleterious effects from accidental spillages of vegetable oils. *Spill Science & Technology Bulletin*, 1995, Vol. 2, n°2-3, p. 187-191. Disponible sur : [https://doi.org/10.1016/S1353-2561\(96\)00019-9](https://doi.org/10.1016/S1353-2561(96)00019-9)

Mudge, S.M., Salgado, M.A., East, J., 1993. Preliminary investigations into sunflower oil contamination following the wreck of the M.V. Kimya. *Marine Pollution Bulletin*, 1993, vol. 26, n°1, p. 40-44. Disponible sur : [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(93\)90596-C](https://doi.org/10.1016/0025-326X(93)90596-C)

Percy-FitzPatrick Institute of African Ornithology. Fish oil kills sea birds. *African Wildlife*, 1974, vol. 28, n°4, p. 24-25

Russell, D.J., Carlson, B.A. Edible-Oil Pollution on Fanning Island. *Pacific Science*, 1978, vol. 32, n°1

Sai Akhil, U., Alagumalai, A. A Short Review on Valorization of Slaughterhouse Wastes for Biodiesel Production. *ChemistrySelect*, 2019, vol. 4, n°45, p. 13356-13362. Disponible sur : <https://doi.org/10.1002/slct.201903739>

Selala, M.C., Botha, A.-M., de Klerk, A.R., de Klerk, L.P., Myburgh, J.G., Blettler, M.C.M.,

Oberholster, P.J. Effects of Vegetable Oil Pollution on Aquatic Macroinvertebrate Assemblage in a Freshwater Wetland and Its Use as a Remediation Tool. *Water Air Soil Pollut*, 2013, vol. 224, p. 1650. Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s11270-013-1650-x>

Smith, D.W. and Herunter, S.M. Oiseaux touchés par un déversement d'huile de colza dans le port de Vancouver. *Bulletin de lutte contre les déversements*, 1989, vol. 14, n°14, p. 3-6. Disponible sur : [https://publications.gc.ca/collections/collection\\_2018/eccc/En40-52-1-14-4-fra.pdf](https://publications.gc.ca/collections/collection_2018/eccc/En40-52-1-14-4-fra.pdf)

Tamothran, A.M., Bhubalan, K., Anuar, S.T., Curtis, J.M. The degradation and toxicity of commercially traded vegetable oils following spills in aquatic environment. *Environmental Research*, 2022, vol. 214, part 3, p. 113985. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113985>

Toldrá-Reig, F., Mora, L., Toldrá, F. Trends in Biodiesel Production from Animal. *Fat Waste. Applied Sciences*, 2020, vol. 10, n°10, p. 3644. Disponible sur : <https://doi.org/10.3390/app10103644>

Règlements Européens mentionnés :

RÈGLEMENT (CE) No 1069/2009 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) no 1774/2002 (règlement relatif aux sous-produits animaux). Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:FR:PDF>

RÈGLEMENT (CE) No 1272/2008 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n o 1907/2006. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32008R1272>

RÈGLEMENT (CE) No 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement (CEE) no 793/93 du Conseil et le règlement (CE) no 1488/94 de la Commission ainsi que la directive 76/769/CEE du Conseil et les directives 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE et 2000/21/CE de la Commission. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:fr:PDF>

RESOLUTION MEPC.315(74)(adopted on 17 May 2019). AMENDMENTS TO THE ANNEX OF THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973, AS MODIFIED BY THE PROTOCOL OF 1978 RELATING THERETO. Amendments to MARPOL Annex II(Cargo residues and tank washings of persistent floating products). Disponible sur : [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.315\(74\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.315(74).pdf)

# ANNEXES

Annexe 1 : Exemple de fiche descriptive d'arrivages d'HV  
sur des plages de la façade Atlantique

Annexe 2 : Protocole de fabrication des bouées SPOT

Annexe 3 : Aspects d'arrivages sur le littoral

## Annexe 1 : Exemple de fiche descriptive d'arrivages d'HV sur des plages de la façade Atlantique

2019 / Façade Atlantique / Pays-de-la-Loire / Vendée		
Dates	30-31 Octobre 2019	
Communes touchées	1 Ile d'Yeu	
		
Polluant	Huile de palme (confirmée)	
Plages	Sables Rouis, Plage des Sabias, Plage des Fontaines, Anse des Soux, plage des Vieilles	
Acteurs impliqués dans la gestion de l'événement et actions associées	Mairie, Responsable Service Domaine public Sécurité	Constat/ échange avec autorités / prélèvement d'échantillon envoyé au Cedre / Organisation de la collecte et de l'élimination
	Services techniques municipaux	Constat/collecte / évacuation des déchets
	ARS	Prévenus par la mairie / suivis résultats analyse/recommandations
	Cedre	Analyses
Moyens de collecte	Ramassage manuel sur l'estran (pelles et râteaux)	
Effectifs engagés	15 -20 personnes des services techniques municipaux/ 1 matinée	
Quantité de déchets collectés	Environ 200 litres	
Moyens financiers engagés	Travail en régie	

Photos



Commentaires

Un précédent épisode avait eu lieu en juillet 2019 avec le même produit. Les représentants de la mairie étaient donc rassurés sur l'absence de dangerosité du produit et la possibilité de la composter sur l'île.

Du fait de son caractère insulaire, la mairie gère de nombreux services en régie et dispose de ce fait d'une trentaine d'agents communaux, ce qui est bien supérieur au personnel dont dispose des communes de cette taille

Les agents ont ainsi pu être mobilisés immédiatement d'autant plus que la pression d'activité était moindre qu'en période estivale. Ce type de mobilisation est possible si les événements restent exceptionnels (pas de nouveaux arrivages en 2020).

## Annexe 2 : Protocole de fabrication des bouées SPOT

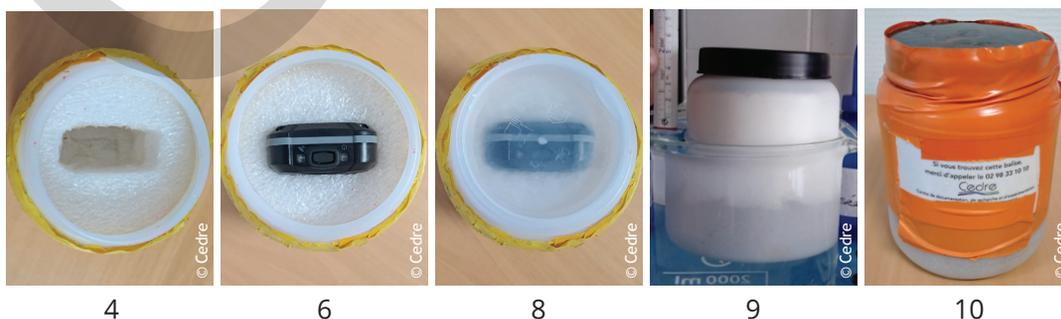
### Matériel nécessaire :

- Récipient étanche de 800ml, avec opercule et couvercle à visser,
- Sable, environ 350g,
- Mousse de calage (hauteur équivalente à la place libre dans le récipient, dans notre cas, 68mm),
- Traceur GPS de la marque SPOT,
- Scotch orange.



### Conception de la bouée :

1. Ouvrir le récipient et enlever l'opercule,
2. Mettre environ 350g de sable dedans (de manière homogène dans le fond),
3. Découper le bloc de mousse, du diamètre extérieur du récipient (Ø95mm),
4. Découper en 2 le bloc, sur une hauteur de 40mm (garder 28mm non ouvert pour l'étanchéité avec le sable) et creuser au centre de la mousse, l'emplacement pour le traceur,
5. Ecraser la mousse et la faire rentrer dans le récipient,
6. Mettre les piles dans le traceur et placer le traceur, dans la mousse,
7. Allumer le traceur (bouton central),
8. Fermer l'opercule et revisser le couvercle,
9. Tester la flottabilité,
10. Venir entourer le couvercle de scotch orange.



4

5

6

7

8

## Annexe 3 : Aspects d'arrivages sur le littoral

### Exemples d'arrivages d'huile végétale



*Huile de soja fraîchement déversée, port de Brest, 2014*



*Huile végétale, au large de l'île d'Yeu, 2016*



*Gros bloc d'huile végétale, plage de Tronoen, Saint-Jean-Trolimon, 2016*

### Exemples d'arrivages d'huile de palme à différents stades de vieillissement



*Boulettes d'huile de palme, plage de Sabias, Ile d'Yeu, 2019*



*Bloc d'huile de Palme ayant vieilli en mer (coloration jaune). Les pouces-pieds fixés sur la face verticale témoignent de ce séjour en mer. Plage du Vougot, Guissény, 2019*



*Bloc d'huile de palme vieilli en mer (coloration jaune et grise), île d'Yeu, 2022*



*Bloc d'huile de palme très vieilli en mer, plage de Penfoul, Landunvez, 2020*



*Intérieur totalement noir du même bloc d'huile de palme très vieilli en mer, plage de Penfoul*



### Les huiles végétales et les paraffines sont souvent confondues



*Boulettes de paraffine blanche,  
Saint-Laurent-sur-mer, Calvados,  
2018*



*Boulettes de paraffine jaune, plage  
d'Hardelot, Pas-de Calais, 2019*

Cedre