



IMO-OMI



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



UNEP-PNUE



## **ACTIVITÉ 3**

**SOLUTIONS OPTIMALES POUR LA COLLECTE,  
LE TRAITEMENT ET L'ÉLIMINATION  
DES DÉCHETS SOLIDES ET LIQUIDES  
PRODUITS PAR LES NAVIRES  
EN ALBANIE, EN CROATIE ET EN SLOVÉNIE**

**RAPPORT FINAL**

**MAI 2004**

Le présent document et l'étude y relative ont été produits avec le soutien financier du Centre Régional Méditerranéen pour l'Intervention d'Urgence contre la Pollution Marine Accidentelle (REMPEC).

L'étude a été réalisée par Tebodin Consultants & Engineers, Pays Bas, avec qui le REMPEC a passé contrat et sous la responsabilité de ce dernier.

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de de l'OMI, du PNUE, du PAM et du REMPEC aucune prise de position concernant le statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leur autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

# **Activité 3: Solutions optimales pour la collecte, le traitement et l'élimination des déchets solides et liquides produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie**

## **Rapport Final**

Client REMPEC  
Projet Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie  
Numéro d'ordre 32381-10  
Numéro du document 3319000  
Révision 1  
Date Mai 2004  
Auteurs J.W. Klein Wolterink, M. Hess, L.A.A. Schoof, J.W. Wijnen

### **Tebodin B.V.**

Drienerstate, P.C. Hooflaan 56 / Laan van Nieuw Oost-Indie 25  
7552 HG Hengelo / 2593 BJ The Hague  
P.O. Box 233 / P.O. Box 16029  
7550 AE Hengelo / 2500 BA The Hague  
les Pays Bas

téléphone + 31 74 2 49 62 28 / +31 70 348 02 98  
telefax + 31 74 2 49 62 15 / +31 70348 05 16  
e-mail [j.kleinwolterink@tebodin.nl](mailto:j.kleinwolterink@tebodin.nl) / [a.schoof@tebodin.nl](mailto:a.schoof@tebodin.nl)

1	25-05-2004	Rapport Final	L.A.A. Schoof	
O	9-05-2004	Activité 3: Solutions optimales pour la collecte, le traitement et l'élimination des déchets solides et liquides produits par les navires pour en Albanie, en Croatie et en Slovénie	J.W. Klein Wolterink	
rev.	Date	Description	auteur	ckd.

<b>Table des matières</b>		<b>page</b>
<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>5</b>
1.1	Contexte du projet	5
1.2	Méthodologie	5
1.2.1	Mission d'information	5
1.2.2	Clarifications concernant les Activités 1 et 2	6
1.2.3	Etude des données	6
1.2.4	Rapport	6
<b>2</b>	<b>Résumé des résultats des Activités 1 et 2 pris comme base pour l'Activité 3</b>	<b>7</b>
2.1	Installations pour les déchets contenant des hydrocarbures	7
2.2	Ordures	8
<b>3</b>	<b>Récapitulatif des techniques actuellement disponibles pour les déchets contenant des hydrocarbures</b>	<b>9</b>
3.1	Types et composition des déchets contenant des hydrocarbures	9
3.2	Collecte des déchets contenant des hydrocarbures	12
3.2.1	Sélectionner une méthode de collecte	13
3.3	Traitement primaire de suppression du pétrole libre	14
3.3.1	Séparateur API	14
3.3.2	Hydrocyclone	15
3.3.3	Le séparateur plaque coalesçant	16
3.3.4	Flottation à air induit	18
3.3.5	Filtres de type coalesceur	19
3.4	Traitement secondaire pour supprimer le pétrole en émulsion	19
3.4.1	Coagulation - floculation	20
3.4.2	Flottation à air dissous	20
3.4.3	Filtration par membrane	21
3.5	Traitement du pétrole récupéré	22
3.5.1	Les centrifugeuses	22
3.5.2	Déshydratation sous vide	24
3.6	Extraction des boues résiduelles	24
3.6.1	Les bassins	25
3.6.2	Lits de séchage des boues	26
3.6.3	Équipement mécanique de l'extraction de l'eau des boues	27
3.7	Facteurs déterminants pour sélectionner une technologie de traitement	29
3.7.1	Critères de Sélection	29
3.7.2	Sélection des technologies	29
3.8	Évaluation des techniques concernées	32
<b>4</b>	<b>Recyclage et élimination finale des déchets</b>	<b>36</b>
4.1	Types de déchets pour le recyclage et l'élimination finale	36
4.2	Les options de recyclage	37
4.2.1	Les ordures	37
4.2.2	Les hydrocarbures	37
4.3	Traitement et entreposage final	38

4.3.1	Séchage	38
4.3.2	Les incinérateurs	39
4.3.3	Les décharges	40
4.4	Facteurs déterminants pour la sélection des options d'élimination en charge finale des déchets	41
<b>5</b>	<b>Les installations proposé</b>	<b>44</b>
5.1	Considérations générales	44
5.2	Installations types pour déchets contenant des hydrocarbures	46
5.2.1	Description	46
5.2.2	Coûts d'investissement pour installations type de traitement des déchets contenant des hydrocarbures	48
5.2.3	Installations de base pour les ports ayant un service de collecte limité	49
5.3	Installations type pour les ordures	49
5.4	Recommandations pour l'Albanie	51
5.5	Recommandations pour la Croatie	52
5.6	Recommandations pour la Slovénie	53
<b>6</b>	<b>Retour sur investissement et situation institutionnelle</b>	<b>54</b>
6.1	Situation institutionnelle des ports	54
6.2	Retour sur investissement	55
6.3	Développement en Europe des systèmes de retour sur investissement	56
<b>7</b>	<b>Conclusions et recommandations</b>	<b>58</b>
7.1	Conclusions et recommandations générales	58
7.2	Recommandations par port	59
	<b>Annexe A: Tableau synthétisant les Activités 1 et 2</b>	<b>60</b>
	<b>Annexe B: Aperçu des quantités d'ordures provenant des navires par port</b>	<b>61</b>
	<b>Annexe C: Informations sur les technologies de traitement des déchets</b>	<b>62</b>
	<b>Annexe D: Indication des volumes de pétrole récupérables par port</b>	<b>63</b>
	<b>Annexe E: Calculs pour les installations de traitement</b>	<b>64</b>
	<b>Annexe F: Schéma d'une installation type de réception et de traitement des déchets</b>	<b>65</b>
	<b>Annexe G: Aperçu des installations de réception disponibles, basé sur les Activités 1 et 2</b>	<b>66</b>
	<b>Annexe H: Exemple de calcul rudimentaire de tarifs pour la réception dans les ports</b>	<b>67</b>

---

## **1 Introduction**

### **1.1 Contexte du projet**

La mise en application de la Convention MARPOL 73/78 pour la prévention de la pollution causée par les rejets illicites en mer est l'une des préoccupations principales en relation avec la prévention de la pollution des navires en mer Méditerranée. Même si la pollution marine accidentelle attire toujours d'avantage l'attention du public, la pollution opérationnelle les rejets illicites en mer est la source principale de pollution de l'environnement marin par les navires.

Le Centre Régional Méditerranéen pour l'intervention d'urgence contre la Pollution Marine Accidentelle (REMPEC), est un Centre d'activité Régional du Plan d'action pour la Méditerranéen (PAM) du Programme des Nations Unie pour l'environnement (PNUE) administré par l'organisation Maritime Internationale (OMI). Le Centre conduit actuellement un projet européen financé par le Fonds MEDA, sur les installations de réception portuaires pour la collecte et le traitement des ordures de navires, des eaux de cale et des résidus d'hydrocarbures en Méditerranée (MED.B7.410097.0415.8). Comme le projet MEDA ne couvre pas toute la région méditerranéenne, le REMPEC conduit actuellement un projet similaire dans trois autres pays qui ne sont pas partenaires dans le cadre du partenariat Euro-méditerranéen, nomément l'Albanie, la Croatie et la Slovénie. Le financement des activités de ce projet analogue provient du Fonds d'Affectation Spécial pour la Méditerranée (MTF) du PNUE/PAM. Comme le projet MEDA, ce projet a pour objectif de promouvoir l'équipement en installations de réception portuaires conformément aux annexes I et V de la convention MARPOL 73/78.

Les Activités 1 et 2 du projet ont pour but l'évaluation (par des consultants et des experts nationaux) de la situation existante dans les pays d'un certain nombre de ports préalablement identifiés dans les pays bénéficiaires (Albanie, Croatie et Slovénie) impliqués dans le projet en ce qui concerne les installations de réception portuaires, et l'identification des installations nécessaires pour la collecte et le traitement des déchets solides et liquides (Activité 1) et des eaux usées de ballast polluées provenant des pétroliers (Activité 2). Ces deux activités ont été achevées.

Les résultats des deux activités mentionnées ci-dessus fourniront la base de travail pour l'Activité 3, objet de ce rapport. L'Activité 3 de ce projet contient une étude concernant les solutions optimales pour la collecte, le traitement et l'élimination des déchets solides et liquides des ports/terminaux concernés des trois pays bénéficiaires impliqués, incluant des recommandations concernant le retour sur investissement.

### **1.2 Méthodologie**

#### **1.2.1 Mission d'information**

Les 19 et 20 janvier, une mission d'information entre les représentants du REMPEC et les Consultants a eu lieu dans les locaux du REMPEC. Au cours de cette rencontre, les objectifs et les attentes ont été expliqués plus en détail. De plus, le contexte du projet a été expliqué par le REMPEC, incluant les contacts des personnes et des administrations concernées. Tebodin a fourni pour sa part une courte présentation sur son expérience dans le domaine des installations de réception portuaires et sur les projets menés pour l'OMI ayant un rapport avec ce projet.

---

Un point important à prendre en considération est le contenu du rapport et son style, puisqu'il doit permettre aux trois pays méditerranéens bénéficiaires de se familiariser d'avantage avec les technologies disponibles concernant les installations de réception pouvant être utilisées dans les ports.

### **1.2.2 Clarifications concernant les Activités 1 et 2**

Tebodin a pris connaissance des rapports sur les Activités 1 et 2 en détail et a adressé plusieurs questions au Consultant auteur de ces rapports. De façon générale, ces rapports sont de belles réussites et sont bien présentés, dans un format standard. Il est clairement établi que les analyses faites sont en partie basées sur les données fournies par les autorités respectives des pays, d'une part, et en partie sur des estimations personnelles, d'autre part.

Bien que nous nous rendions clairement compte des difficultés qui ont pu être rencontrées pour inclure des informations standardisées dans ces rapports, nous avons trouvé plusieurs conclusions ouvertes ou données manquantes, qui sont mentionnées dans les notes de tableaux fournis dans ce rapport. Cependant, nous avons reçu des clarifications et un appui total de la part de Environmental Protection Engineering S.A., Grèce, concernant le contenu de ces deux rapports.

### **1.2.3 Etude des données**

Au cours de la mission d'information, il a été conclu que les données fournies dans chacun des rapports 1 et 2 serviront de base aux analyses de Tebodin. Un certain nombre de tableaux synthétiques ont été créés par Tebodin, basés sur ces rapports, et sont utilisés pour les analyses et les sélections des types, tailles et coûts des installations de réception portuaires. Ces tableaux sont inclus dans l'annexe A.

Ce rapport a été compilé sur la base prédominante de l'expérience et des connaissances propres de Tebodin sur les installations de réception dans beaucoup de ports à travers le monde, ainsi que sur les techniques de gestion des déchets (BAT: en anglais, signifiant meilleures techniques disponibles)

Afin de visualiser les informations sur les technologies de traitement, nous avons inclus beaucoup d'illustrations dans notre rapport. Certaines illustrations proviennent d'installation en fonctionnement, d'autres de fournisseurs d'équipement. Les Consultants souhaitent que Tebodin garde une position indépendante vis à vis des fournisseurs d'équipement, et cette utilisation des illustrations n'implique absolument pas une approbation de ce fournisseur ni une disqualification d'autres fournisseurs.

### **1.2.4 Rapport**

Ce rapport vise les port dans trois pays que sont l'Albanie, la Croatie et la Slovénie.

---

## 2 Résumé des résultats des Activités 1 et 2 pris comme base pour l'Activité 3

### 2.1 Installations pour les déchets contenant des hydrocarbures

Les rapports des Activités 1 et 2 concluent que pour un certain nombre de ports, les installations de réception de déchets sont adéquates. Pour plusieurs ports, il est recommandé de fournir un système de collecte minimal par camion, sans établir d'installations de traitement. Les services peuvent être fournis par des sous-traitants privés ou par les autorités du port. Il est recommandé que les déchets contenant des hydrocarbures collectés soient transportés dans une installation approuvée pour être pris en charge, mais il apparaît que de telles installations n'existent pas pour le moment. Le tableau 1 fournit un aperçu de la situation.

**Tableau 1: Ports avec des installations adéquates ou ne nécessitant que des améliorations mineures**

Pays	Installations adéquates existantes	Service minimal de collecte recommandé
Albanie <sup>3</sup>	Durres	Saranda, Shengjin, Vlore
Croatie <sup>4</sup>	Dubrovnik, Ploce, Plomin, Rijeka-Rasa, Sibenik, Split, Zadar	Augmenter la capacité de stockage de Omisalj et considérer la création de nouvelles installations de traitement.
Slovénie	Koper	

Pour les autres ports, de nouvelles installations sont proposées, ou il est recommandé d'améliorer les installations existantes. Les recommandations pour ces ports sont listées dans le tableau ci-dessous. Le port de Koper en Slovénie a des installations suffisamment et n'est donc pas inclus dans le tableau ci-dessus.

**Tableau 2: Installations recommandées dans les ports**

Pays	Port	Installations recommandées pour les déchets contenant des hydrocarbures
Albanie	Saranda	Collecte: des camions citerne ou camions citerne+barges sont conseillées. Traitement: approx. 20 m <sup>3</sup> de capacité de stockage temporaire doivent être installés. Le traitement se fait dans les installations autorisées les plus proches ou dans les raffineries du pays.
	Shengjin	Collecte: des camions citerne ou camions citerne+barges sont conseillées. Traitement: approx. 20 m <sup>3</sup> de capacité de stockage temporaire doivent être installés. Le traitement se fait dans les installations autorisées les plus proches ou dans les raffineries du pays.
	Vlore	Collecte: des camions citerne ou camions citerne+barges sont conseillées. Traitement: approx. 20 m <sup>3</sup> de capacité de stockage temporaire doivent être installés. Le traitement se fait dans les installations autorisées les plus proches ou dans les raffineries du pays.

<sup>3</sup> L'Albanie n'est Partie contractante à la convention MARPOL 73/78. La ratification de MARPOL a été présumée dans le cadre de cette étude

<sup>4</sup> Le Ministère des affaires maritimes et du transport de la Croatie est incité à développer un plan de gestion des déchets.

Pays	Port	Installations recommandées pour les déchets contenant des hydrocarbures
Croatie	Omisaalj	Collecte: OK. Traitement: L'installation de citernes de réception de 7000 m <sup>3</sup> et d'une citerne pour le pétrole séparé est conseillée. De plus, il est nécessaire de définir dans quelle mesure de nouvelles installations de traitement doivent être mises en place (par exemple): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traitement des eaux 100 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• Traitement du pétrole séparé</li> <li>• Traitement des boues résiduelles</li> </ul> Le pétrole récupéré peut être transféré dans une raffinerie à Rijeka. Il est fortement recommandé d'étudier attentivement la conception des installations de réception, stockage et de traitement.
	Ploce	Collecte: est obsolète, des mesures d'amélioration sont recommandées. Le traitement se fait dans des installations ouvertes, sans traitement secondaire: La réhabilitation de l'ancien équipement est recommandée et des équipement de traitement secondaire doivent être ajoutés.
	Rijeka-Rasa	Collecte: est obsolète, des mesures d'amélioration sont recommandées. Le traitement a lieu dans un séparateur API 750 m <sup>3</sup> ouvert sans traitement secondaire: des équipement de traitement secondaire doivent être ajoutés. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traitement des eaux 750 m<sup>3</sup>/h</li> <li>• Traitement du pétrole séparé et des boues</li> </ul> Le pétrole récupéré peut être transféré dans une raffinerie à Rijeka. Il est fortement recommandé d'étudier attentivement la conception des installations de réception, stockage et de traitement dans le cadre des limites de logistique et d'infrastructure.

Le rapport de l'Activité 1 fournit des schémas de conception des installations qui sont proposées, mais elle ne discute pas du type de technologie de traitement. Cela sera fait dans cette étude.

## 2.2 Ordures

En ce qui concerne les ordures, les conclusions suivantes sont présentées dans le rapport de l'Activité 1 : les installations adéquates sont présentes dans tous les ports à l'exception de:

- Saranda, où des réceptacles sont recommandés;
- Plomin, où la séparation des déchets alimentaires est recommandée.

### 3 Récapitulatif des techniques actuellement disponibles pour les déchets contenant des hydrocarbures

Ce chapitre fournit un aperçu des options pour la collecte et le traitement des déchets des navires. Les options pour la suppression finale des déchets y sont aussi discutées. La collecte, le traitement et l'élimination sont abordés dans des sections séparées. Ces sections se concluent par une évaluation des différentes options et fournissent des recommandations pour la sélection des technologies appropriées. Nous avons essayé autant que possible de garder la description des différents traitements lisibles pour ceux qui n'ont pas forcément une expérience dans le traitement des déchets (liquides). Ainsi nous n'avons donc pas repris les principes fondamentaux (physiques et/ou mathématiques) des procédés de traitement, mais inclus des images et des exemples pratiques à chaque fois que cela s'avérait possible.

#### 3.1 Types et composition des déchets contenant des hydrocarbures

Les déchets contenant des hydrocarbures liés aux navires peuvent provenir de nombreuses sources différentes. L'annexe 1 de MARPOL 73/78 contient certaines règles et interprétations concernant les procédures pour le stockage à bord, le traitement, les rejets en mer et l'élimination des mélanges contenant des hydrocarbures que tout navire produit dans les espaces de machines et dans les zones de stockage des pétroliers. Les termes utilisés et les définitions sont ainsi définis:

**L'appellation hydrocarbures** comprend les hydrocarbures sous toutes ses formes, ce qui inclut le pétrole brut, le fioul, les boues, et les produits de raffinerie autres que les composés pétrochimiques.

**L'appellation déchets contenant des hydrocarbures** comprend les résidus d'hydrocarbures (boues) ainsi que les eaux de cale contenant des hydrocarbures.

**L'appellation résidus d'hydrocarbures** comprend:

- Les boues de séparation, c'est-à-dire les boues résultant de la purification du fioul et des huiles lubrifiantes ;
- Les hydrocarbures d'écoulements et de fuites, c'est-à-dire les hydrocarbures provenant des écoulements et des fuites dans les espaces de machines ;
- Les huiles usées, c'est-à-dire les huiles lubrifiantes usées, hydrauliques et autres liquides à base d'hydrocarbures qui ne sont plus utilisables pour cause de détérioration ou de contamination.

L'appellation **eaux de cales contenant des hydrocarbures** désigne à un mélange pouvant contenir de l'eau de mer, de l'eau douce, du fioul, de l'eau de refroidissement, de l'huile provenant de fuites et d'écoulements, accumulés soit dans la/les citernes désignée(s) à cet effet, soit dans les cales

L'appellation **mélange contenant des hydrocarbures** désigne un mélange composé des éléments décrits ci-dessus.

---

Dans une installation de traitement, on peut donc s'attendre à l'arrivée d'une grande variété de mélanges contenant des hydrocarbures qui seront traités:

- **L'eau sale des ballasts** peut contenir du pétrole brut, des résidus liquides noirs ou des résidus liquides blancs. Les ballasts sales sont habituellement déchargés seulement par des pétroliers non-CBS (citernes à ballast séparé) dans les ports pétroliers. Les volumes et les flux peuvent être significatifs, mais la concentration moyenne en pétrole est relativement basse:
    - Un navire peut transporter autour de 30% de son TPL (tonne de port en lourd) comme ballast. Dans des conditions climatiques difficiles, cela peut même être plus;
    - Les flux pour décharger dans les installations de réceptions sont habituellement dans une gamme comprise entre plusieurs centaines jusqu'à plusieurs milliers m<sup>3</sup>/h pour les grands pétroliers;
    - Comme pour la concentration dans l'eau sale des ballasts qui est déchargée dans les installations de traitement des déchets, un chiffre de 100ppm (ou 0.1 g/m<sup>3</sup>) est estimé. Pour la réception des eaux sales des ballasts, il est envisagé d'utiliser les équipements existants dans un certain nombre de ports comme décrit dans les Activités 1 et 2.
  - Les résidus contenant des hydrocarbures provenant des **eaux de cale** sont produits lorsque les espaces des machines du navire sont nettoyés. Les fuites d'eaux de refroidissement sont souvent contaminées par du fioul et des huiles lubrifiantes. Les navires en exploitation produisent des eaux de cale contaminées de façon variable par des hydrocarbures. Lorsque l'équipement approprié se trouve à bord, l'eau de cale peut être traitée de façon à ce que la majeure partie des hydrocarbures est séparée de l'eau avant d'être rejetée dans la mer. Si la proportion en hydrocarbures dépasse la limite, le rejet est automatiquement stoppé (alarme de cale). Cependant, il a été souligné que l'eau de cale contient aussi des traces de détergents utilisés lors du nettoyage. Lors qu'ils sont mélangés, les résidus d'hydrocarbure et de détergent forment une émulsion stable dont la densité est différente de celle du fioul. Le contenu en pétrole des **eaux de cale**, telles qu'elles sont déchargées dans les installations de réception, peut considérablement varier de typiquement 0.1 - 5%, une concentration moyenne de pétrole de 2% ou 20 g/l est supposée. S'il y a un séparateur présent à bord, les eaux de cale sont traitées à bord et rejetées avec une concentration en pétrole maximale de 15 ppm. Le pétrole séparé est collecté dans une citerne prévue à cet effet.
  - Les résidus provenant des systèmes **de nettoyage du pétrole brut** (COW, en anglais) : les citernes de cargaison, lorsque les pétroliers sont chargés en pétrole, sont nettoyés au moyen d'un jet sous haute pression de pétrole brut («Oil to remove oil ») ou de pétrole brut et d'eau. Cela réduit la quantité d'hydrocarbures restant à bord après déchargement. Les résidus d'un tel nettoyage sont pompés dans des citernes pour hydrocarbures séparés et laissés dans une installation de réception dans le port
  - **Les eaux de nettoyage des citernes** sont déchargées en quantités bien plus petites que les eaux sales des ballasts, le volume peut varier de 1,5-8% d'un TPL de pétrolier. Le contenu en pétrole cependant est bien plus grand que pour l'eau des ballasts. Pour les eaux de nettoyage des citernes, une concentration moyenne en pétrole de 3% ou 30 g/l est supposée.
  - Les résidus provenant de la séparation et des équipements de filtration équipés avec un système d'arrêt automatique sont collectés dans des citernes pour hydrocarbures séparés. Les boues résultant du traitement à bord du fioul (fioul lourd) sont des substances très visqueuses, semi solides, qui doivent être chauffées avant d'être évacuées par les pompes. **Les eaux de lavage de citernes, les résidus contenant des hydrocarbures ou les boues** sont générées à bord en quantités encore plus petites et le volume est max. 1% du TPL du pétrolier. Ces mélanges contiennent des concentrations élevées en solide et en pétrole : 30% pétrole et 5% de solides sont
-

supposés.

Les mélanges eau-hydrocarbures ont des caractéristiques différentes suivant leur densité et leur apparence (libre/en émulsion).

### **Hydrocarbures libres**

Les hydrocarbures peuvent être présent dans l'eau sous forme libre: des petites gouttes d'hydrocarbures dispersées dans l'eau par un (vigoureux) mélange. En général, plus la température des déchets contenant du pétrole brut est élevée, plus il est facile de séparer les hydrocarbures de l'eau. Les fractions d'hydrocarbures plus légères ont tendance à se séparer plus spontanément, tels les hydrocarbures libres de faible densité. Tous les hydrocarbures ont une densité plus faible que l'eau, et c'est donc pourquoi les hydrocarbures libres vont monter jusqu'à la surface et former ainsi une couche d'hydrocarbures, tandis que la densité du pétrole brut est relativement élevée.

### **Les hydrocarbures en émulsion**

L'eau de mer agit comme un émulsifiant naturel en augmentant la viscosité des déchets eau-hydrocarbures, ce qui rend difficile le pompage des déchets transportés des barges aux citernes à terre pour traitement. Les hydrocarbures brut ou résultant de séparation contiennent souvent des émulsions chimiques qui ont été stabilisées par des impuretés inorganiques, des stabilisateur de viscosité, etc. Les opérations de nettoyage des citernes peuvent aussi être sources d'émulsions eau-hydrocarbure.

Les émulsions sont de minuscules gouttes d'hydrocarbures formées par un fort cisaillement, comme cela peut se produire lors du pompage du mélange eau-hydrocarbures. De telles émulsions peuvent être stables pendant un certain temps, c'est-à-dire qu'elles ne se séparent pas rapidement, mais qu'au cours du temps, les particules tendent à coalescer en particules plus grandes puis se séparent. Cela peut cependant prendre beaucoup de temps et dépend de la composition de l'eau contenant les hydrocarbures.

Les émulsions stables pétrole en eau ne coalescent pas et ne se séparent pas du tout. Un émulsion stable est un système colloïdale de gouttes de pétrole électriquement chargées entourées par un environnement ionique. Des émulsions stables sont formées par exemple, lors de l'utilisation de détergents tels que les détergents de nettoyage industriels. Des produits chimiques tels que des coagulants ou flocculants, sont nécessaires pour «casser» de telles émulsions et pour séparer les particules de pétrole de l'eau. Les émulsions eau dans pétrole (eau finement dispersée dans le pétrole) existent aussi et nécessitent également un traitement avec des produits chimiques (désémulsifiants) pour la séparation.

On peut donc en conclure que le pétrole libre est le composant le plus simple à séparer, tandis que le pétrole en émulsion (en particulier les émulsions stables) nécessite un traitement supplémentaire. Le tableau 3 résume les principales caractéristiques des déchets mazoutés.

**Tableau 3: Composition type des déchets contenant de hydrocutions**

	Composition				Type de pétrole
	Pétrole		Eau	Solides	
	[ppm]	[%]	[%]	[%]	
Eau de ballast	100	0.01	Approx. 100	Traces	Pétrole libre
Eaux de cale de navire non traitées	20,000	2	98	Traces	Pétrole libre et en émulsion
Eau de nettoyage des citernes	30,000	3	97	Traces	Pétrole libre et en émulsion
Eaux sales et résidus d'hydrocarbures	300,000	30	65	5	Pétrole libre et en émulsion

### 3.2 Collecte des déchets contenant des hydrocarbures

**Des camions**, ou des citernes mobiles peuvent être utilisés pour des petits volumes, allant de 5 à 25 m<sup>3</sup> par chargement. Ils sont donc employés pour la collecte des eaux usées, nappes, boues et les petits volumes d'eau de nettoyage des citernes, mais pas pour la collecte des eaux sales de ballast. Des camions sont utilisés si ils peuvent venir le long des navires. Ils ne conviennent évidemment pas aux navires au mouillage, SBM (poste d'amarrage sur une seule bouée ou les jetées de chargement/déchargement non accessible par camion. Les exemples d'une simple citerne mobile utilisée pour la collecte des déchets des navires et d'un camion aspirateur équipé avec des pompes sont montrés ci-dessous.

On peut aussi utiliser un équipement plus évolué comme des camions aspirateurs complets, comme montré ci-dessous.





**Les barges**, équipées d'un réservoir de stockage temporaire peuvent être utilisées pour collecter les eaux de cale de navires, les eaux de lavage, les boues et, suivant leur taille, les eaux de nettoyage des réservoirs. Les réservoirs de stockage temporaires peuvent avoir un volume compris approximativement entre 10 et 1000 m<sup>3</sup>. Des capacités de stockage supérieures ne sont pas habituelles. Les barges peuvent être équipées avec des séparateurs (décrits dans la section 3.2), afin que la séparation eau pétrole ait lieu à bord. L'eau traitée est alors déchargée. Cette option est, cependant, rarement appliquée.

Il est plus probable qu'on utilisera une barge possédant plusieurs citernes pour la réception de lots de différente qualité provenant de différents navires, stockant ainsi des séquences de 10 à 100 m<sup>3</sup> ayant une qualité identique ou similaire dans une même citerne.

**Les pipe-line fixes** sont appropriées pour les grands volumes de déchet, tels que les eaux de ballast ou les eaux de nettoyage des citernes. Ils peuvent être conçus pour la capacité désirée, allant à moins de 10 m<sup>3</sup>/h à plusieurs milliers de m<sup>3</sup>/h, mais une fois que la gamme du flux a été établie, cela détermine les possibilités d'utilisation du pipe-line. Un pipe-line conçu pour 5 m<sup>3</sup>/h, ne peut supporter 100 m<sup>3</sup>/h et vice versa. Ils ne sont généralement pas utilisés pour collecter les petits volumes tels que les eaux de lavage de fuel, les eaux de cales ou les boues.

Les camions, les pipe-line fixes et habituellement aussi les barges (telles que décrites) déchargent les déchets collectés dans des réservoirs de stockage temporaire (fixes) pour traitement.

### 3.2.1 Sélectionner une méthode de collecte

La sélection des moyens appropriés pour collecter les déchets dans un port dépend des facteurs suivants:

- Le volume des déchets à collecter par navire;
  - L'accessibilité des navires par route et par quais, ou seulement par bateau;
  - La flexibilité nécessaire aux installations de collecte.
-

**Tableau 4: Caractéristiques de la collecte**

Méthode de collecte	Volumes/flux	Accès aux navires	Flexibilité
Camion	Faible	Par route	Grande
Barge	Petit - Moyen	Par mer	Moyenne
Pipe-line	Moyen - large Solution construite	Solution construite	Faible

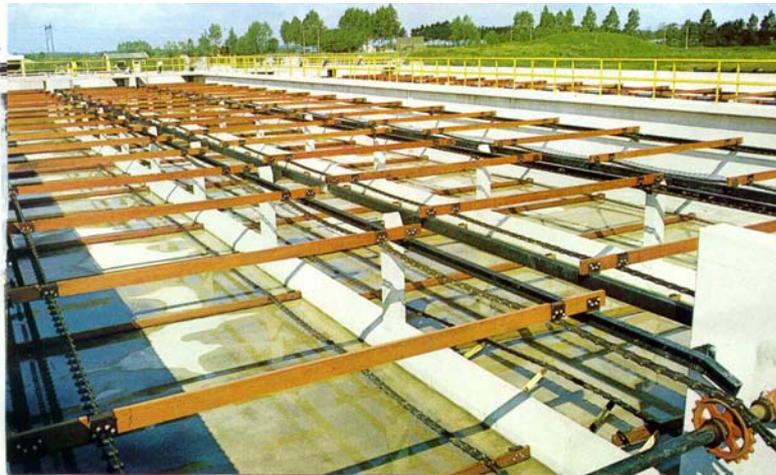
Les coûts sont d'une certaine façon, d'importance secondaire: les moyens de collecte doivent tout d'abord être des moyens appropriés pour un port particulier. Par exemple: Un camion est évidemment bien moins cher qu'une barge, mais un camion est totalement inutile pour collecter les déchets s'il n'a pas d'accès au navire (navires au movillage, SBM, jetées). Une barge est capable de recevoir des volumes bien plus grands qu'un camion, mais, encore une fois, est inadaptée seulement si des volumes faibles sont livrés au port.

### 3.3 Traitement primaire de suppression du pétrole libre

Comme cela a été expliqué dans le chapitre 3.1, les déchets peuvent contenir du pétrole libre et/ou en émulsion. Un premier traitement est fait afin de supprimer le pétrole libre. Dans cette section plusieurs techniques différentes ont été abordées qui peuvent être utilisées pour enlever le pétrole libre. La première séparation du pétrole, de l'eau et des solides a évidemment lieu dans le réservoir de stockage temporaire. Le pétrole remonte à la surface et les solides se déposent au fond du réservoir. L'efficacité de la séparation est inégale, vu que le remplissage ou le vidage des réservoirs crée des turbulences.

#### 3.3.1 Séparateur API

Un séparateur API est une cuvette rectangulaire, principalement construite en béton, où le phénomène de séparation se produit par gravité. En créant un temps de rétention dans le bassin, les polluants plus légers (pétrole) et plus lourd (solides) que l'eau sont séparés en une écume flottante (pétrole) et une boue de fond (sable et autres solides). Ils sont alors enlevés par un instrument qui gratte le fond pour la boue et un instrument qui supprime l'écume flottante en surface. L'équipement le plus communément utilisé pour la combinaison de ces deux tâches est un mécanisme de grattoir en chaîne. Des instruments plus simples d'écumage du pétrole existent aussi. Les séparateurs API sont souvent utilisés par les raffineries, terminaux pétroliers et installations de déballastage pour les flux élevés.

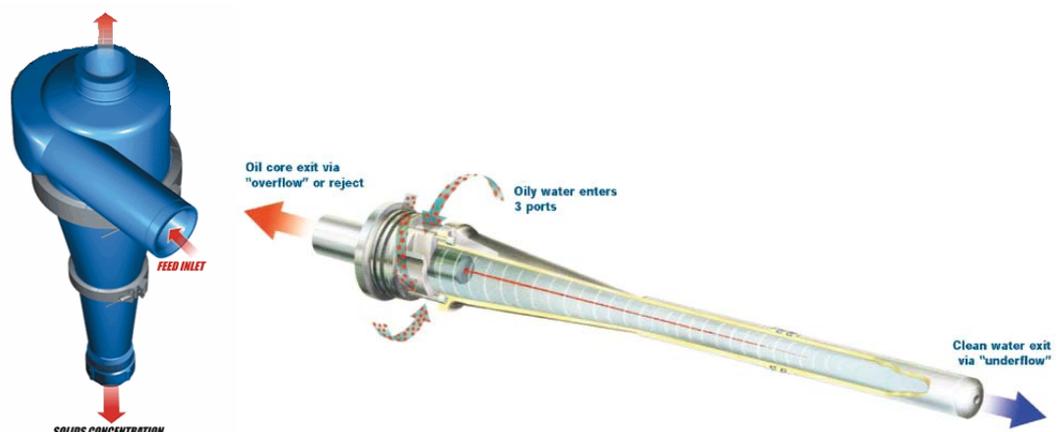


Séparateurs API	Capacité type de l'unité 100 – 600 m <sup>3</sup> /h		
	Pétrole libre	Pétrole en émulsion	Solides en suspension
Procédé (chimique/physique)	physique	physique	physique
Addition de produits chimiques	Non	Non	Non
Efficacité de la purification [%]	90 - 95	0	80 – 95
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	15 - 20	n.d.	20 – 30

### 3.3.2 Hydrocyclone

Les hydrocyclones sont des séparateurs (à gravité rehaussée) sans éléments en mouvement. La paroi consiste en un cône inversé avec une entrée tangente dans la partie supérieure (diamètre large). Les mouvements rotatoires poussent les solides sur la paroi qui s'échappent alors par le bas du cône, tandis que le liquide propre s'échappe par le haut. Les hydrocyclones sont classés en fonction de la taille du cône et vont séparer les particules aux échelles moyennes, fines et ultrafines.

Les hydrocyclones peuvent être utilisés pour la séparation eau/solide, mais aussi pour la séparation eau pétrole. Plus la différence de densité est grande entre l'eau, le pétrole et les solides, meilleure sera l'efficacité de la séparation. Des exemples types (modèle horizontal et vertical) sont montrés ci-dessous:





L'efficacité des Hydro cyclones est pauvre dans les fluides visqueux avec des composants ayant peu de différence de densité. Les hydrocyclones sont communément utilisés dans l'industrie pétrolière (on- et offshore) pour la séparation des solides ou de pétrole de l'eau. Les unités montrées sur les images ci-dessus contiennent un certain nombre d'hydrocyclones dans chaque navire, afin d'augmenter la capacité du traitement et/ou l'efficacité de la séparation.

Hydrocyclones	Capacité type de l'unité 1 – 50 m <sup>3</sup> /h		
	Pétrole libre	Pétrole en emulsion	Solides en suspension
Procédé (chimique/physique)	physique	physique	physique
Addition de produits chimiques	Non	Non	Non
Efficacité de la purification [%]	80 - 90	0	90 – 95
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	20 – 30	n.d.	5 – 10

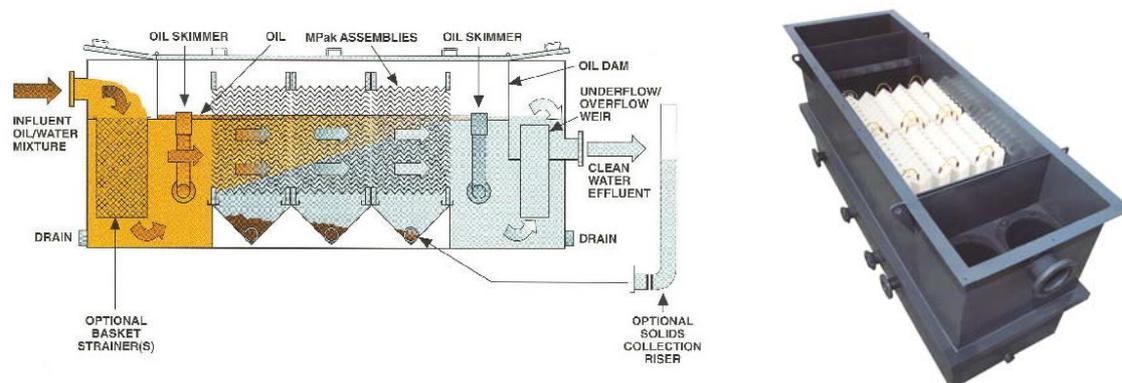
Note: Des unités spéciales d'hydrocyclone peuvent traiter jusqu'à 2 000 m<sup>3</sup>/h.

### 3.3.3 Le séparateur plaque coalesçant

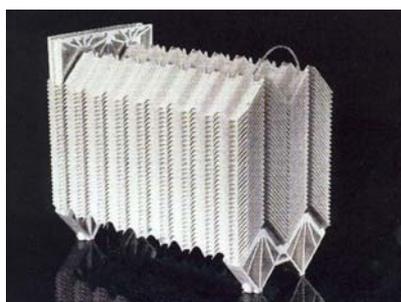
Le séparateur plaques coalesçant est un réservoir rectangulaire en acier qui est équipé d'un paquet de plaques ondulées. Ces plaques sont principalement faites en plastique et métal et augmentent l'efficacité de la séparation par une stimulation de la coalescence des petites gouttelettes en des gouttelettes plus grandes qui sont séparées plus facilement.

Ils sont capables de séparer le pétrole en unités bien plus homogènes qu'un séparateur API conçu pour le même débit et la même efficacité. Les particules solides sont séparées au fond du système.

Solutions optimales pour la collecte, le traitement et l'élimination des déchets solides et liquides produits par les navires



Les séparateurs API décrits dans la section 3.3.1 peuvent être complétés avec des paquets de plaques afin d'augmenter l'efficacité de la séparation.



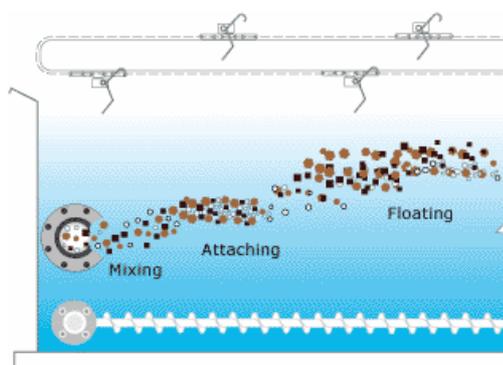
L'utilisation de séparateurs à plaque coalescente est appropriée pour les flux d'eau contenant des hydrocarbures avec un taux très faible d'impuretés. Ces unités sont capables de traiter des échelles faibles à moyennes. Pour des flux plus élevés, on utilise une conception modulaire, c'est-à-dire que plusieurs unités opèrent en parallèle.

Séparateurs à plaque coalescente	Capacité type de l'unité 15 – 250 m <sup>3</sup> /h		
	Pétrole libre	Pétrole en émulsion	Solides en suspension
Procédé (chimique/physique)	physique	physique	physique
Addition de produits chimiques	Non	Non	Non
Efficacité de la purification [%]	90 - 95	0 - 10	90 – 95
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	10 – 15	10 – 15	5 – 10

### 3.3.4 Flottation à air induit

Le principe de la flottation à air induit (ou IAF en anglais), est la dispersion des petites bulles dans les eaux polluées qui adhèrent aux gouttelettes de pétrole et aux solides en suspension. Le pétrole et les solides montent en surface pour former une écume légère ou ils sont collectés et supprimés par mécanisme de grattoir. La boue produite a un très grand contenu en eau (typiquement 96%) et nécessite d'autres traitements pour séparer le pétrole et l'eau. Cela est habituellement fait en centrifugeuse comme décrit plus loin dans ce chapitre.

Un IAF est généralement utilisé sans ajouts chimiques à l'eau, constitue une technologie fréquemment utilisée dans les stations de déballastage, et est disponible pour des grands flux. Un IAF ne sépare pas le pétrole émulsifié.



Unités IAF	Capacité type de l'unité 50 – 500 m <sup>3</sup> /h		
	Pétrole libre	Pétrole en émulsion	Solides en suspension
Procédé (chimique/physique)	physique	physique	physique
Addition de produits chimiques	Non	Non	Non
Efficacité de la purification [%]	80 – 90	0	90 - 98
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	5 – 10	n.d.	5 – 10

### 3.3.5 Filtres de type coalesceur

Les filtres de type coalesceur contiennent des cartouches de matériel filtrant qui entraînent la coalescence des petites gouttelettes en plus grosses gouttelettes. A la suite de cela, le pétrole est séparé de l'eau. Ils sont aussi utilisés pour l'extraction de l'eau du pétrole, par exemple dans les systèmes d'huile lubrifiante. Un exemple type contenant plusieurs coalesceurs opérant en parallèle, est montré ci-dessous. Les filtres de type coalesceur fonctionnent bien pour le pétrole libre mais a un effet limité sur les émulsions de pétrole.



Filtre coalescers	Capacité type de l'unité 5 – 500 m <sup>3</sup> /h		
	Pétrole libre	Pétrole libre	Pétrole libre
Procédé (chimique/physique)	Physique	Physique	physique
Addition de produits chimiques	No	No	No
Efficacité de la purification [%]	95 - 98	0 - 20	0
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	5 – 10	n.d.	n.d.

### 3.4 Traitement secondaire pour supprimer le pétrole en émulsion

Les eaux de nettoyage des citernes et les eaux de cale contiendront du pétrole mis en émulsion chimiquement ou mécaniquement. Ainsi, les techniques qui enlèvent le pétrole libre montreront une faible performance sur ces déchets. Tandis que ces techniques peuvent être utilisées en tant que prétraitement, d'autres traitements sont nécessaires pour obtenir un effluent qui puisse être rejeté.

### 3.4.1 Coagulation - floculation

Une bien meilleure qualité d'effluent peut être atteinte en cassant l'émulsion en appliquant coagulation et floculation. Dans ce but, des produits chimiques sont ajoutés aux eaux polluées. Les particules de pétrole en émulsion et les solides forment des agrégations plus larges qui sont ensuite séparées habituellement par flottation. Les sels inorganiques tels que le chlorure de fer ou d'aluminium, le sulfate de fer, la chaux, l'hydroxyde de sodium ou les polymères organiques sont les coagulants les plus communs. Suivant le coagulant, ils sont disponibles commercialement en solutions concentrées, nécessitant dilution avant addition aux eaux polluées ou en poudre, qui doivent être dissoutes avant usage. Le mélange des composés chimiques avec les eaux polluées peut se faire dans des réservoirs de coagulation/floculation, des mixeurs en chaîne ou des floculateurs en tuyaux (un élément pour mixer se branchant sur le flux de liquide et n'ayant pas de partie en mouvement).

### 3.4.2 Flottation à air dissous

La flottation à air dissous (DAF en anglais) est un système de flottation pour lequel, en comparaison avec le système IAF les bulles d'air dans l'eau sont substantiellement plus petites. Ces toutes petites bulles garantissent une séparation plus efficace. Pour un pré conditionnement des eaux polluées ayant des performances optimales pour la coagulation, la flottation est presque toujours utilisée.

Les bulles d'air sont générées en saturant un petit flux continu d'eau clarifiée avec de l'air provenant d'un petit compresseur à la pression approximative de 6 bar. Le liquide/gaz sous pression est alors injecté dans le réservoir de flottation et la chute brutale de pression crée un nuage de bulles très fines. Elles s'attachent aux floculés pétrole/solide, qui montent à la surface de l'eau dans le réservoir de flottation, et forment une couche flottante. Une écumeuse enlève la mousse, avec 5% type de solides et de pétrole, vers l'endroit de déchargement et l'eau traitée est évacuée.



Une unité DAF peut être équipée avec un pack de plaques (comme décrit dans la section 3.3.3) pour augmenter encore l'efficacité de la séparation et ainsi réduire encore son empreinte.

Unité DAF	Capacité type de l'unité 10 – 500 m <sup>3</sup> /h		
	Pétrole libre	Pétrole en émulsion	Solides en suspension
Procédé (chimique/physique)	Chim./physique	Chem./physique	Physique
Addition de produits chimiques	oui	oui	oui
Efficacité de la purification [%]	95 - 98	95 - 98	95 – 98
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	5 – 10	5 -10	5 – 10

La coagulation/floculation suivie par une unité DAF a d'innombrables applications dans le traitement des eaux polluées industrielles.

### 3.4.3 Filtration par membrane

La filtration par membrane est une technologie qui a été développée au cours des deux dernières décennies pour l'eau et le traitement des eaux polluées. Les systèmes de filtration par membrane peuvent être classés ainsi: la microfiltration (MF), l'ultrafiltration (UF), la nano filtration (NF) et l'osmose inverse (RO). Les membranes de Microfiltration ont des pores relativement larges, l'UF et la NF séparent les particules les plus petites et le RO est capable de supprimer l'élément dissous (sels). MF et l'UF sont utilisés pour le traitement des eaux polluées (bien que pas très souvent) et NF est très rarement utilisé. Le RO est utilisé pour la production d'eau potable et son utilisation pour le traitement des eaux polluées n'est pas justifié, sauf si un prétraitement extensif (MF ou UF) a été préalablement fait.

La composition des membranes est très diverse, principalement des polymères comme la cellulose, le nylon, PTFE, mais les membranes peuvent aussi être en céramique. Les membranes sont fabriquées dans des configurations variées telles que membrane en tube vide de forme tubulaire ou spirale. Les membranes produisent un perméat (ou eau propre) et un retentât (dans lequel se concentre la pollution.) Le retentât, qui peut toujours contenir 98 à 99% d'eau, doit être pris en charge. Suivant le type de membrane et la composition des eaux, le retentât d'une unité de micro ou d'ultra filtration peut constituer 5 à 10% du flux d'eau.

Tandis que la membrane de filtration est capable de prendre en charge une concentration en pétrole de 5ppm ou moins, il faut cependant noter que les membranes n'ont pas été très largement utilisées en application intensive telle que le traitement des eaux polluées et le développement de membranes pour ces applications spécifiques fait toujours l'objet de recherches. Des membranes céramiques spécialement modifiées chimiquement pour le traitement des émulsions pétrole dans eau pourrait remplacer dans le commerce le système dans les 5 prochaines années. Les systèmes de membrane souffrent des problèmes de trop-plein et montrent un comportement très mauvaise stabilité du flux d'eau à long terme.

La majorité des utilisations commerciales se fait à bord des navires et ont donc une faible capacité de traitement. Des installations sur mesure, pour des capacités plus grandes, se caractérisent par un investissement plus élevé ou des coûts de maintenance encore plus grand. Les membranes doivent être remplacées tous les 3 à 5 ans.



Membrane Filtration	Capacité type de petites unités 1 – 10 m <sup>3</sup> /h		
	Capacité type de grandes unités 10 – 50 m <sup>3</sup> /h		
	Pétrole libre	Pétrole en émulsion	Solides en suspension
Procédé (chimique/physique)	Chim./physique	Chim./physique	En prétraitement additionnel
Addition de produits chimiques	Oui	Oui	Oui
Efficacité de la purification [%]	95 – 99	95 - 99	95 - 98
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	5	5	n.a.
Procédé (chimique/physique)	5 – 10	5 – 10	5 – 10

### 3.5 Traitement du pétrole récupéré

Le traitement du pétrole récupéré et des résidus a pour but de réduire le contenu en eau et en solide du pétrole afin de le rendre réutilisable. Evidemment, la première séparation se produit dans un réservoir de stockage temporaire où l'eau se retrouve au fond et peut être enlevée du réservoir. La séparation entre les solides et l'eau se fait après, par centrifugation.

#### 3.5.1 Les centrifugeuses

Les centrifugeuses décanseuses sont adaptées à la séparation de mélange entre l'eau et les solides en deux ou trois phases. La centrifugeuse décanseuse continue est bien adaptée pour l'extraction d'eau des boues, bien qu'il soit impossible d'éviter l'entraînement d'une certaine quantité de pétrole dans le centre. Les centrifugeuses de décansement peuvent être utilisées pour le traitement du mazout, des eaux de sale provenant du pétrole brute et de lavage et de toutes sorte d'huiles de navire.



Les centrifugeuses décanseuses sont alimentées par des pompes à flux variable. La Floculation est menée en séquence, c'est à dire par introduction directe de la solution de polymère dans ligne de boue juste avant l'introduction dans la centrifuge. Des décanseurs en cône peu profonds sont utilisés pour clarifier le liquide, extraire l'eau des solides la classification et la séparation en trois phases (deux liquides et une solide). Le décanseur décharge toutes les phases de façon continue. Des flux variables peuvent être pris en charge en ajustant la vitesse différentielle du système.

Centrifugeuses décanseuses	Capacité type de l'unité 5– 50 m <sup>3</sup> /h		
	Eau extraite du pétrole libre	Eau du pétrole en émulsion	Solides en suspension du pétrole
Procédé (chimique/physique)	physique	Chim./physique	physique
Addition de produits chimiques	Oui	Oui	Oui
Efficacité de la purification [%]	60 – 90	10 - 30	80 - 90
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	Eau/pétrole /boue	Eau/pétrole /boue	Eau/pétrole /boue

Un autre type est la centrifugeuse bol disque. Un système de traitement des boues inclue habituellement un système de chauffage, des pompes d'alimentation, les transporteurs des matériaux, les séparateurs. Plusieurs centrifuges peuvent être installées en parallèle afin d'augmenter la capacité totale de traitement.



Centrifugeuses Bol Disque	Capacité type de l'unité 5 – 10 m <sup>3</sup> /h		
	Eau extraite du pétrole libre	Eau du pétrole en émulsion	Solides en suspension du pétrole
Procédé (chimique/physique)	physique	Chim./physique	physique
Addition de produits chimiques	Oui	Oui	Oui
Efficacité de la purification [%]	60 – 90	40 - 80	90 - 95
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	Eau/pétrole	Eau/pétrole	Eau/pétrole

### 3.5.2 Déshydratation sous vide

L'eau provenant du pétrole est aussi enlevée par déshydratation sous vide. Ces systèmes sont principalement utilisés pour la purification du pétrole. Il sont conçus pour extraire les eaux libres, en émulsion et dissoutes ainsi que les contaminations de particules et de gaz provenant du pétrole et des huiles synthétiques.



Vu que cette technologie est spécialement conçue pour le traitement du fioul avec une composition d'alimentation constante, elle n'est pas considérée comme étant utilisable pour le traitement de mélange de déchets de pétrole avec une large variation de composition. Il n'est donc pas nécessaire de faire une évaluation plus poussée.

### 3.6 Extraction des boues résiduelles

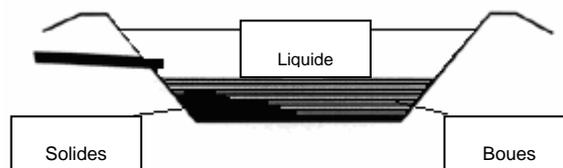
Les boues, telles les boues qui se trouvent au fonds des citernes et en particulier les boues provenant des procédés de séparation (séparateur API, séparateurs à plaque coalesçant, les unités de flottation qui peuvent contenir jusqu'à 95% d'eau) sont presque toujours libérées de leur eau avant la prise en charge finale. Un certain nombre de méthodes sont fréquemment utilisées.

### 3.6.1 Les bassins

L'eau des boues peut être extraite au cours de leur stockage dans des bassins construits dans les dépressions naturelles de terrain ou avec des digues en terre. Afin d'éviter les dangers pour l'environnement et la santé publique, les bassins doivent être construits avec du géotextile fermé, placé sur une couche d'argile. Une tranchée de sécurité doit être creusée autour des bassins et les bords du bassins bloqués en place et approximativement 0.5 m de sol doit être remplacé pour protéger ce qui couvre.



L'extraction d'eau est le résultat de la séparation physique selon le poids spécifique et l'évaporation des liquides (au cours d'une période plus longue). La suppression des liquides libres du bassin peut être réalisée facilement en pompant par la surface tandis que les sédiments peuvent être supprimés par creusement ou dragage. Le nettoyage des bassins à intervalle régulier (suppression des sédiments) est nécessaire.





bassins			
	Pétrole libre	Autres liquides	Solides en suspension
Procédé (chimique/physique)	Physique	Physique	Physique
Addition de produits chimiques	Non	Non	Non
Efficacité de la purification [%]	Petr. /eau/boue	Petr. /eau/boue	Petr. /eau/boue
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	Imprévisible	Imprévisible	Imprévisible

### 3.6.2 Lits de séchage des boues

Les lits de séchage ouverts peuvent être considérés comme des «bassins avec installation de drainage». Le drain est habituellement fait en sable recouvrant du gravier grossier reposant sur les collecteurs de drain. Les fluides sont retirés via le drain et d'autre part évaporés de la couche de surface. Ils sont largement répandus dans les zones tropicales car ils ont l'avantage aussi bien de sécher que d'extraire l'eau et ne requièrent virtuellement aucun équipement mécanique. Les performances et l'utilisation des lits de séchage sont cependant affectées par un certain nombre de facteurs incluant:

- Les conditions climatiques;
- Les caractéristiques des boues;
- La valeur des terrains et la proximité des habitations.



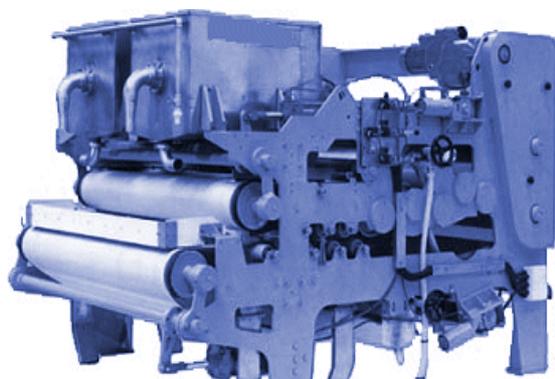
Les lits de séchage ne sont pas particulièrement adaptés pour les boues contenant des hydrocarbures car le séchage et le drainage sont lents et le drain peut se retrouver bouché par du pétrole.

Lits de séchage			
	Pétrole libre	Autres liquides	Solides en suspension
Procédé (chimique/physique)	Physique	Physique	Physique
Addition de produits chimiques	Non	Non	Non
Efficacité de la purification [%]	Petr. /eau/boue	Petr. /eau/boue	Petr. /eau/boue
Qualité type de l'effluent (pétrole) [mg/l]	Imprévisible	Imprévisible	Imprévisible

### 3.6.3 Equipement mécanique de l'extraction de l'eau des boues

Comme déjà décrit dans la section 3.5.1, les **centrifugeuses décanseuses** sont souvent utilisées pour l'extraction de l'eau des boues (contenant des hydrocarbures). De plus, la méthode de filtration est fréquemment utilisée pour l'extraction de l'eau des boues. La filtration peut consister en un drainage à travers un lit de sable (lit de séchage) ou elle peut être mécanique, sous pression ou sous vide, ce qui nécessite un équipement plus compliqué. Les techniques les plus avancées sont le séchage par chauffage et par évaporation.

En utilisant continuellement les **presses à filtre ceinture**, ou en opérant par lot, les **presses à filtre** utilisent la fabrication de filtres pour la séparation de liquides et de solides. Ces filtres sont en connexion avec les boues contaminées par le pétrole, sujets à de sévères bouchons qui ne peuvent être évités que par l'addition de matériels de conditionnement. Le conditionnement rajoutera approximativement 100 à 200% de solide au flux de boue original.



Une autre technique fréquemment utilisée est le **filtre sous vide**



Un filtre sous vide consiste en un cylindre troué couvert d'un milieu filtrant composé de textiles, plastiques ou acier. Tandis que le cylindre tourne, un vide est appliqué à une section du cylindre immergé dans la boue humide. En augmentant le vide, l'eau est envoyée à travers le milieu filtrant, laissant la boue sous la forme d'un gâteau qui est déchargé après une révolution.

Toutes ces techniques de filtration ont le sérieux désavantage qu'une quantité substantielle de produits chimiques doit être ajoutée et le textile du filtre est régulièrement bouché par le pétrole. Cela résulte en des coûts élevés de maintenance et d'exploitation, et ces techniques ne sont donc pas évaluées en détail.

**Le séchage thermique** réduit l'humidité d'environ 10%, ce qui est bien moins de ce qui peut être atteint dans le séchage des boues par lit de séchage, centrifugeuses ou par filtration sous vide. Les équipements sont:

- Des fours en rotation;
- Des sécheurs par flash (flash dryers).



Comme le séchage thermique est très cher en terme d'investissement de capital et de coût opérationnel, ce système n'est pas considéré comme une technologie réalisable pour le traitement et l'élimination des déchets liquides des navires. Le séchage thermique des déchets avant leur élimination finale n'est pas très répandu, même dans les pays industrialisés.

---

### 3.7 Facteurs déterminants pour sélectionner une technologie de traitement

#### 3.7.1 Critères de Sélection

Dans cette section, les alternatives possibles de modification du procédé sont évaluées. Nous avons appliqué une approche structurée, prenant en compte plusieurs critères pertinents:

- A. Les technologies ayant fait leurs preuves (une technologie communément utilisée pour des applications similaires);
- B. La qualité de l'effluent pouvant être atteinte;
- C. La maintenance requise (doit être faible);
- D. La consommation des installations (doit être faible);
- E. Les contraintes de terrain (doit être faible);
- F. Les coûts des investissements (doit être faible).

L'aspect visant la qualité de l'effluent sera différencié suivant le type de pétrole et une technologie particulière. Par exemple: un séparateur API fonctionne correctement avec le pétrole libre (auquel il peut être appliqué) mais pas pour du pétrole en émulsion (auquel on ne peut pas l'appliquer). Il est alors important d'identifier quels types de technologie de traitement fonctionnent pour quel type de pétrole. Les résultats de l'identification sont résumés ci-dessous. Il faut souligner que les conditions locales ne sont pas prises en compte.

#### 3.7.2 Sélection des technologies

Le tableau 5 résume les caractéristiques du type de technologie de traitement telles qu'elles ont été discutées dans les sections précédentes.

**Tableau 5: Adéquation du traitement en fonction des composants du pétrole**

Technologie	Résultats de traitement sur:			
	Pétrole libre	Émulsions créées mécaniquement	Emulsions chimiques stables du pétrole dans l'eau	Emulsions chimiques stables de l'eau dans le pétrole + solides en suspension
Séparateur API	++	-	--	--
Hydrocyclone	+	-	--	--
Plaque coalesçant	++	++	-	-
Filtre coalesçant	+	++	-	-
IAF	++	+	-	-
Traitement Chim. + IAF	++	++	+	+
DAF	++	+	+/-	+/-
Traitement Chim.+ DAF	++	++	++	++
Membrane Filtration	++	++	++	+
Centrifugeuse	+	+	++	++

Technologie	Résultats de traitement sur:			
	Pétrole libre	Émulsions créées mécaniquement	Emulsions chimiques stables du pétrole dans l'eau	Emulsions chimiques stables de l'eau dans le pétrole + solides en suspension
décanteuse (+ produits chim.)				
Centrifugeuse bol Disque (+produits chim.)	+	+	++	++

-.-: n'atteint pas les objectifs

-: atteint les objectifs minimum

+: atteint les objectifs

++: dépassent les objectifs

Les Technologies caractérisées par un '+' et '++' sont évaluées dans les tableaux qui suivent. De plus, un certain nombre de techniques de traitement des boues, comme le décrit la section 3.6 et plus tard la section 6, ont été elles aussi évaluées.

On remarquera que '++' sur une technologie ayant fait ses preuves peut être interprété comme «beaucoup de références, utilisé communément» et '+' sur un effluent de concentration faible en pétrole signifie «bien en dessous des concentrations acceptées pour rejeter.»

**Tableau 6: Technologies pour la suppression du pétrole libre**

Technologie de suppression du pétrole	Critères de qualité					
	Technologie prouvée	Concentration faible dans l'effluent	Faible maintenance	Faible consommation des ressources	Faible surface	Faibles coûts d'investissement
Séparateur API	++	-	++	+	--	-
Hydrocyclone	-	-	++	++	++	+
Plaque coalesçant	+	+	+	+	+	+
Philtre coalesçant	+	+	-	+	+	+
IAF	+	++	-	-	-	-
Traitement Chim. + IAF	+	++	+	--	-	-
DAF	+	++	-	-	-	-
Traitement Chim.+ DAF	+	++	+	--	-	-
Membrane Filtration	--	++	--	-	+	--

Solutions optimales pour la collecte, le traitement et l'élimination des déchets solides et liquides produits par les navires

	Critères de qualité					
Technologie de suppression du pétrole	Technologie prouvée	Concentration faible dans l'effluent	Faible maintenance	Faible consommation des ressources	Faible surface	Faibles coûts d'investissement
Centrifugeuse décanteuse (+ produits chim.)	..	-	-	-	-	-
Centrifugeuse bol Disque (+produits chim.)	..	+	-	-	-	-

Tableau 7: Technologies pour la suppression du pétrole en émulsions

	Critères de qualité					
Technologies pour la suppression du pétrole en émulsions	Technologie prouvée	Concentration faible dans l'effluent	Faible maintenance	Faible consommation des ressources	Faible surface	Faibles coûts d'investissement
Séparateur API	+	-	++	++	+	+
Hydro cyclone	+	-	+	++	+	+
Plaque coalesçante	+	-	+	++	+	-
Philtre coalesçant	++	+	+	-	+	-
IAF	+	+	+	-	+	-
Traitement Chim. + IAF	++	++	+	-	+	-
DAF	-	++	-	+	+	..
Traitement Chim.+ DAF	..	-	-	-	-	-
Membrane Filtration	..	-	-	-	-	-

Tableau 8: Technologies pour l'extraction de l'eau dans le pétrole

	Critères de qualité					
Technologies pour l'extraction de l'eau dans le pétrole	Technologie prouvée	Concentration faible dans l'effluent	Faible maintenance	Faible consommation des ressources	Faible surface	Faibles coûts d'investissement
Centrifugeuse décanteuse	++	-	+	+	+	+
Centrifugeuse bol disque	++	+	-	+	+	-

**Tableau 9: Technologie pour l'extraction de l'eau des boues**

Technologie pour l'extraction de l'eau des boues	Critères de qualité					
	Technologie prouvée	Concentration faible dans l'effluent	Faible maintenance	Faible consommation des ressources	Faible surface	Faibles coûts d'investissement
Centrifugeuse décanteuse	++	+	-	+	+	-
Centrifugeuse bol disque	+	+	-	+	+	-
IAF incl. trait. chimique	+	-	-	-	-	-
DAF incl. trait. chimique	++	-	-	-	-	+
Filtre ceinture Press	--	+	--	--	+	-
Filtres plaques Press	--	+	--	--	-	-
Filtre à vide	--	+	--	-	+	-
Four rotatoire	+	++	-	--	-	--
Séchoirs flash	-	++	--	--	-	--
Bassins	+	++	+	++	++	-
Lit de Séchage	+	+	+	++	++	-

### 3.8 Evaluation des techniques concernées

L'évaluation d'une technique de traitement potentielle est basée sur les critères (de A à F) tels qu décrits dans le paragraphe 3.7.2 et les facteurs de pondération sont définis ci-dessous. Les facteurs de poids sont basés sur le jugement d'experts provenant de l'expérience dans des projets similaires.

Le score par critère utilisé dans l'évaluation, est divisé en 4 niveaux tels qu'il suit:

- 2 inadéquat
- 1 pauvre
- +1 bon
- +2 Très bon

Le score total a été compté et multiplié par les facteurs de pondération suivants:

Critères	Facteurs de pondération [%]
A Technologie ayant fait ses preuves	30
B Effluent à faible contenu en eau/pétrole	20
C Faible maintenance	10
D Faible consommation des ressources	10
E Faibles espaces nécessaires	10
F Faibles coûts d'investissement	20
<b>Total</b>	<b>100</b>

Le score total est déterminé en utilisant cette équation:

$$\text{Score Total} = \sum_{i=A}^F \text{score}_i \times \text{facteur de pondération}_i$$

Les résultats sont présentés dans le tableau 10.

---



Basé sur les résultats présentés dans le tableau 10, les techniques suivantes ont été évaluées comme étant adaptées aux installations de réception et de traitement des déchets contenant des hydrocarbures provenant de navires.

**Tableau 11: Evaluation des résultats**

<b>Source</b>	<b>Traitement</b>	<b>Technologie</b>
Eaux de ballast	Suppression du pétrole libre	<b>Plaques Coalesçantes</b>
Eaux de nettoyage	Suppression du pétrole en émulsion	<b>DAF + Flocculation</b>
Flaques de pétrole	Suppression de l'eau du pétrole	<b>Centrifugeuse décanseuse</b>
Traitement des boues	Extraction de l'eau des boues	<b>Bassins</b>

## **4 Recyclage et élimination finale des déchets**

### **4.1 Types de déchets pour le recyclage et l'élimination finale**

Le traitement des déchets contenant des hydrocarbures et des ordures de navires conduit finalement à un nombre limité de résidus qui peuvent être recyclés ou - si le recyclage n'est pas possible - pour lesquels un moyen de prise en charge définitive doit être trouvé.

#### **Les hydrocarbures**

Ce qui est récupéré peut être mélangé avec du pétrole d'extraction ou pour une utilisation dans les navires ou les systèmes de combustion d'usine. Il peut être utilisé en temps que fioul de basse qualité et brûlé dans des usines d'asphalte, ciment et fours à chaux ou incinérateurs de déchets, utilisant ainsi sa valeur calorifique. Le pétrole récupéré peut aussi être re-raffiné.

#### **Les boues**

Les boues provenant du traitement des eaux sales peuvent être séchées avant leur entreposage final afin de réduire le volume et de produire un déchet qui est facile à manipuler. Les boues provenant des unités de traitement des déchets (industriels) sont pratiquement toujours non recyclables et doivent être entreposées. Ce séchage peut consister en un certain nombre d'étapes:

- Élimination de l'eau par évaporation naturelle ;
- Élimination de l'eau mécaniquement ;
- Séchage thermique ;
- Incinération.

Le chapitre 3.6 décrit plusieurs possibilités pour l'élimination de l'eau dans les boues générées par le traitement des déchets de navires. Tandis que les boues ainsi traitées auront une consistance solide ou semi solide, elles peuvent encore contenir de l'eau, entre 50% et 80% de la masse totale. Il existe des options techniques disponibles pour réduire d'avantage la quantité d'eau dans les boues (déjà traitées), c'est à dire le séchage et l'incinération. Ces options sont discutées dans le chapitre 4.3 ci-dessous.

#### **Les ordures solides**

Les ordures solides non séparées peuvent être incinérées afin d'obtenir une réduction substantielle de volume ou peuvent être envoyés en décharge. Des fractions séparées d'ordures solides peuvent être redirigées dans des procédés de recyclage.

La meilleure option pour l'élimination finale des déchets est le stockage dans une décharge contrôlée.

---

## **4.2 Les options de recyclage**

### **4.2.1 Les ordures**

Le recyclage consiste à utiliser des déchets de matériaux comme source de matériel brut. Il s'agit par exemple de cannettes d'aluminium, pièces de métal, plastiques, verre ou papier. L'Activité 1 rapporte que dans tous les ports les déchets des navires sont mis en décharge et aucune information supplémentaire n'est présentée pour des schémas de recyclage des déchets. Un aperçu des quantités d'ordures provenant des navires dans chaque port, comme rapporté dans l'activité 1, est présenté en Appendice B. On peut en conclure que les ordures alimentaires constituent la plus grande partie du volume total d'ordures reçues.

Une difficulté particulière avec les ordures alimentaires peut être que débarquer ces déchets du navire est parfois officiellement interdit par des règles sur la santé publique ou par des règles vétérinaires. Le rapport de l'Activité 1 ne fournit aucune information à ce sujet. La situation suivante peut se produire:

- Les ordures alimentaires ne peuvent être réceptionnées selon les règles vétérinaires ou de santé publique qui s'appliquent.
- Si, cependant, des ordures alimentaires sont délivrées par des navires, l'incinération est la seule technologie qui garantit la suppression de tout risque sanitaire ou vétérinaire;
- Dans la pratique, les ordures alimentaires sont réceptionnées (séparés ou mélangés avec d'autres ordures) et sont menées à la décharge.

Les ordures de navire ne sont présents qu'en si faible quantité qu'il n'y a aucune justification pour proposer des options de séparation et de recyclage pour les ordures provenant exclusivement des navires. Pour tout port, c'est une option réalisable seulement si il existe déjà des installations de séparation et de recyclage des ordures provenant de sources déjà existantes (municipales) de déchets basées à terre. Vu qu'il ne semble pas que ce soit le cas, il est inutile d'élaborer des options de séparation et de recyclage des ordures. Cependant, en complément, dans l'annexe C, quelques informations sont présentées sur les méthodes de séparation.

### **4.2.2 Les hydrocarbures**

Les déchets contenant des hydrocarbures peuvent être réutilisés à des fins variées, suivant la composition et les contraintes de qualité. Les rapports sur les Activités 1 et 2 soulignent plusieurs options :

- Mélange avec du pétrole d'extraction;
  - Utilisation comme Fuel secondaire dans les fours à ciment, les chauffe-eau, etcetera.
  - Re-raffinage.
-

Concernant les options d'entreposage final pour le pétrole, la situation décrite dans les Activités 1 et 2 fournit des informations utiles. Dans certains pays, un schéma pour la collecte et le traitement des déchets de pétrole existe, par exemple en la Slovénie. Dans plusieurs autres ports, une raffinerie est susceptible d'accepter le pétrole récupéré, par exemple en Rijeka. Aussi souvent que possible, le stockage final des déchets d'hydrocarbures des navires doit se faire selon les procédés de traitement et de stockage final déjà existants, vu que ce sera de loin, l'option la moins chère.

En annexe D un calcul simplifié a été fait sur les volumes de pétrole (potentiellement) récupérable, basé sur la composition moyenne des déchets contenant des hydrocarbures. On en déduit rapidement que, en particulier pour les ports où un chemin à suivre pour le traitement du pétrole n'a pas encore été identifié, les volumes sont petits et ne justifient pas une unité de traitement (telle qu'une unité de distillation). Notre approche à ce sujet, concernant la conception des installations de traitement dans chaque port est élaborée plus loin dans le chapitre 5.1.

### **4.3 Traitement et entreposage final**

#### **4.3.1 Séchage**

Avant que le séchage thermique ne soit effectif, l'eau doit être évacuée mécaniquement. Un certain nombre de technique pour l'élimination de l'eau sont déjà présentées dans la section 3.6 à propos du traitement des boues (filtres à vide, presses sur filtre, bassins et lits de séchage des boues). Pour le traitement des boues par le séchage sous chauffage et l'incinération le contenu d'eau doit être <50%.

Le séchage thermique réduit le contenu d'eau de la vase à de très faibles niveaux. L'incinération élimine totalement non seulement le contenu d'eau dans la vase, mais implique aussi la combustion de la matière organique contenue dans la vase. La cendre, consistant en la fraction incombustible inorganique de la vase, reste et doit être éliminée.

L'incinération inclut évidemment une phase de séchage, mais puisque il utilise la valeur calorifique de la substance organique de la vase, il exige toujours moins d'énergie qu'un séchage de chaleur. Pour cette raison le séchage sous chaleur ne vaut seulement d'être considéré que si le produit de fin peut être utilisé et mis sur le marché suivant un procédé industriel (ou si l'élimination de la vase est si chère que les coûts de séchage sont compensés par la réduction des coûts pour l'élimination, mais ceci est rarement le cas). S'il n'y a pas de marché pour de tels produits, l'élimination directe ou l'incinération sont les options les plus faisables pour l'enlèvement de vase.

Les installations de séchage ont été brièvement abordées dans le chapitre 3.6.3 comme alternative à l'élimination mécanique de l'eau. De tels systèmes peuvent être conçus pour un fonctionnement par séquence ou en continu. L'un des systèmes principalement utilisé est le système de lit fluide comme montré ci-dessous. Il est nécessaire d'avoir une capacité d'évaporation adéquate afin d'obtenir un rendement maximal dans des conditions de chargement en pic. Le taux d'évaporation est le paramètre le plus important dans la description des caractéristiques d'un système de séchage thermique.

---



Une autre technologie de séchage des boues consiste en un tambour de séchage rotatif tel que le montre la photographie suivante.



Les tailles standards des sécheuses sont basées sur les taux d'évaporation d'une ou plusieurs tonnes par heure. Le séchage résulte en une réduction de volume des déchets à éliminer mais n'a pas d'autres avantages.

#### **4.3.2 Les incinérateurs**

Afin de réduire le volume des déchets dans un processus de combustion contrôlée, les incinérateurs sont habituellement utilisés en fonctionnement par séquence ou en fonctionnement continu. Ils sont disponibles dans le commerce, couvrant une large gamme de capacités, à partir d'environ 50 kg/jour jusqu'à plusieurs dizaines de tonnes, voire même plus. Suivant la taille de l'unité d'incinération, des systèmes peuvent être ajoutés comme la récupération de chaleur, la génération d'électricité et le traitement des gaz d'échappement. Les incinérateurs doivent de préférence être utilisés pour des opérations continues. Brûler des déchets à très haute température détruit les composants chimiques dangereux tels que les PCB. La cendre est entreposée dans une décharge. Plusieurs exemples d'incinérateurs sont montrés ci-dessous, d'une capacité très petite à une capacité moyenne. Des systèmes bien plus gros existent.

---

Les petits incinérateurs ne sont pas équipés de systèmes de traitement des gaz d'échappement et émettent simplement de la fumée à travers un court tuyau. Les grandes unités doivent être équipées de traitement des gaz d'échappement, pour lesquels une variété de techniques est mise en combinaison, tels que les filtres électrostatiques, les filtres à charbon actifs et DeNOx. Le traitement des gaz d'échappement enlève une grande variété de polluants s'échappant par le tuyau. Il faut cependant noter que de tels incinérateurs à gros volumes est extrêmement chers (plusieurs millions d'euros) et approximativement 30 à 50 % de l'investissement va dans le traitement des gaz d'échappement.



### 4.3.3 Les décharges

L'élimination des boues dans une décharge est l'option la plus communément utilisée pour l'élimination de l'eau contenue dans les déchets liquides. Cette option d'élimination directe peut être appliquée aux boues ayant une consistance solide. Les déchets liquides ne doivent pas être éliminés en décharge.

Bien que les réductions à la source, la réutilisation et l'incinération peuvent réduire le volume de déchets à éliminer, les décharges sont dans beaucoup de cas l'option d'élimination.

---



Les décharges modernes contrôlées sont des installations bien conçues qui comprennent:

- Un système de surveillance des eaux souterraines;
- Des couches imperméables (géotextiles) pour empêcher les liquides pollués de pénétrer le sol et les eaux souterraines;
- Un système de drainage et le traitement des liquides pollués;
- Un système d'extraction des gaz;
- Le recouvrement des sections qui sont remplies.

A l'autre bout de l'échelle se trouvent les sites de décharge incontrôlés utilisés sans supervision ou et sans systèmes techniques empêchant la pollution du sol ou des eaux souterraines.

#### **4.4 Facteurs déterminants pour la sélection des options d'élimination en charge finale des déchets**

Les options décrites dans ce chapitre sont évaluées suivant les critères suivants :

- A. Une technologie ayant fait ses preuves (Une technologie communément utilisée pour des applications similaires);
  - B. L'impact environnemental;
  - C. La maintenance nécessaire (doit être faible);
  - D. La consommation de ressources (doit être faible);
  - E. Les contraintes d'espace (doit être faible);
  - F. Le coût des investissements (doit être faible).
-

**Tableau 12: Technologies pour la suppression des ordures solides**

Technologies pour la suppression des ordures solides	Critères de qualité					
	Technol éprouv.	Impact environnement	Faible mainten.	Faible consom. ressources.	Prend peu de place	Faibles investis.
Séchage	-	+	--	--	+	--
Incinération	++	+	--	-	+	--
Décharge non contrôlée	++	--	++	++	-	++
Décharge contrôlée	++	+	+	+	-	+

Légende

- ,-: n'atteint pas les objectifs
- : n'atteint que les objectifs minimums
- +: atteint les objectifs
- ++: va au delà des objectifs

Lorsque l'analyse à multicritères se fait telle qu'elle est décrite dans le chapitre 3.8, les résultats sont les suivants.

Le score par critère utilisé dans l'évaluation, divisé en 4 niveaux, est tel ce qui suit:

- 2 Inadéquat
- 1 Pauvre
- +1 Bon
- +2 Très bon

Le score total a été compté et multiplié par les facteurs de pondération suivants:

Critère	Poids [%]
A Technologie Eprouvée	10
B Impact environnemental	30
C Faible maintenance	10
D Faible consommation des ressources	10
E Faible espace	10
F Faibles coûts d'investissement	30
<b>Total</b>	<b>100</b>

**Tableau 13: Résultat de l'évaluation des technologies de suppression des ordures solides**

Tableau	Technique	Facteurs de pondération						Score total	Rang
		A	B	C	D	E	F		
		10	30	10	10	10	30		
10	Séchage	-1	1	-2	-2	1	-2	-80	4
	Incineration	2	1	-2	-1	1	-2	-40	3
	Décharge non contrôllée	2	-2	2	2	-1	2	60	2
	Décharge contrôllée	2	1	1	1	-1	1	100	1

La décharge contrôllée apparaît comme la solution la meilleure. La décharge incontrôllée arrive en seconde place. Tebodin a inclus cette option dans son évaluation afin de prouver l'impact des facteurs de pondération: une décharge non contrôllée est peu coûteuse, ne demande quasiment pas de maintenance ou de ressources, mais elle a de sérieux impacts sur l'environnement. Afin d'éviter un malentendu: Tebodin ne recommande certainement pas la décharge non contrôllée.

Il est évident que l'incinération est chère et virtuellement inexistante dans les pays participants à cette étude. Le rapport de l'activité 1 décrit clairement que les ordures sont emmenés vers une décharge dans tous les ports et il s'agit, de loin, de la solution la moins chère. A chaque fois que cela s'avère possible, les décharges non contrôllées doivent être converties en décharge contrôllée afin d'être au niveau des standards environnementaux. Nous suivrons donc les pratiques existantes telles qu'elles sont décrites dans le rapport de l'Activité 1.

## 5 Les installations proposé

### 5.1 Considérations générales

Avant d'évaluer quels équipements sont les plus appropriés pour chacun des ports dans chaque pays, un certain nombre de considérations générales s'appliquent.

#### **Le niveau d'adéquation des installations existantes**

Au cours des Activités 1 et 2, les informations ont été récoltées en ce qui concerne les installations déjà existantes dans chaque port, et une analyse a été faite pour évaluer si ces installations sont adéquates ou non. Nous adhérons à ces évaluations qui ont été résumées dans le chapitre 2.

#### **Les volumes de déchets et l'exploitation des installations pour les déchets contenant des hydrocarbures**

Un des résultats des Activités 1 et 2 est une estimation du volume des différents types de déchet dans chacun des ports. Ce résultat est résumé dans annexe A. La capacité de réception est déterminée par le volume maximal de déchet délivré par un navire, et une supposition quant au nombre de navires qui délivrent leurs déchets simultanément. La capacité de traitement, cependant, est déterminée par le flux moyen de déchet. Dans ce but, les volumes moyens journaliers ont été calculés, sur la base des traitements des jours de la semaine, c'est à dire 250 jours par an, ainsi qu'un flux moyen par heure, sur la base de une exploitation de 8 heures par jour des installations de traitement. Les résultats sont présentés dans annexe E. En ce qui concerne leur conception, comme le propose le rapport des Activités 1 et 2 pour différents ports, on peut en conclure que:

1. La capacité de prise en charge de la majorité des ports est en général suffisante pour une semaine de livraison de déchet et suffisante pour traiter les volumes maximum attendus par navire.
2. Les capacités de traitement dépassent de façon significative le flux journalier et sont généralement suffisants pour traiter le volume maximal qui peut être stocké dans le(s) citerne(s) de stockage en un jour.
3. Les mesures nécessaires d'acceptation (afin d'éviter l'écoulement d'un mélange qui ne serait pas séparé) doivent être prises en charge dans la planification de gestion des déchets.

Tebodin est en accord avec les recommandations faites dans les rapports des Activités 1 et 2. En particulier en ce qui concerne la question des capacités de traitement, nous faisons les remarques suivantes:

- La citerne de stockage sera utilisée pour séparer le pétrole libre surnageant. Cela nécessite cependant que le contenu de la citerne (presque plein) doive avoir le temps de décanter. A la suite de quoi, le pétrole sera transféré à une citerne de stockage de pétrole et l'eau polluée est traitée.
  - Le processus se fait sur une période de temps relativement courte, afin d'éviter que les navires ne puissent pas décharger leurs déchets (délais non justifié). Il convient donc d'avoir une marge de sécurité dans la capacité de traitement.
  - La capacité de traitement proposée pour la majorité des ports est autour de 5 à 10 m<sup>3</sup>/h. Dans de nombreux types de technologie de traitement, ces capacités sont déjà atteintes pour les petits modèles (voire même du plus petit) disponibles dans le commerce. Des capacités de traitement de 1 à 2 m<sup>3</sup>/h sont dans beaucoup de cas des modèles pilotes ou presque, et nous ne recommandons pas d'installer des unités si petites.
-

### **Elimination finale des hydrocarbures**

Pour plusieurs ports (section 2.1), les installations de réception et de traitement pour les déchets d'hydrocarbures sont recommandées, mais une option d'élimination du pétrole n'est pas abordée, et nous présumons que cela n'a pas été pris en compte en détail dans les activités 1 et 2. Nous voulons insister sur le fait qu'une option d'élimination du pétrole récupéré est une nécessité pour la mise en place des installations de traitement, et ce point se doit de ne pas être oublié. En effet, si aucune possibilité n'est trouvée pour une utilisation du pétrole, les opérations de traitement devront alors s'arrêter lorsque la citerne de stockage du pétrole est pleine, des déchets de pétrole peuvent alors être répandus dans l'environnement, les services de récupération des déchets des navires peuvent se détériorer, et ainsi de suite.

Pour plusieurs autres ports (section 2.1) où des volumes très faibles de déchets sont prévus, des services de collecte limités sont seulement recommandés, sans autre spécification pour les déchets contenant des hydrocarbures qui doivent être déposés dans une installation approuvée. De telles installations ne semblent pas encore exister dans ces ports. Nous comprenons cela, mais nous voulons alors insister sur les dilemmes sous-jacents.

- Fournir un service de réception des déchets aux navires peut être relativement facile, mais les volumes qui en résultent (même s'il s'agit seulement de 100 m<sup>3</sup> par an) peuvent devenir très rapidement une opération qui n'a plus rien d'environnementale. Les déchets d'hydrocarbures peuvent être collectés contre une taxe, mais ensuite rejetés ou immergés sans coûts et sans prendre en compte les conséquences sur l'environnement.
- Une décision peut être alors de ne pas fournir de prestation de récupération des déchets et d'en informer les navires en conséquence. Dans le meilleur des cas, cela peut entraîner que les navires déchargent leurs déchets dans les ports précédents ou les gardent à bord jusqu'au prochain port où des installations existent, et cela est alors bien mieux que d'accepter des déchets sans aucune possibilité de traitement. Dans le pire des cas, cela peut mener à des rejets en mer.

### **Réception et traitement des ordures**

Dans nos recommandations, nous suivrons les pratiques existantes de stockage des déchets, décrites pour les divers ports dans le rapport de l'activité 1.

### **L'impact des conditions locales**

Lorsque les différentes options de traitement et d'entreposage final des déchets ont été décrites dans les chapitres 3 et 4, les conditions locales spécifiques n'ont pas été prises en compte, et d'un point de vue technologique, il n'y a pas de raison de le faire. Tandis qu'il est clair que toute installation (ou qu'elle soit) doit être exploitée et maintenue de façon appropriée par des opérateurs convenablement formés, il n'y a pas de conditions locales qui amèneraient à la sélection de différentes technologies dans différents ports et pays. En d'autres mots, par exemple, une unité DAF (Dissolved Air Flotation) fonctionnera partout si elle est convenablement utilisée.

Cependant les conditions locales ont bien un impact sur la conception des installations. Il s'agit de la présence ou de l'absence d'installations, équipements et options pour la prise en charge des déchets et cela est traité plus en détail dans les chapitres 5.2 et 5.3, qui visent les installations types.

---

## Collecte des déchets

Les rapports des activités 1 et 2 décrivent les besoins nécessaires concernant la collecte des déchets dans les ports, pour des embarcations telles que des pétroliers ou des barges. Dans le chapitre 5.2, les installations types de traitement seront décrites et des indications de coûts fournies. Cependant, nous avons supposé que la collecte de différents types de déchets ne demande pas d'investissement en équipement, mais que la collecte s'organise avec des contractants privés qui peuvent utiliser leur matériel à d'autres fins.

## 5.2 Installations types pour déchets contenant des hydrocarbures

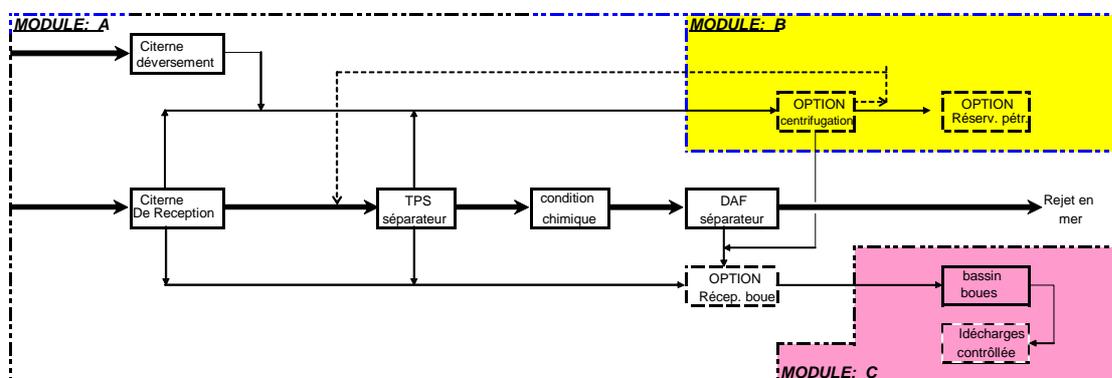
### 5.2.1 Description

Lorsque l'on reprend les installations proposées pour les déchets contenant des hydrocarbures, comme décrit dans le chapitre 2.1, il apparaît que pour plusieurs ports, les conditions sont très proches en ce qui concerne la capacité de stockage temporaire et la capacité de traitement. Le chapitre 3 conduit à des conclusions claires sur les options de traitement qui sont applicables, en tenant compte des critères de sélection qui ont été décrits.

Ainsi, nous décrivons dans cette section les installations types qui peuvent s'appliquer dans un certain nombre de ports. Dans les sections 5.3 à 5.12 qui suivent, les pays et les ports seront individuellement traités. Une installation type de réception et traitement comprend trois blocs élémentaires:

- Module A: Réception et traitement de l'eau contenant des hydrocarbures+ stockage du pétrole récupéré;
- Module B: Traitement des résidus contenant des hydrocarbures;
- Module C: extraction de l'eau des boues.

Le module A est nécessaire dans tous les cas où des installations de réception et de traitement de déchets sont établies, les modules B et C sont optionnels comme expliqué ci-dessous. Un diagramme simplifié est montré ci-dessous. L'annexe F fournit des informations détaillées.



**Module A: Traitement des eaux contenant des hydrocarbures**

Les déchets d'hydrocarbures contenant beaucoup d'eau (eaux de cale, lavage des citernes) sont transférés dans un réservoir de stockage temporaire, équipé avec un écrémateur pour enlever le pétrole séparé. Après un temps suffisamment long dans ce réservoir, la fraction d'eau est enlevée et pompée vers un coalescer en assiette (appelé TPS) afin de supprimer la fraction restante de pétrole libre. Dans certains ports, un séparateur API existe déjà. Si c'est le cas il peut être utilisé pour remplacer le TPS, mais cela n'est recommandé qu'après analyse des équipements afin de savoir si cela s'y prête bien. Pour le moment, nous supposons qu'un nouveau TPS est nécessaire.

L'étape suivante est la coagulation-flocculation. Des pompes ajoutent des produits chimiques à l'eau. Le liquide effluent est alors pompé dans une unité DAF où tous les produits pétroliers en flocon ou solides sont séparés.

Une citerne est prévue pour collecter le pétrole libre récupéré dans la citerne de stockage temporaire et dans le TPS. Les résidus à fort taux d'hydrocarbure sont aussi récupérés dans cette citerne. L'eau qui se décante dans cette citerne est drainée par intermittence et amenée au TPS. Une citerne à de boue est prévue pour récupérer les boues collectées dans le séparateur eau/pétrole et dans l'unité DAF. L'eau effluente ainsi traitée (à moins de 10 ppm typiquement) est alors rejetée dans un égout ou dans la mer.

**Module B: Traitement des couches de pétrole**

Le module B doit être considéré comme optionnel. Le pétrole peut avoir à atteindre certaines spécifications concernant la concentration en eau et en solides pour un usage ultérieur. Dans ce but, une centrifugation est faite. L'eau qui est séparée (décanteur trois phases) est redirigée vers le TPS, les solides seront transférés vers la citerne à boues et finalement stockés dans une décharge. Le pétrole libéré des solides et de l'eau est stocké dans une autre citerne pour un usage ultérieur.

Cependant, s'il n'y a pas d'exigence sur la qualité du pétrole, il est inutile de faire de la centrifugation. Les raffineries – et par exemple aussi, les usines à combustion pétrole- ont déjà des systèmes pour traiter les déchets de pétrole.

Dans les ports où se trouve une raffinerie, nous avons supposé que la raffinerie accepte de prendre en charge les déchets de pétrole provenant du module A et que le module B n'est pas nécessaire. Dans les ports sans raffinerie, un autre débouché doit être trouvé pour les résidus contenant des hydrocarbures tel qu'une industrie locale qui pourrait être intéressée à utiliser ce fioul pour son chauffe eau. Nous voulons souligner le fait que le module B ne doit être construit que si sa nécessité a été clairement établie, et cela ne peut se faire qu'après enquête locale. Si finalement il est certain que ce pétrole ne peut être utilisé par personne, il peut être nécessaire d'installer un incinérateur pour les déchets.

**Module C: Traitement des boues résiduelles**

L'extraction de l'eau des boues obtenues dans les modules A et B, doit se faire avant que le stockage final puisse se faire. Le chemin que nous suggérons pour les boues consiste dans l'extraction d'eau dans des lits de séchage ou dans un bassin, suivie par une décharge contrôlée pour élimination. Les solides restants dans le lit de séchage/bassin sont extraits (une à deux fois par an, par exemple) et transportés dans une décharge existante.

---

## 5.2.2 Coûts d'investissement pour installations type de traitement des déchets contenant des hydrocarbures

Pour l'estimation des coûts d'investissement, les hypothèses telles que décrites dans la section 5.2 forment le point de départ. Les capacités types d'unité pour le module A ont été évaluées à

- A-I: Flux de 10 m<sup>3</sup>/h avec une citerne de réception de 70 m<sup>3</sup>;
- A-II: Flux de 20 m<sup>3</sup>/h avec une citerne de réception de 150 m<sup>3</sup>;
- A-III: Flux de 50 m<sup>3</sup>/h avec une citerne de réception de 500 m<sup>3</sup>.

Le module type 'I' correspond à Vlore, Saranda, Shengjin et Rijeka-Rasa. Le module type 'II' correspond à Durres, tandis que 'III' correspond à Ploce. Des recommandations spécifiques pour Omisalj sont à considérer qui seront expliquées dans la section spécifique aux pays, plus loin dans ce chapitre.

Pour les modules A et B l'estimation des coûts est préparée comme suit :

- Les coûts de l'équipement principal ont été déterminés;
- Des facteurs ont été utilisés pour ajouter les coûts de génie civil, le contrôle du processus, la construction d'un bâtiment et autres, pour arriver au coût total de l'installation. Il est supposé que les citernes se trouvent en plein air, tandis que l'équipement de traitement sera situé dans un bâtiment simple et petit.

Pour le module C, seule une somme provisionnelle a été évaluée car la construction<sup>5</sup> de ces installations peut se faire avec le travail et les compétences locales.

Il est nécessaire de noter que l'estimation du coût doit être utilisée avec précaution et à titre indicatif seulement. Des estimations plus précises peuvent être faites après la réalisation des dessins standardisés, incluant une inspection de la situation locale. Les circonstances spécifiques peuvent avoir un impact significatif sur le coût total de construction d'un bâtiment de réception et de traitement des déchets. Par exemple :

- Le coût de l'apport d'énergie à l'installation peut varier de façon significative suivant l'emplacement où elle est construite
- La même chose s'applique pour les égouts, la route d'accès et autres.

**Tableau 14: Coûts indicatifs des investissements pour les citernes de réception**

Unité		Investissement [x € 1,000]			
		Module A	Module B	Module C	Total
I	Citerne de réception 70 m <sup>3</sup> Flux 10 m <sup>3</sup> /h	1,100	250	150	1,500
II	Citerne de réception 150 m <sup>3</sup> Flux 20 m <sup>3</sup> /h	1,400	250	150	1,800

<sup>5</sup> Les lits de séchage de boue sont généralement faits d'un sable grossier sous drain avec les murs latéraux de remblais de terre bas, de murs en bétons ou de planches en bois. Les drains, qui sont posés sous le gravier, sont d'habitude faits de ciment ou de grès quand la boue est agressive. Les lagunes sont des étangs creusés à isolation de sous-sol.

Unité		Investissement [x € 1,000]			
		Module A	Module B	Module C	Total
III	Citerne de réception 500 m <sup>3</sup> Flux 50 m <sup>3</sup> /h	1,700	350	500	2,550

### 5.2.3 Installations de base pour les ports ayant un service de collecte limité

Pour un certain nombre de port, un service limité de collecte est recommandé. Les déchets doivent alors être déchargés dans des installations de stockage temporaire ou des installations pour traitement et élimination. Les installations types pour traitement et élimination ont été étudiés dans les chapitres 5.2.1 et 5.2.2.

Une installation temporaire de stockage pour les déchets contenant des hydrocarbures peut être aussi simple qu'un champ clôturé pour fûts ou conteneur, accessible par camion. La seule nécessité d'un point de vue environnemental est de s'assurer que les déchets d'hydrocarbures ne se dispersent pas dans l'environnement. Les conteneurs doivent donc être en bonne condition, sans fuite ni rouille, fermés pour empêcher l'eau de pluie de pénétrer, et capables de résister aux conditions climatiques locales les plus extrêmes. (température, vent, pluie). A cette fin, un abri peut s'avérer utile.

Vu que ces installations sont très simples, nous n'avons pas fait de conception pour eux. Nous voulons encore insister sur le fait qu'une zone de stockage temporaire n'est pas très recommandable à moins qu'une option pour l'élimination de déchets contenant des hydrocarbures ne soit trouvée. Il faut aussi envisager de ne pas collecter ce type de déchet dans ces ports.

## 5.3 Installations type pour les ordures

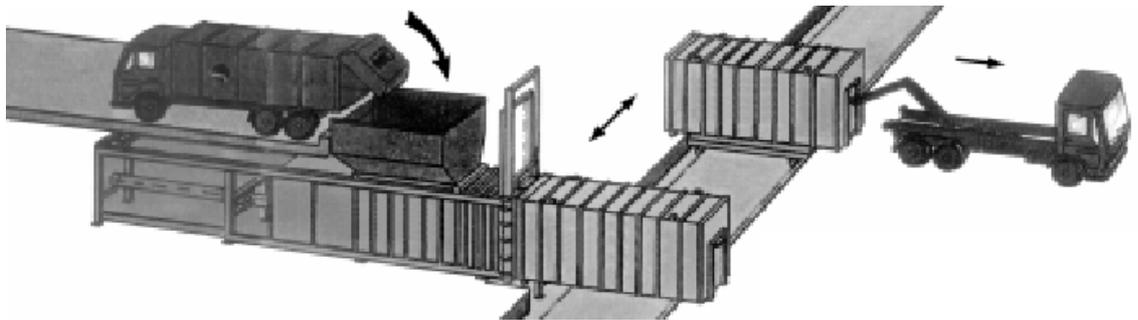
Concernant les ordures, l'Activité 1 a apporté les conclusions suivantes: des installations de réception portuaires sont présentes dans tous les cas à l'exception de:

- Saranda où des réceptacles sont recommandés;
- Plomi où des améliorations sont recommandé pour la séparation nourriture.

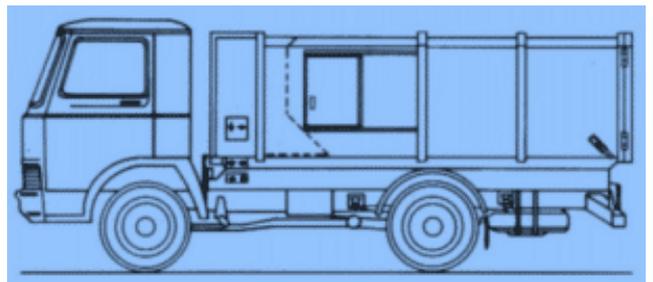
Au sujet des réceptacles nous supposons qu'il n'est pas nécessaire de fournir une conception type.

Pour les ports pour lesquels – selon l'Activité 1 sur des bases pilotes – une unité de transfert d'ordures de base pourrait être établie, les remarques suivantes s'appliquent. Le rapport de l'Activité 1 ne fournit pas d'information claire sur ce qui est fait pour les déchets municipaux. Des tris peuvent ou non exister. Cependant, vu que le volume d'ordure consiste pour sa plus grande part en déchets de navires (comme l'estime l'Activité 1), nous en déduisons qu'il y a peu de possibilités pour la séparation des ordures à des fins de recyclage. Nous supposons donc maintenant que l'objectif premier d'une station de transfert de déchets est d'améliorer la logistique, telle que l'utilisation efficace des véhicules de collecte et la minimisation des mouvements de transport dans la zone (congestionnée) portuaire.

Suivant les besoins locaux, les stations de transfert des ordures peuvent être conçues avec des niveaux de sophistication très différents. Un exemple en est montré ci-dessous:



D'autres options sont les conteneurs et camions qui compactent eux-mêmes.



Une inspection de terrain doit être menée à bien afin d'évaluer la situation locale et déterminer quelles sont les options appropriées.

---

## 5.4 Recommandations pour l'Albanie

### Déchets contenant des hydrocarbures

Les ports où les installations de réception et de traitement des déchets doivent être mises en place, selon les Activités 1 et 2, sont mis en évidence en gris.

Port	Ballasts (m <sup>3</sup> /an)	Nettoyage des citernes (m <sup>3</sup> /an)	Eaux de cale (m <sup>3</sup> /an)	Boues, résidus (m <sup>3</sup> /an)
Durres	0	0	4.233	2.062
Vlore	0	0	959	444
Saranda	0	0	90	150
Shengjin	0	0	784	310

Les installations types pour ces ports concernant les déchets contenant des hydrocarbures sont résumées dans le tableau ci-dessous. Les détails concernant les installations proposées se trouvent dans le chapitre 5.2 et l'Annexe E.

	Installation de traitement	Estimation du coût (x€1,000)	Remarques / suppositions
Vlore	Citerne 20 m <sup>3</sup> l	150,-	Citerne de réception seulement. Elimination par le propriétaire ou traitement en raffinerie.
Saranda	Citerne 20 m <sup>3</sup>	150,-	Citerne de réception seulement. Elimination par le propriétaire ou traitement en raffinerie.
Shengjin	Citerne 20 m <sup>3</sup>	150,-	Citerne de réception seulement. Elimination par le propriétaire ou traitement en raffinerie.

Module A: stockage des hydrocarbures séparés/ résidus+ stockage et traitement des eaux contenant des hydrocarbures

### Ordures

Aucune installation supplémentaire n'est nécessaire concernant les ordures.

## 5.5 Recommandations pour la Croatie

### Déchets contenant des hydrocarbures

Les ports où les installations de réception et de traitement des déchets doivent être mises en place, selon les Activités 1 et 2, sont mis en évidence en gris.

Port	Ballasts (m <sup>3</sup> /an)	Nettoyage des citernes (m <sup>3</sup> /an)	Eaux de cale (m <sup>3</sup> /an)	Boues, résidus (m <sup>3</sup> /an)
Dubrovnik	0	0	450	350
Omisaļj	0	2.340	200	150
Ploce	0	0	2.625	1.750
Plomin	0	0	0	0
Rijeka-Rasa	0	0	3.200	2.963
Sibenik	0	0	0	0
Split	0	0	4.964	3.103
Zadar	0	0	2.970	1.898

Les installations types pour ces ports concernant les déchets contenant des hydrocarbures sont résumées dans le tableau ci-dessous. Les détails concernant les installations proposées se trouvent dans le chapitre 5.2 et l'Annexe E.

	Installation de traitement	Estimation du coût (x€1,000)	Remarques / suppositions
Omisaļj	1 Citerne de Réception 1 citerne pour hydrocarbures séparés 1 Modules A 1 Module B Elimination de l'eau des boues	8,500,-	Voir ci-dessous
Ploce	Module A-III	1,700,-	Installation de traitement existante obsolète. Remaniement préalablement calculé comme mise en application du Module A-III.
Rijeka-Rasa	1 Module A-I 1 Module A-I	1,350,-	Nouvelles installations de traitement (situées sur le port) pour les navires autres que pétroliers.

Module A: stockage des hydrocarbures séparés/ résidus+ stockage et traitement des eaux contenant des hydrocarbures

Module B: traitement des hydrocarbures séparés/ résidus

### Omisaļj

Une installation commune a été recommandée pour les terminaux pétroliers de Omisaļj. En terme d'étapes de traitement, elle sera similaire à la conception décrite en Annexe F, mais les citernes de stockage temporaire et les flux sont bien plus grands.

- Le volume de la citerne de réception des eaux contenant des hydrocarbures sera de 7 000 m<sup>3</sup>;
- Le volume du réservoir contenant les hydrocarbures séparés sera de 1 000 m<sup>3</sup>;
- Le flux de traitement des eaux usées (Module A) sera de 450 m<sup>3</sup>/h,
- Le flux de traitement pour l'élimination de l'eau des hydrocarbures (Module B) sera 10 ... 30 m<sup>3</sup>/h,
- Module C doit être remplacé par l'élimination mécanique de l'eau avec des centrifugeuses décanseuses (similaires au Module B)

Pour indication une telle installation pourrait coûter environ 8.5 millions d'euros

### Ordures

Dans les ports de Croatie, aucun équipement supplémentaire n'est nécessaire à l'exception de Plomin. Il y est recommandé de séparer les déchets alimentaires du reste des déchets.

Afin d'aider à la prise en charge des déchets alimentaires, il doit être recommandé de garder les déchets alimentaires déjà séparés à bord et de les broyer avant stockage dans des citernes spécialement prévues pour les déchets alimentaires.

## 5.6 Recommandations pour la Slovénie

### Déchets contenant des hydrocarbures

Les ports où les installations de réception et de traitement des déchets doivent être mises en place, selon les Activités 1 et 2, sont mis en évidence en gris.

Port	Ballasts (m <sup>3</sup> /an)	Nettoyage des citernes (m <sup>3</sup> /an)	Eaux de cale (m <sup>3</sup> /an)	Boues, résidus (m <sup>3</sup> /an)
Koper	0	0	5.250	3.150

Aucune installation supplémentaire n'est nécessaire concernant les déchets contenant des hydrocarbures.

### Ordures

Aucune installation supplémentaire n'est nécessaire concernant les ordures.

## 6 Retour sur investissement et situation institutionnelle

La discussion concernant le retour sur investissement pour opérer une installation de réception portuaire semble ne devoir se finir jamais. Les propriétaires des navires sont relativement enthousiastes quand il s'agit pour eux de payer le traitement de leurs déchets de navires, tandis que les autorités dans beaucoup de pays font attention aux dangers des rejets de déchets en mer. Les Autorités Portuaires sont aussi inquiètes pour leur compétitivité car les coûts de réception et de traitement des déchets peuvent avoir une influence négative sur les coûts supportés par le port.

L'entité à qui doivent être payées les taxes pour le traitement des déchets et la collecte est très différent suivant le port et dépend très largement des niveaux de participation du privé dans les activités.

### 6.1 Situation institutionnelle des ports

Il semble approprié de décrire plus en détail la situation actuelle en ce qui concerne l'établissement et les opérations des installations de réception de déchets des ports. En fait un certain nombre de possibilités existent de par le monde, qui apparaissent être extrêmement liées au niveau de privatisation des opérations portuaires en général. Les opérations portuaires, incluant la prise en charge des cargaisons, peuvent être décrites suivant les quatre systèmes d'institution suivants:

- *Le modèle seigneurial*, dans lequel les compagnies privées sont aux commandes des terminaux (prise en charge des cargaisons), tandis que les autorités portuaires (municipales ou nationales) sont responsables de la sécurité et de l'environnement dans le port ainsi que de son développement. Dans de tels cas, les autorités portuaires possèdent le terrain ainsi que les quais, tandis que les compagnies privées louent le territoire mais s'investissent aussi elles-mêmes dans l'infrastructure du terminal (équipements, bâtiments etc);
- *Le modèle outil*, dans lequel les compagnies louent aux autorités portuaires les terminaux avec leurs installations.
- *Le modèle service*, dans lequel les autorités portuaires s'occupent elles-mêmes des cargaisons et aucune compagnie privée n'est impliquée dans la prise en charge des marchandises.
- *Le modèle privé*, pour lequel une compagnie, généralement grande (raffinerie, usines) possède et opère le port et les installations portuaires elles-mêmes. Dans beaucoup de cas, il y a seulement un seul utilisateur, c'est à dire la compagnie possédant le terminal lui-même.

Dans le modèle seigneurial, les installations de réception de déchet sont souvent privatisées avec la possible exception de la collecte et du traitement des détritiques qui est souvent pris en charge par les autorités responsables de la collecte des déchets municipaux. Les grands terminaux (import/export, raffinerie, complexes chimiques) ont souvent leurs propres installations, ou une compagnie privée de récupération de matériaux liquides fournit ces services en utilisant des péniches le long des pétroliers pour collecter les eaux mazoutées.

Dans les ports outils et services, c'est principalement les autorités elles-mêmes qui prennent en charge la collection et le traitement des déchets générés par les navires. Cette activité est souvent gérée par un département séparé des éboueurs municipaux. Ces activités sont rarement privatisées.

---

Il est évident que dans tous les modèles de port, le contrôle du traitement des déchets par des entités publiques ou privées est critique pour un traitement à long terme des déchets solides et liquides des navires. Dans certains cas, les déchets sont rejetés sans contrôle et cela à cause de l'absence d'une législation appropriée, des pratiques de contrôle inefficaces ou seulement d'un manque de connaissances et de compréhension des conséquences environnementales de telles pratiques.

## 6.2 Retour sur investissement

Il y a deux façons d'amortir les coûts d'investissement et de mettre en opération les installations de réception portuaires:

- De façon directe, où le propriétaire du navire paie directement les taxes, basées sur le tonnage, à la compagnie s'occupant des déchets.
- De façon indirecte, où les coûts d'amortissement sont inclus dans les droits de port. Dans ce cas-ci, les autorités portuaires récupèrent leurs propres dépenses pour l'installation de réception, ou transfèrent une partie de ces tarifs à la compagnie s'occupant des déchets.

En Annexe G se trouve un tableau résumé des structures tarifaires disponibles dans ces ports où les installations sont disponibles et en activité, basées sur les résultats des Activités 1 et 2. Une conclusion apparaît clairement de ces tableaux : une large variation existe dans la structuration des tarifs (en tonnes, m<sup>3</sup> et autres unités).

En général les taxes pour la collecte et le traitement des déchets sont normalement prises sur une base en tonne ou en m<sup>3</sup>. Afin de permettre aux terminaux et opérateurs portuaires des trois pays méditerranéens de calculer eux-mêmes les structures tarifaires possibles, nous avons inclus un modèle de calcul très basique, dans lequel quelques calculs rudimentaires peuvent être faits pour évaluer les taxes unitaires afin d'amortir les coûts (d'investissement et opérationnels) des installations. Un exemple de calcul est présenté dans l'Annexe H. Les paramètres de base de ce modèle sont par exemple:

- Investissement / coûts des capitaux (et période de dépréciation);
- Les coûts d'opération, base sur le travail, l'énergie, le carburant et autres.
- Les coûts de maintenance;
- Les coûts de location du terrain (nombre de mètres carrés utilisés)
- Tonnes ou m<sup>3</sup> de déchet.

Il est difficile de faire une évaluation des tarifs et des taxes, vu qu'il existe une très grande variété de structure. La différenciation des tarifs sont aussi basés sur :

- Le moment où les services sont fournis (nuit/jour);
  - Distance de l'installation elle-même;
  - Nécessité de transport entre les navires et les installations de réception portuaires;
  - Type de transport utilisé (péniche ou camion);
  - La 'qualité' des déchets ou niveaux de contamination.
-

### 6.3 Développement en Europe des systèmes de retour sur investissement

Il a été reconnu qu'un système de tarification direct fournit une raison aux navires de ne pas délivrer les déchets : le coût relatif aux déchets peut être évité si le navire ne délivre pas de déchet. Tandis que la prise en compte de l'environnement augmente dans l'industrie des transports maritimes, les rejets illicites en mer sont toujours très fréquents.

Afin de réduire ces rejets, la directive EU 2000/59/EC sur les déchets des navires contient entre autres:

- La remise obligatoire des déchets au port ;
- La préparation de programmes de gestion de déchet pour les ports ;
- Un système de préavis ;
- Le retour sur investissement indirecte: les bateaux doivent contribuer au coût de collecte et traitement des déchets, qu'ils déchargent ou non leurs déchets dans un port ou pas.

Ces éléments doivent conduire à une réduction significative des rejets en mer et une utilisation bien meilleure des installations de réception dans les ports. Il n'est pas nécessaire que tous les coûts liés à la collecte et au traitement des déchets soient couverts par ce système indirect : Il est écrit qu'un minimum de 30 % doit être couvert par cette taxe indirecte.

Les systèmes de taxation indirecte sont déjà utilisés depuis une période considérable en mer Baltique. De façon générale, ces systèmes sont 100% indirectes. Un navire paie une taxe obligatoire pour laquelle il est autorisé à déchargé une quantité (parfois limitée) de déchets mazoutés.

Les effets d'un système de taxation indirecte, en terme de volume de déchet qui sont délivrés est difficile à évaluer dû au manque de données. Les ports de la mer Baltique déclarent avoir augmenté les volumes, mais les effets réels ne sont pas bien documentés. Dans d'autres pays en Europe de l'Ouest, le système de tarification indirecte est en train d'être introduit, mais il n'y a pas encore de données pour chiffrer les effets. Dans le port de Rotterdam, une étude<sup>1</sup> a été faite afin d'estimer les effets potentiels des livraisons obligatoires. Le rapport conclue qu'une augmentation de facteurs 2 à 3 peut être attendue.

Un argument qui a mené à des débats très animés est le « niveau de jeu ». Dans bien des cas, il est avancé que l'introduction d'un système de taxation indirecte augmente le coût global du port et ainsi réduit considérablement la compétitivité du port en comparaison avec les autres ports qui n'introduisent pas ce système. De nombreux arguments pour ou contre ce système ont été mis en évidence. L'effet général est pour le moment que, par mesure de prudence, beaucoup de pays démarreront avec le pourcentage minimum de 30% qui peut augmenter dans le future. Discuter des avantages et les inconvénients d'un système d'amortissement des coûts direct sur un système indirect est une chose. Nous supposons cependant qu'il n'y a plus de débat sur le fait d'échapper aux coûts en ne fournissant pas d'installations de réception.

En mer Méditerranée, une approche commune sur le sujet de l'amortissement des coûts suivant la méthode directe ou indirecte peut être étudiée. De même qu'en mer Baltique, il s'agit d'une mer confinée dans laquelle la pollution a tendance à s'accumuler. D'autre part, le nombre de pays concernés en Méditerranée est plus grand qu'en mer Baltique, ce qui rend les choses plus difficiles et plus longues pour mettre au point une approche commune. Il y a aussi l'aspect des ports de l'Union Européenne qui ont à mettre en pratique la directive européenne et les autres qui ne l'ont pas.

A ce niveau, il n'est pas possible de fournir des recommandations simples pour ce sujet très compliqué. Cependant, si cela n'a pas déjà été fait, il est conseillé de consulter HELCOM. De plus, le processus d'introduction de la directive Européenne aux pays membres est une opération de laquelle des leçons peuvent être tirées.

## 7 Conclusions et recommandations

### 7.1 Conclusions et recommandations générales

1. Le résultat des Activités 1 et 2 était inconnu au moment où Tebodin a préparé le dossier d'appel d'offre pour l'activité 3. Cependant, les rapports des Activités 1 et 2 se sont révélés être des bases solides pour le travail mené par Tebodin.
  2. La sélection des équipements de collecte est déterminée principalement par la situation locale de chaque port, et les recommandations ont déjà été préparées dans les Activités 1 et 2. Quelques informations guides ont été fournies sur les critères à appliquer pour sélectionner les moyens les plus appropriés pour la collecte. Les recommandations telles qu'elles ont été fournies dans les activités 1 et 2 apparaissent comme étant correctes et Tebodin n'a pas de divergences dans ses conclusions.
  3. Des techniques variées ont été étudiées pour le traitement des déchets contenant des hydrocarbures. Une évaluation multicritère de ces techniques a été faite, résultant en une classification de toutes les techniques discutées. Les résultats sont:
    - Pour les eaux contenant des hydrocarbures (qui contiennent du pétrole en nappe et peut aussi en contenir en émulsion): Un écrémage suivi par une coagulation-floculation et une unité de flottation par air dissous est l'option préférée;
    - Pour le traitement du pétrole de récupération, afin d'enlever l'eau et les solides: une centrifugeuse est l'option préférée;
    - Pour le traitement des boues résiduelles provenant du traitement des eaux usées: lit de séchage ou bassins sont les options préférées.
  4. Les options pour le recyclage du pétrole de récupération (comme le raffinement) sont très limitées, comme les volumes pour chaque port ne justifient pas la mise en place d'une installation spécifiquement dédiée.
  5. Pour un certain nombre de ports, des services de collecte minimale sont recommandés, vu que les volumes estimés des déchets mazoutés sont très faibles. Cependant, il n'y a que peu d'intérêt à recevoir les déchets mazoutés sans possibilité de traitement en accord avec les réglementations environnementales en vigueur. On peut considérer l'option de ne pas recevoir les déchets mazoutés dans ces ports
  6. Les ordures sont – presque sans exception – emmenés en décharge et il n'y a presque aucune information sur les systèmes de recyclage pour les déchets municipaux. Il apparaît aussi que les volumes générés par les navires ne justifient pas la mise en œuvre d'un système de recyclage qui leur serait spécifiquement dédiés. Cependant, des informations sur les techniques de séparation des déchets sont fournies.
  7. Pour la prise en charge finale des déchets (ordures et boues déshydratées), des options variées ont été considérées et, après une analyse à multicritères, une décharge contrôlée est l'option recommandée. Pour l'intérêt de la comparaison, la décharge non contrôlée a été incluse dans l'analyse, bien que Tebodin ne recommande en aucun cas les décharges non contrôlées.
  8. Pour la réception et le traitement des déchets mazoutés, des installations types ont été développées, incluant les volumes de stockage temporaire ainsi que les capacités de traitement. Ces systèmes types peuvent être utilisés dans différents ports. Ces conceptions peuvent être affinées et adaptées aux contraintes spécifiques de chaque port concernant les volumes de stockage, les capacités de traitement ainsi que le type de traitement.
  9. Les estimations de coût ont été préparées pour les installations types. Ces estimations servent seulement d'indication et doivent n'être utilisées qu'avec précaution.
-

## 7.2 Recommandations par port

1. Dans les recommandations par port, Tebodin a suivi les conclusions présentées dans les rapports des Activités 1 et 2 concernant les ports où les installations doivent être mises en place.
2. Dans les ports où une raffinerie opère, il est recommandé que la raffinerie s'occupe du traitement du pétrole de récupération et qu'elle traite aussi les boues issues de l'unité de traitement des eaux usées. C'est de loin le système le moins cher. Il est évident que cette recommandation peut ne s'appliquer qu'après discussions et négociation. Certains pays ont déjà un système de recyclage en place et le pétrole de récupération doit s'inscrire dans ce schéma. Dans d'autres ports, des solutions de prise en charge finale doivent être trouvées.
3. Pour les ports dans lesquels les installations types ne sont pas applicables, des recommandations spécifiques ont été préparées autant que possible. Il s'agit en particulier des situations intermédiaires c'est à dire où les installations de réception et de traitement peuvent déjà exister appropriées ou non mais qui nécessitent des modifications. Quand le travail de conception s'effectuera, nous recommandons que, pour ces ports, une inspection sur terrain soit faite afin de déterminer l'état et le rendement des installations existantes et d'évaluer si la réutilisation de pièces est, ou non, possible.
4. La collecte des déchets de navires est faite dans beaucoup de ports par des entreprises privées. Dans certains ports, des moyens additionnels de collecte tels que des camions ou des barges sont recommandés dans les rapports des Activités 1 et 2. Une décision doit être prise pour, soit investir dans la collecte, soit l'inclure dans un contrat avec le secteur privé. Dans l'estimation des coûts pour des installations (types), nous avons supposé que les services de collecte seront effectués par des entreprises privées.
5. Il serait souhaitable d'apporter une aide aux autorités concernées des trois pays impliqués où des installations (additionnelles) de réception des déchets sont suggérées, dans la préparation d'une évaluation de viabilité incluant la fabrication, des estimations détaillées des coûts, les documents d'appel d'offre ainsi que l'évaluation des tarifs à appliquer pour le retour sur investissement (ce dernier au moyen d'un outil financier interactif).

## **Annexe A: Tableau synthétisant les Activités 1 et 2**

## L'Albanie

Tableau I - Marchandises transitant par les principaux ports d'Albanie en 2000 (x 1000 tonnes)

<b>Total des marchandises</b>	<b>2,532</b>
Matières liquides	224
Conteneurs (en TEU)	354
Matières seches et marchandises generaux	2,307
Autres marchandises	n.a.
<b>Marchandises déchargées</b>	<b>n.a.</b>
<b>Marchandises chargées</b>	<b>n.a.</b>

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

Tableau II - Nombre total de demandes des navires par type de navire en 2000, 2001 et 2002 dans les principaux ports d'Albanie

Type de navire	Durrës			Vlore			Shengjin			Saranda		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Containeur	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Croisière et passagers	1,978	1,683	1,749	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	765	876	987
Matières sèches et marchandises générales	1,142	1,089	1,098	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	56	58	60
Ro-Ro	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Type de navire	Durrës			Vlore			Shengjin			Saranda		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Pétroliers	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

Tableau III - Estimation de la production de déchets contenant des résidus pétroliers et capacités de réception des principaux ports d'Albanie (x m³ par an)

Type de déchets		Durrës	Vlorë	Shengjin	Saranda
Eau sales des ballastes	Volume moyen annuel	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	maximum par arrivée de	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nettoyages de réservoir	Volume moyen annuel	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	maximum par arrivée de	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Eaux usées mazoutées	Volume moyen annuel	4,233.3	958.5	784.2	900.0
	maximum par arrivée de	20.0	10.0	10.0	10.0
Résidus de pétrole sous formes de boues et autres	Volume moyen annuel	2,061.7	443.7	310.2	150.0
	maximum par arrivée de	15.0	7.5	7.5	7.5

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

Tableau IV - Estimation des volumes déchet et capacités de réception disponible dans les principaux ports d'Albanie

Type de déchet	Durrës	Vlorë	Shengjin	Saranda
Déchets domestiques	3,395.6	316.2	167.1	234.6
Déchets de maintenance	176.0	242.0	60.2	112.6
Déchets liés à la cargaison	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Volume total de déchet	3,571.6	558.2	227.3	347.2
Volume maximal par arrivée de navires	5.0	5.0	3.5	3.5
Coût de la livraison (en US \$)				

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

## Croatie

Tableau I - Marchandises transitant par les principaux ports de Croatie en 2000 (x 1000 tonnes)

<b>Total des marchandises</b>	<b>3.748</b>
Matières liquides	364
Conteneurs (en TEU)	11
Matières seches et marchandises generaux	3.384
Autres marchandises	n.a
<b>Marchandises déchargées</b>	<b>n.a</b>
<b>Marchandises chargées</b>	<b>n.a</b>

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

Tableau II - Nombre total de demandes des navires par type de navire en 2000, 2001 et 2002 dans les principaux ports de Croatie

Type de navire	Dubrovnik			Ploce			Split			Zadar			Sibenik			Rijeka - Rasa			Plomin		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Container	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Croisière et passagers	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	30	400	550	n.a	n.a	n.a
Matières sèches et marchandises générales	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	731	712	719	n.a	n.a	n.a
Ro-Ro	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a

Type de navire	Dubrovnik			Ploce			Split			Zadar			Sibenik			Rijeka - Rasa			Plomin		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Pétroliers	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

Tableau III - Estimation de la production de déchets contenant des résidus pétroliers et capacités de réception des principaux ports de Croatie

		Dubrovnik	Ploce	Ploce, terminal Energo petrol	Omisalj oil terminal	Split	Zadar	Sibenik	Rijeka - Rasa	Plomin
<b>Type de déchets</b>										
Eau sales des ballastes	Volume moyen annuel	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	maximum par arrivée de navires	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Nettoyages de réservoir	Volume moyen annuel	n.a.	n.a.	2,340.0	74,250.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	maximum par arrivée de navires	n.a.	n.a.	300.0	2,250.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Eaux usées mazoutées	Volume moyen annuel	450.0	2,625.0	300.0	150.0	4,964.0	2,969.5	n.a.	3,199.5	n.a.
	maximum par arrivée de navires	25.0	25.0	15.0	30.0	25.0	25.0	n.a.	30.0	n.a.
Résidus de pétrole sous formes de boues et autres	Volume moyen annuel	350.0	1,750.0	150.0	247.5	3,102.5	1,898.0	n.a.	2,962.5	n.a.
	maximum par arrivée de navires	15.0	15.0	30.0	25.0	15.0	15.0	n.a.	15.0	n.a.

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

Tableau IV - Estimation des volumes déchet et capacités de réception disponible dans les principaux ports de Croatie

	Dubrovnik	Ploce	Split	Zadar	Sibenik	Rijeka - Rasa	Plomin
<b>Type de déchet</b>							
Déchets domestiques	1,325.3	700.0	6,000.0	2,100.0	n.a.	1,185.0	n.a.
Déchets de maintenance	92.0	154.1	277.9	133.7	n.a.	260.7	n.a.
Déchets liés à la cargaison	n.a.	308.6	111.2	102.6	n.a.	252.5	n.a.
Volume total de déchet	1,417.3	1,008.6	6,389.1	2,336.3	0.0	1,698.2	0.0
Volume maximal par arrivée de navires	10.0	5.0	> 5.0	> 5.1	n.a.	5.0	n.a.
Coût de la livraison (en US \$)							

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

## Slovénie

Tableau I - Marchandises transitant par les principaux ports de Slovénie en 2000 (x 1000 tonnes)

<b>Total des marchandises</b>	<b>2,950</b>
Matières liquides	1,991
Conteneurs (en TEU)	991
Matières seches et marchandises generaux	958
Autres marchandises	n.a.
<b>Marchandises déchargées</b>	<b>n.a.</b>
<b>Marchandises chargées</b>	<b>n.a.</b>

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Fevrier 2004

Tableau II - Nombre total de demandes des navires par type de navire en 2000, 2001 et 2002 dans les principaux ports de Slovénie

Type de navire	Koper		
	2000	2001	2002
Container	n.a.	n.a.	n.a.
Croisière et passagers	n.a.	n.a.	n.a.
Matières sèches et marchandises générales	n.a.	n.a.	n.a.
Ro-Ro	n.a.	n.a.	n.a.

Type de navire	Koper		
	2000	2001	2002
Pétroliers	n.a.	n.a.	n.a.

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Fevrier 2004

Tableau III - Estimation de la production de déchets contenant des résidus pétroliers et capacités de réception des principaux ports de Slovénie

Type de déchets		Koper	Instalacij O.T. Koper
Eau sales des ballastes	Volume moyen annuel	n.a	n.a
	par arrivée de navires	n.a	n.a
Nettoyages de réservoir	Volume moyen annuel	n.a	n.a
	par arrivée de navires	n.a	n.a
Eaux usées mazoutées	Volume moyen annuel	5,250	643
	par arrivée de navires	25	25
Résidus de pétrole sous formes de boues et autres	Volume moyen annuel	3,150.0	464.1
	par arrivée de navires	20.0	7.5

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

Tableau IV - Estimation des volumes déchet et capacités de réception disponible dans les principaux ports de Slovénie

Type de déchet	Koper
Déchets domestiques	1,890.0
Déchets de maintenance	4,620.0
Déchets liés à la cargaison	119.6
Volume total de déchet	2,471.6
Volume maximal par arrivée de navires	5.0
Coût de la livraison (en US \$)	

Installations de réceptions portuaires pour la collecte, le traitement et l'élimination des ordures de navires, des eaux de cales et des résidus d'hydrocarbures produits par les navires en Albanie, en Croatie et en Slovénie - Activité 1 & 2 Février 2004

## **Annexe B: Aperçu des quantités d'ordures provenant des navires par port**

**Estimation du volume de déchet, selon l'Activité A**

	<b>Pays</b>	<b>Déchets domestiques (m3/an)</b>	<b>Déchets de Maintenance (m3/an)</b>	<b>Cargo Déchets liés à la cargaison (m3/an)</b>	<b>Total déchets (m3/an)</b>
Durres	Albanie	3,396	176	-	3,572
Saranda	Albanie	235	113	-	347
Shenghjin	Albanie	167	60	-	227
Vlore	Albanie	316	242	-	558
Dubrovnik	Croatie	1,325	92	-	1,417
Osmalj Oil terminal	Croatie	n.a	n.a	n.a	-
Ploce	Croatie	700	154	309	1,163
Rijeka Rasa	Croatie	1,185	261	253	1,698
Split	Croatie	6,000	278	111	6,389
Zadar	Croatie	2,100	134	103	2,336
Koper	Slovénie	1,890	462	120	2,472
<b>Total</b>		<b>17,314</b>	<b>1,972</b>	<b>896</b>	<b>20,179</b>

## **Annexe C: Informations sur les technologies de traitement des déchets**

## 1 Informations sur les technologies de traitement des déchets

Les principales opérations de base sont:

- La réduction du volume;
- La séparation.

### 1.1 Réduction du volume

Dans les cas où un mélange de déchets solides (déchets alimentaires exclus) est amené aux installations de réception, il est essentiel de réduire le volume des éléments avant tout traitement ultérieur. Cela peut être fait par écrasement et déformation dans des équipements spéciaux et il en résulte alors une augmentation de la densité. Les équipements habituels utilisés dans ce but sont:

- Des coupeuses;
- Des déchiqueteuses;
- Des broyeuses.

#### 1.1.1 Les déchiqueteuses

Les déchiqueteuses réduisent rapidement un certain nombre de matériaux solides grâce à leur action rotatoire déchiquetant. Ces unités réduisent le volume de détritrus jusqu'à 80%. En appliquant différents profils de lame, la déchiqueteuses peut être utilisée pour traiter des matériaux spécifiques tels que les déchets de métaux, plastiques, bois, caoutchouc ou autres.



Il y a différents modes possibles tels arbre seul, haut moment de torsion, cisaillement lent de déchiquètement pour la réduction de taille de matériel emballé, ou deux arbres, haut moment de torsion, cisaillement lent de déchiquètement pour la réduction de taille des déchets généraux. (moteur électrique puissance 15kW - 320kW).

---

### 1.1.2 Broyeuses

Les broyeuses sont souvent utilisées pour le bois, le plastique, caoutchouc ou autre déchets.



L'équipement peut être manipulé par un opérateur et consiste en une broyeuse à grande vitesse conçue pour réduire rapidement les déchets (puissance du moteur 1.5kW – 300kW)

## 1.2 Séparation

Si le triage des déchets n'a pas lieu à bord, un équipement technique peut séparer les déchets en un certain nombre de catégories principales telles que:

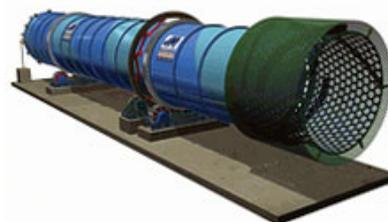
- Les plastiques;
- Le verre;
- Le métal;
- Autres déchets solides.

### 1.2.1 Filtration

Le fil de coin et la barre de secousse de trie sont conçus avec moteur vibratoires pour poids excentrique pour les installations à la fois fixes et mobiles. Un trommel est un cylindre rotatoire qui est en général incliné vers le sol, ce qui, combiné avec l'action de tambour du trommel, sépare les matériaux de différente densité. Le trommel est utilisé pour séparer les produits recyclables mélangés, les éléments des déchets municipaux ou pour inspecter un compost.



*Vibrating Wedge wire*



*Trommel Screen*

Les analyses par Trommel sont utilisées par les installations de récupération de matériaux afin de séparer le papier du verre et d'autres contaminants des déchets municipaux préalablement chiffonnés. Des trommels plus petits ont été utilisés afin de séparer les bouchons des étiquettes du verre brisé. Certains trommels sont conçus pour laisser passer le papier à travers tandis que des matériaux plus lourds sont dirigés vers un reécrasement ou une décharge. D'autres applications nécessitent des trommels en plusieurs parties ayant des ouvertures de taille différente.

### 1.2.2 Séparation magnétique

Le triage et la séparation de métaux ferreux par utilisation de systèmes magnétiques a été la pratique habituelle pendant de nombreuses années. Cependant, la récupération des métaux non ferreux était un travail intensif, coûteux et prenant du temps.

La majorité des séparateurs de métaux sont construits autour, soit de cartouches magnétique, soit d'assiettes magnétiques. Tandis que certaines options pour ces séparateurs peuvent nécessiter des connexions électriques ou pneumatiques, les aimants permanents eux-mêmes ne demandent aucune énergie extérieure.

En général, le choix entre ces deux types de base dépend largement des caractéristiques des matériaux qui doivent être traités et du système de maintien de ceux-ci.



Les aimants autonettoyants de recyclage sont des aimants permanents utilisant les derniers et les matériaux les plus purs adaptés pour ce type de système. En comparaison avec les électroaimants aucune source électrique n'est nécessaire, ils sont nettement plus légers en poids, ont un profil plus bas, ne nécessitent virtuellement aucune maintenance et sont moins chers à acheter, installer et utiliser.



## **Annexe D: Indication des volumes de pétrole récupérables par port**

<b>Volumes de pétrole récupérable</b>						
<b>Port</b>	<b>Pays</b>	<b>Ballastes (m3/an)</b>	<b>Nétoyages réservoirs (m3/an)</b>	<b>Eaux usées (m3/an)</b>	<b>Boues, résidus (m3/an)</b>	<b>Total récupérable oil (tonnes/an)</b>
Durres	Albanie	0	0	4,233	2,062	563
Saranda	Albanie	0	0	900	150	50
Shenghjin	Albanie	0	0	784	310	87
Vlore	Albanie	0	0	959	444	122
Dubrovnik	Croatie	0	0	450	350	91
Osmalj Oil terminal	Croatie	0	74,250	150	248	1,844
Ploce	Croatie	0	2,340	3,001	150	140
Rijeka Rasa	Croatie	0	0	3,200	2,963	762
Split	Croatie	0	0	4,964	3,103	824
Zadar	Croatie	0	0	2,970	1,898	503
Koper	Slovénie	0	0	5,250	3,150	840
<b>Total</b>		<b>0</b>	<b>76,590</b>	<b>26,861</b>	<b>14,828</b>	<b>5,827</b>

Legende

1. Ports où les installations sont proposées, mais pour lesquels aucune prise en charge du pétrole récupéré n'existe
2. Port pour lesquels les installations sont proposées et pour lesquels le pétrole est pris en charge (raffinerie par exemple)
3. Il est supposé que 80% du pétrole est récupéré

## **Annexe E: Calculs pour les installations de traitement**

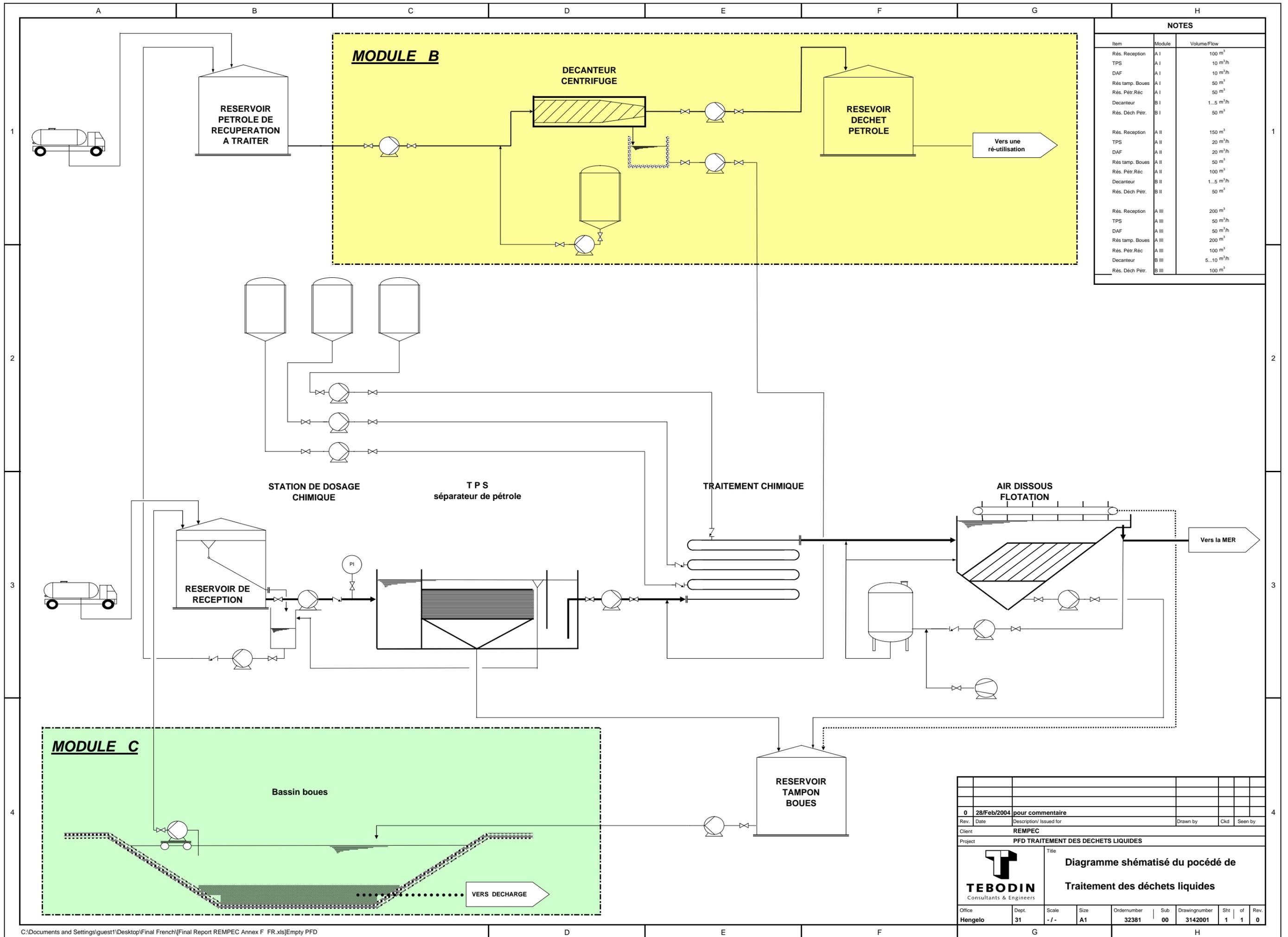
Port	Pays	Nettoyage des réservoirs (m3/an)	Eaux usées (m3/an)	Semaine moyenne (m3/sem)	Jour moyen (m3/j)	Flux moyen (m3/h)	Stockage proposé (Act. A et C) (m3)	Traitement proposé (Act. A et C) (m3/h)
Durres	Albanie	0	4,233	81.4	16.9	2.1	n.a.	n.a.
Saranda	Albanie	0	900	17.3	3.6	0.5	n.d.	n.a.
Shenghjin	Albanie	0	784	15.1	3.1	0.4	n.d.	n.a.
Vlore	Albanie	0	959	18.4	3.8	0.5	n.d.	n.a.
Dubrovnik	Croatie	0	450	8.7	1.8	0.2	n.a.	n.a.
Osmalj Oil terminal	Croatie	74,250	150	1430.8	297.6	37.2	8.000	study required
Ploce	Croatie	2,340	3,001	102.7	21.4	2.7	n.a.	upgrade exist.
Rijeka Rasa	Croatie	0	3,200	61.5	12.8	1.6	70	10
Split	Croatie	0	4,964	95.5	19.9	2.5	n.a.	n.a.
Zadar	Croatie	0	2,970	57.1	11.9	1.5	n.a.	n.a.
Koper	Slovénie	0	5,250	101.0	21.0	2.6	n.a.	n.a.

Legende:

n.d. = non déterminé

n.a. = non applicable

## **Annexe F: Schéma d'une installation type de réception et de traitement des déchets**



NOTES		
Item	Module	Volume/Flow
Rés. Reception	A I	100 m <sup>3</sup>
TPS	A I	10 m <sup>3</sup> /h
DAF	A I	10 m <sup>3</sup> /h
Rés tamp. Boues	A I	50 m <sup>3</sup>
Rés. Pétr. Réc	A I	50 m <sup>3</sup>
Decanteur	B I	1...5 m <sup>3</sup> /h
Rés. Déch Pétr.	B I	50 m <sup>3</sup>
Rés. Reception	A II	150 m <sup>3</sup>
TPS	A II	20 m <sup>3</sup> /h
DAF	A II	20 m <sup>3</sup> /h
Rés tamp. Boues	A II	50 m <sup>3</sup>
Rés. Pétr. Réc	A II	100 m <sup>3</sup>
Decanteur	B II	1...5 m <sup>3</sup> /h
Rés. Déch Pétr.	B II	50 m <sup>3</sup>
Rés. Reception	A III	200 m <sup>3</sup>
TPS	A III	50 m <sup>3</sup> /h
DAF	A III	50 m <sup>3</sup> /h
Rés tamp. Boues	A III	200 m <sup>3</sup>
Rés. Pétr. Réc	A III	100 m <sup>3</sup>
Decanteur	B III	5...10 m <sup>3</sup> /h
Rés. Déch Pétr.	B III	100 m <sup>3</sup>

0		28/Feb/2004		pour commentaire		Rev.	Date	Description/ Issued for	Drawn by	Ckd	Seen by
Client		REMPEC									
Project		PFD TRAITEMENT DES DECHETS LIQUIDES									
 <b>TEBODIN</b> Consultants & Engineers		Title <b>Diagramme schématisé du pocédé de          Traitement des déchets liquides</b>									
Office	Dept.	Scale	Size	Ordernumber	Sub	Drawingnumber	Sht	of	Rev.		
Hengelo	31	- / -	A1	32381	00	3142001	1	1	0		

## **Annexe G: Aperçu des installations de réception disponibles, basé sur les Activités 1 et 2**

Pays	Port / Terminal	Méthode de traitement des déchets contenant des hydrocarbures	Système de taxation	Autres remarques
<b>Albanie</b>	Durres	Séparations hydrocarbure-eau par décantation, par chauffage et injection d'air (1) 20 tonnes/jour; (2) 500 it/h	Pas d'information	
	Ploce	Décantation et séparation mécanique seulement. Pas de traitement secondaire des eaux usées.	Vebecot d.o.o. et Pomorski SLP d.o.o. font payer \$US par mètre cube collecté	
<b>Croatie</b>	Ploce, Canal Vlaska	Décantation et séparation mécanique seulement. Pas de traitement secondaire des eaux usées.	Pas d'information	
	Split	Décantation mécanique en prétraitement avant filtration et homogénéisation.	Pas d'information	
	Port de Rijeka	Un traitement est effectué consistant en une décantation préliminaire, la récupération des hydrocarbures séparés par écrémage de la surface et finalement par un séparateur API ouvert pour la phase aqueuse de 750 m cubes comme traitement secondaire de l'eau effluente	Pas d'information	
	Baie de Rijeka Bakar	Décantation et séparation mécanique à 750 m cubes/h	25 euros/tonne collectée	Les hydrocarbures récupérés après séparation et traitement sont envoyés dans les réservoir d'hydrocarbures de récupération de raffinerie utilisés pour les déchets d'hydrocarbures produits dans les réservoirs de stockage des hydrocarbures. La boue produite par les équipements AIP est traitée dans une unité de décantation/mélange tandis que les sédiments contenant des hydrocarbures sont mélangés et stabilisés avec de la chaux à prise rapide afin d'être éliminé dans la zone de la raffinerie.
<b>Slovénie</b>	Koper	L'eau de cale est traitée par une unité DAF et des systèmes de filtration et d'ozonation situés dans le port. Les hydrocarbures récupérés et les boues sont récupérés par des camions citernes Ecoles.	Une taxe directe qui dépend de la qualité et de la quantité des déchets contenant des hydrocarbures livrés. Cette taxe varie entre 100 - 500 \$US par mètre cube pour les eaux de cale sans hydrocarbures, jusqu'aux boues.	

## **Annexe H: Exemple de calcul rudimentaire de tarifs pour la réception dans les ports**

Note: Période de dépréciation 20 ans

Eléments de coût		Coûts (* 1.000)
<b>Investissements</b>		
Investissement pour installation		€ 208
Surface (M <sup>2</sup> )	2445	
Coût au M <sup>2</sup>	€ 150	
Coûts du terrain		€ 367
<b>Coûts d'exploitation (base annuelle)</b>		
Employés	17	
Coût du travail par employé		€ 1
Coût du travail par an		€ 17
Coût total de la main d'oeuvre		
Energie		€ 1
Carburants		€ 1
Transport		€ 15
Gestion		€ 6
<b>Coûts capitaux</b>		
Intérêts par an		€ 0
<b>Total</b>		<b>€ 616</b>

Type de déchet contenant des hydrocarbures	Nombre de M <sup>3</sup>	
<input checked="" type="checkbox"/> Ballastes sales	20,147	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Nettoyage des citernes	10,280	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Eau de cale contenant des hydrocarbures	10,264	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Résidus d'hydrocarbures (boues) et autres déchets contenant des hydrocarbures	4,769	<input type="text"/>
<b>Total</b>	<b>45,460</b>	

**Coût par M<sup>3</sup> de déchet contenant des hydrocarbures €14**