

Gestion des huiles usagée – Rapport sur les options tech- nologiques

Une soumission au PROE



Gestion des huiles usagées - Rapport sur les options technologiques

Une soumission au PROE

5 avril 2022



Gestion des huiles usagées - Rapport sur les options technologiques

Une soumission au Programme régional océanien de l'environnement (PROE) dans le cadre du projet « S'engager pour une gestion durable des déchets dans le Pacifique » (SWAP).

Préparé par

MRA Consulting Group (MRA)
Enregistré sous le nom de Mike Ritchie & Associates Pty Ltd
ABN 13 143 273 812

Suite 408 Henry Lawson Building19
Roseby Street Drummoyne
NSW 2047

+61 2 8541 6169

info@mraconsulting.com.au
mraconsulting.com.au

Historique des versions

Version	Date	État	Rédigé par :	Approuvé par :	Signature
0.1	31/03/2022	Version préliminaire	Sean Paul	Samuel Swain	Uniquement pour la version définitive
1.0	05/04/2022	Version définitive	Sean Paul	Samuel Swain	
2.0	13/04/2022	Version définitive (révisée)	Sean Paul	Samuel Swain	

Exclusion de responsabilité

Ce rapport a été préparé par MRA Consulting Group pour le PROE. MRA (ABN 13 143 273 812) n'accepte pas la responsabilité de l'utilisation du contenu de ce document par une tierce partie.

Table des matières

Acronymes.....	v
Résumé exécutif	vi
1 Introduction	1
1.1 Contexte.....	1
1.2 Sources d’huiles usagées.....	2
1.3 Caractéristiques des huiles usagées	4
1.4 Risques pour la santé humaine et l’environnement	7
2 Méthodologie de recherche.....	9
2.1 Qualité et limites des données.....	9
2.2 Entretiens.....	9
3 Présentation de la gestion des huiles usagées.....	10
3.1 Hiérarchie de la gestion des déchets.....	10
3.2 Les catégories de traitement	10
3.3 Évaluation des options	15
4 Options de gestion des huiles usagées	19
4.1 Combustion directe par une incinération contrôlée	20
4.2 Pyrolyse	24
4.3 Traitement léger suivi d’un mélange ou d’une réutilisation du combustible.....	28
4.4 Traitement à l’argile activée.....	33
5 Études de cas	37
6 Conclusions	43
7 Glossaire.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1. Avantages d’une gestion durable des huiles usagées	1
Tableau 2. Types d’huiles les plus courants disponibles pour le recyclage	2
Tableau 3. Types courants d’huiles et de lubrifiants par secteur	3
Tableau 4. Comparaison des propriétés chimiques des huiles usagées et des huiles vierges	5
Tableau 5. Principaux problèmes liés aux contaminants courants des huiles usagées	6
Tableau 6. Spécifications de l’EPA pour la combustion des huiles usagées.....	7
Tableau 7. Inventaire des principales émissions atmosphériques de métaux lourds exprimées en unités fonctionnelles équivalentes* (EFU).....	15
Tableau 8. Sélection des options de gestion des huiles usagées pour une analyse détaillée.....	16
Tableau 9. Combustion directe – aperçu de la technologie	20

Tableau 10. Combustion directe - aperçu juridique	22
Tableau 11. Combustion directe - aperçu économique	22
Tableau 12. Combustion directe - aperçu environnementale	23
Tableau 13. Pyrolyse - aperçu de la technologie.....	24
Tableau 14. Pyrolyse - aperçu juridique	26
Tableau 15. Pyrolyse - aperçu économique	26
Tableau 16. Pyrolyse - aperçu environnemental	27
Tableau 17. Traitement léger - aperçu technologique	28
Tableau 18. Traitement léger - aperçu juridique.....	30
Tableau 19. Traitement léger - aperçu économique	31
Tableau 20. Traitement léger - aperçu environnemental.....	32
Tableau 21. Traitement à l'argile activée - aperçu technologique.....	33
Tableau 22. Traitement à l'argile activée - aperçu juridique	34
Tableau 23. Traitement à l'argile activée - aperçu économique.....	35
Tableau 24. Traitement à l'argile activée - aperçu environnemental.....	36
Tableau 25. Options de traitement des huiles usagées : études de cas.....	37
Tableau 26. Comparaison des options technologiques potentielles pour la région Pacifique indiquant les résultats favorables (vert), les résultats potentiellement favorables (jaune) et les résultats défavorables (orange).....	44

Liste des figures

Figure 1. Consommation mondiale d'huiles et de lubrifiants par secteur	4
Figure 2. Options de gestion des huiles usagées - hiérarchie des déchets	10
Figure 3. Techniques de gestion des huiles couramment utilisées avec un code couleur représentant la hiérarchie des déchets	11
Figure 4. Principales étapes du reraffinage des huiles usagées, y compris les technologies conventionnelles utilisées	12
Figure 5. Unité de pyrolyse à l'échelle communautaire (Îles Salomon).....	40
Figure 6. Utilisation directe de gazoles de pyrolyse pour la cuisson (Îles Salomon) ³⁴	40
Figure 7. Diplômés d'une session de formation sur le fonctionnement de la pyrolyse (Îles Salomon) ³⁴	41
Figure 8. Unité conteneurisée de traitement des huiles usagées et de mélange des carburants (PNG)	41
Figure 9. Usine de distillation d'huiles usagées (Allemagne).....	42

Figure 10. Transport d'une unité d'épuration d'argile activée (Allemagne) 42

Acronymes

Terminologie	Définition
% en poids	Pourcentage du poids
% vol.	Pourcentage volumétrique
ACT	Traitement à l'argile activée
cSt	centiStokes
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
kcal/kg	Kilocalories par kilogramme
MRA	MRA Consulting Group
PCB	Biphényle polychloré
PLC	Contrôleur logique programmable
PNG	Papouasie-Nouvelle-Guinée
ppm	Parties par million
PROE	Programme régional océanien de l'environnement
SWAP	S'engager pour une gestion durable des déchets dans le Pacifique

Résumé exécutif

Ce rapport vise à aider les petites nations insulaires de la région du Pacifique à choisir une option de gestion des huiles usagées. L'étude s'est concentrée sur les pays participant au projet *S'engager pour une gestion durable des déchets dans le Pacifique* (SWAP), notamment Samoa, les îles Salomon, Tonga et Vanuatu.

La recherche a été menée en réalisant une analyse documentaire des ressources, des audits régionaux des huiles usagées et des entretiens avec des fabricants et opérateurs de technologies de gestion des huiles usagées qui étaient accessibles au public. Les sources, les caractéristiques et les risques (pour la santé humaine et l'environnement) liés aux huiles usagées sont présentés afin de placer la discussion dans son contexte. Les technologies potentielles de gestion des déchets ont ensuite été classées afin de résumer les approches les plus courantes de traitement des huiles usagées.

Les principales options réalisables dans le Pacifique ont été sélectionnées puis analysées en fonction de critères technologiques, juridiques, économiques et environnementaux. Cette étude détaillée a examiné les technologies suivantes de gestion des huiles usagées :

1. Combustion directe par incinération contrôlée ;
2. Pyrolyse ;
3. Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible ;
4. Traitement à l'argile activée.

Des études de cas illustrant certaines de ces options sont présentées pour aider à comprendre les défis et les opportunités au regard du problème lié à la gestion des huiles usagées dans la région Pacifique.

La comparaison des options technologiques qui en résulte constitue un outil d'aide à la décision qui permettra aux îles du Pacifique de choisir la meilleure option de traitement en fonction de leurs contraintes économiques, sociales, géographiques, environnementales et opérationnelles respectives.

1 Introduction

1.1 Contexte

Les petites nations insulaires sont confrontées à de nombreux obstacles logistiques et financiers dans la mise en œuvre des technologies de gestion des déchets. Les pratiques actuelles exigent souvent que les déchets soient exportés pour être traités à l'étranger, ce qui peut entraîner des coûts fixes élevés et avoir des impacts environnementaux négatifs. En outre, les nations perdent les avantages qui pourraient être tirés du traitement des déchets sur l'île, notamment des opportunités d'emploi et des revenus issus des produits récupérés.

Les huiles usagées font partie des déchets potentiellement valorisables. L'objectif de ce rapport est d'aider le Programme régional océanien de l'environnement (PROE), dans le cadre du projet « S'engager pour une gestion durable des déchets dans le Pacifique » (SWAP) à fournir des conseils aux pays et territoires insulaires du Pacifique (PTIC) qui souhaitent développer des technologies de gestion des huiles usagées dans les îles. L'étude se concentrera sur les pays parties prenantes du projet SWAP, notamment le Samoa, les îles Salomon, les Tonga et le Vanuatu.

La recherche a été menée en réalisant une analyse documentaire des ressources accessibles au public, des données fournies par le PROE et des entretiens avec des fournisseurs et opérateurs de technologies de gestion des huiles usagées. Les sources, les caractéristiques et les risques (pour la santé humaine et l'environnement) liés aux huiles usagées sont présentés pour placer la discussion dans son contexte. Les options technologiques de gestion des déchets ont ensuite été classées afin de résumer les approches les plus courantes du traitement des huiles usagées.

Une analyse comparative détaillée a été menée à partir de ces éléments et les principales options adaptées au contexte du Pacifique ont été sélectionnées. Le tableau comparatif qui en résulte constitue un outil d'aide à la décision pour choisir la meilleure option de traitement en fonction des contraintes économiques, sociales, géographiques, environnementales et opérationnelles des îles du Pacifique.

La gestion durable des huiles usagées est bénéfique pour les petites nations insulaires aux niveaux environnemental, économique et opérationnel. Un résumé de certains avantages de la gestion des huiles usagées est présenté dans le Tableau 1.

Tableau 1. Avantages d'une gestion durable des huiles usagées

Environnement	Économie	Fonctionnement
<ul style="list-style-type: none"> • Empêcher la contamination des sources d'eau et du sol par un stockage/une mise au rebut inappropriés • Éviter les émissions (par exemple, dioxines et métaux lourds) provenant de la combustion à l'air libre • Le recyclage préserve les ressources limitées • La production d'huiles lubrifiantes à partir du recyclage d'huiles usagées permet de réduire d'un tiers les émissions par rapport au pétrole brut 	<ul style="list-style-type: none"> • Il suffit de recycler 1 litre d'huile usagées pour produire 0,63 litre de nouvelle huile lubrifiante (contre 42 litres de pétrole brut) • Créer des emplois et stimuler l'innovation • Diminuer la dépendance à l'égard des approvisionnements pétroliers étrangers • Produire des produits finis vendables ou produire de l'électricité 	<ul style="list-style-type: none"> • Les huiles recyclées répondent aux mêmes normes que les huiles vierges • Fournir des revenus pour soutenir les systèmes de collecte et de stockage • Réduire les stocks d'huiles usagées • Diminuer la nécessité d'exporter des huiles usagées pour les traiter

1.2 Sources d'huiles usagées

L'huile moteur joue un rôle majeur dans la vie quotidienne. Elle est très utilisée pour les transports et l'industrie. Le rôle principal de l'huile moteur est d'augmenter la lubrification des pièces mobiles en évitant leur contact direct. Elle réduit ainsi les impacts du frottement et de l'échauffement. Parmi les autres avantages, citons les utilisations suivantes :

- liquide de refroidissement du moteur ;
- nettoyage interne du moteur et des pièces ;
- prévention des obstructions ;
- protection contre la corrosion ;
- scellant contre les contaminants externes.

Le Tableau 2 fournit des informations supplémentaires sur les différentes fonctions, la composition et les propriétés des types d'huiles les plus courants.

Tableau 2. Types d'huiles les plus courants disponibles pour le recyclage

Type d'huile	Fonction	Composition	Propriétés
Vilebrequin/moteur/huile moteur	Lubrifier les pièces mobiles du moteur en réduisant les frottements.	Mélange de base lubrifiante (70-90 %) et d'additifs (10-30 %) qui comprend des dispersants, des détergents, des agents anti-mousse et des inhibiteurs de corrosion.	Résistance élevée à la chaleur et faible adsorption des contaminants (par exemple, combustible non brûlé).
Lubrifiants et graisses pour engrenages	Lubrifier des surfaces difficiles à atteindre ou à contenir (plus adaptés que les autres huiles).	Mélange de lubrifiants liquides et d'un épaississant (généralement du savon et d'autres additifs) selon l'application.	Capable de résister aux pressions extrêmes des boîtes de vitesses automobiles ou industrielles.
Huile hydraulique	Intermédiaire principal dans les systèmes d'énergie hydraulique, avec des fonctions secondaires telles que le transfert de chaleur, l'élimination de la contamination, l'étanchéité et la lubrification.	Il s'agit généralement d'un mélange d'huiles, de butanol, de phtalates, d'adipates, de polyalkylène glycols, d'inhibiteurs de corrosion et d'autres additifs (par exemple, anti-usure).	Faible compressibilité, frottement prévisible et viscosité stable à différentes températures (c'est-à-dire indice de viscosité élevé).
Huiles caloporteuses	Conçues pour assurer un transfert fiable de chaleur interne quelque soit le niveau de température.	Les additifs courants diminuent les effets oxydatifs du chauffage. Ils sont nécessaires pour minimiser les dépôts de carbone qui inhibent les transferts de chaleur.	Présentent une faible viscosité, une bonne stabilité thermique, un point d'éclair élevé et de bonnes propriétés de transfert de chaleur.

Les principaux secteurs qui ont besoin d’huiles et de lubrifiants pour fonctionner sont les secteurs automobile, industriel, maritime et énergétique (et ce sont donc les principaux producteurs d’huiles usagées). Il est important de comprendre quelles sont les principales sources d’huiles afin de mettre en place les meilleures pratiques de gestion des huiles usagées, notamment en ce qui concerne le stockage, la manutention, le transport et la réutilisation.

La possibilité de créer une économie circulaire – dans laquelle les déchets collectés et prétraités sont utilisés comme matières premières pour générer de nouveaux produits - dépend de la capacité de ces secteurs à fournir des huiles usagées comme matières premières du processus et à offrir des débouchés aux produits recyclés.

Le Tableau 3 donne un aperçu des types d’huiles couramment utilisés par chaque secteur. Le principal type d’huile ou de lubrifiant utilisé par le producteur déterminera les caractéristiques de l’huile usagée résultante, notamment les types d’additifs et les contaminants courants.

Tableau 3. Types courants d’huiles et de lubrifiants par secteur

Secteur automobile	Secteur industriel	Secteur maritime	Secteur de l’énergie
<ul style="list-style-type: none"> • Huile de carter • Liquides de transmission usagés • Lubrifiants pour engrenages • Huiles hydrauliques • De petites quantités de solvants sont utilisées dans les zones de service 	<ul style="list-style-type: none"> • Huiles hydrauliques • Huiles de turbines • Huiles pour moteurs à gaz • Huiles de coupe des métaux • Huiles pour compresseurs • Huiles de transfert de chaleur • Huiles de réfrigération 	<ul style="list-style-type: none"> • Huiles lubrifiantes • Graisses 	<ul style="list-style-type: none"> • Liquide de refroidissement interne des transformateurs

La Figure 1 ci-dessous résume les quantités d’huiles usagées consommées par les principaux secteurs. La figure a été établie à partir de données mondiales, car les données spécifiques au contexte du Pacifique ne sont pas disponibles. On peut supposer que la proportion d’huiles usagées industrielles serait plus faible dans le contexte du Pacifique (en raison du nombre moins élevé d’industries secondaires actives dans la région), tandis que le secteur maritime pourrait représenter une proportion plus élevée (en raison de la dépendance à la navigation entre les îles).

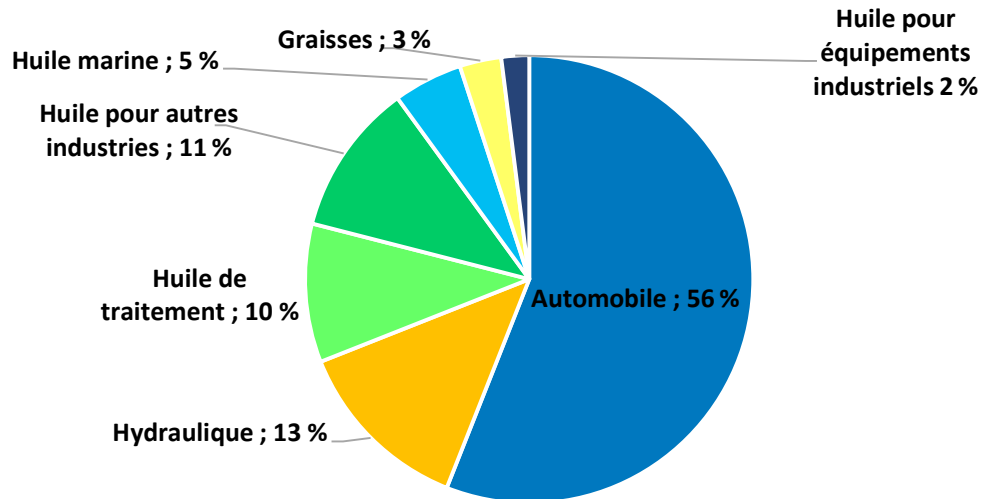


Figure 1. Consommation mondiale d’huiles et de lubrifiants par secteur¹

Le secteur automobile est le principal utilisateur d’huiles et de lubrifiants. Les huiles usagées sont surtout générées par de nombreux producteurs à petite échelle, notamment les stations-service, les garages et les aires de service des parcs automobiles (par exemple, les dépôts de bus). Cela présente des défis logistiques supplémentaires par rapport aux producteurs industriels, marins et électriques à grande échelle, où des quantités importantes peuvent être collectées et stockées sur place. La production à petite échelle nécessite une manutention et un transport supplémentaires des huiles usagées. Elle entraîne également des risques supplémentaires de contamination des huiles ou de pollution de l’environnement.

1.3 Caractéristiques des huiles usagées

1.3.1 Propriétés chimiques

L’altération mécanique et thermique des huiles lubrifiantes entraîne une dégradation à la fois des huiles de base et des additifs utilisés pour améliorer les performances. Les propriétés chimiques des huiles seront différentes de celles de leurs homologues vierges et elles varieront en fonction du type et de la durée d’utilisation des huiles. Certaines de ces modifications rendent les huiles impropres à l’utilisation, par exemple la diminution de la viscosité et du point d’éclair. Lorsque cette dégradation se produit, l’huile usagée doit être remplacée par de l’huile vierge pour maintenir les performances du moteur.

Il n’existe pas de spécification internationale standard pour décrire les caractéristiques des huiles usagées. Les propriétés varient d’un pays à l’autre en fonction des principales sources du secteur et selon le système de collecte et de stockage adopté.² Cela complique le traitement des huiles usagées, car les produits finis doivent répondre à des critères stricts pour que la qualité du produit final puisse être contrôlée. Lorsque les huiles récupérées sont brûlées, les propriétés chimiques des huiles déterminent la chaleur produite et les émissions générées. Si les huiles de base récupérées

¹ Andrews, L. *Compendium of Recycling and Destruction Technologies for Waste Oils*. Programme des Nations unies pour l’environnement (2008)

² Giovanna, F. D., et al. *Compendium of used oil regeneration technologies*. Organisation des Nations unies pour le développement industriel et Centre international pour la science et la technologie de pointe, Trieste (2003).

sont utilisées pour fabriquer de nouvelles huiles lubrifiantes, leurs propriétés doivent être identiques à celles des huiles de base vierges pour permettre leur commercialisation.

Les propriétés des huiles usagées doivent être bien caractérisées avant de choisir une technologie de gestion, car certains procédés ne sont pas compatibles avec des matières premières fortement contaminées. Les études antérieures menées sur les huiles usagées dans la région du Pacifique se sont concentrées sur les taux de production des huiles, plutôt que sur les compositions chimiques. Les propriétés moyennes des huiles usagées sont présentées dans le Tableau 4. Elles sont comparées avec les propriétés moyennes des huiles moteur vierges.

Tableau 4. Comparaison des propriétés chimiques des huiles usagées et des huiles vierges³

Propriété ou test	Huiles moteur usagées	Huiles moteur vierge
Viscosité, à 40 °C, mm ² /s	15 - 180	Jusqu'à 210
Densité spécifique à 15,6 °C	0,87 - 0,94	0,85 - 0,92
Eau, % vol.	0,2 - 33,8	Traces
Sédiments de fond et eau, % vol.	0,1 - 42	Néant
Dilution de l'essence, % vol.	2,0 - 9,7	Néant
Point d'éclair, °C	79 - 220	>200
Cendres, sulfatées, % en poids	0,03 - 6,43	0,78 - 1,0
Suie de carbone, % en poids	1,82 - 4,43	Néant
Graisses, % en poids	0 - 60	Néant
Chlore, % en poids	0,17 - 0,47	Néant
Soufre, % en poids	0,17 - 1,09	>0.03
Zinc, ppm	260 - 1,787	Néant
Calcium, ppm	211 - 2 291	Néant
Baryum, ppm	9 - 3 906	Néant
Phosphore, ppm	319 - 1 550	Néant
Plomb, ppm	85 - 21 676	Néant
Aluminium, ppm	<0,5 - 758	Néant
Fer, ppm	97 - 2 401	Néant

1.3.2 Contaminants

Le vieillissement des huiles introduit des contaminants qui doivent être éliminés par un traitement. Ces contaminants peuvent présenter de nombreux risques pour la santé humaine et l'environnement. Les contaminants des huiles usagées étant de nature dangereuse, ces huiles sont répertoriées dans la liste des déchets dangereux de la Convention de Bâle (catégories Y8 et Y9).

Les contaminants proviennent souvent de :

- apport extérieur pendant le fonctionnement du moteur (par exemple, poussière, eau ou carburant non brûlé) ;
- production intrinsèque de substances ou dégradation intrinsèque (par exemple, additifs dénaturés, débris métalliques ou suie) ;

³ Andrews, L. *Compendium of Recycling and Destruction Technologies for Waste Oils. Programme des Nations unies pour l'environnement* (2008)

- mélange inapproprié ou contamination de l'environnement pendant la collecte, la manipulation et le stockage des huiles usagées.⁴

Le type et la quantité de certains contaminants dépendent surtout de la source des huiles usagées et de la méthode de collecte et de stockage. Les contaminants courants et leurs effets sur l'environnement ou les performances du moteur sont présentés dans le Tableau 5.

Tableau 5. Principaux problèmes liés aux contaminants des huiles usagées couramment utilisés

Contamination	Source	Impacts
Huile végétale	Huiles de colza, huiles de tournesol, huiles de cuisson et esters mélangés de manière incorrecte avec des huiles usagées	<ul style="list-style-type: none"> • Craquage du carburant et diminution du rendement du moteur • Encrassement • Gaz résiduels de la combustion
Solvants	Blanchisseries et solvants usagés mélangés à tort avec de l'huile usagée	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosion
Eau	Sous-produit de la combustion, pénétration dans les ventilateurs du moteur ou mauvaise manipulation ou stockage de l'huile usagée.	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des coûts énergétiques lors de la séparation • Les eaux usagées issues de la séparation doivent être traitées
Métaux	Usure mécanique du moteur ou additifs utilisés pour augmenter les performances de l'huile	<ul style="list-style-type: none"> • Frottement et usure • Polluants sous forme de métaux lourds
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Combustion incomplète et intervalle long entre les vidanges	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicité
Biphényles polychlorés (PCB)	Additif pour huile de transformateur	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicité
Silice	Additif utilisé dans les antigels, les huiles industrielles et les liquides de frein.	<ul style="list-style-type: none"> • Empoisonnement du catalyseur
Chlore	Contamination de solvants chlorés et d'additifs d'huiles lubrifiantes	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosion • Dioxines générées lors de la combustion
Cires et paraffines	Élimination des résidus de carburant	<ul style="list-style-type: none"> • Faible opacité du lubrifiant
Soufre	Additifs et fuite du moteur à essence	<ul style="list-style-type: none"> • Génération d'oxydes de soufre lors de la combustion • Corrosion • Augmentation des coûts énergétiques lors de la séparation
Suie de carbone	Combustion incomplète du moteur	<ul style="list-style-type: none"> • Encrassement • Diminution de l'efficacité de la séparation

⁴ Rațiu, S. A., et al. *A review on the contamination of used engine oil*. Romanian Journal of Automotive Engineering 26.4 (2020).

Les contaminants les plus dangereux sont les HAP, les PCB et les métaux lourds. Les composés aromatiques sont considérés comme les composants les plus toxiques des huiles usagées, par exemple le benzo(a)pyrène formé lors de la combustion incomplète du carburant. Au minimum, les technologies de traitement des huiles usagées sont censées réduire les contaminants dangereux en dessous d'un seuil de sécurité afin de pouvoir manipuler et utiliser les huiles traitées sans risques excessifs.

Dans les pays du projet SWAP, une législation régit l'importation et la gestion des produits pétroliers, par exemple la *loi sur le pétrole* des îles Salomon de 1987. Cependant, dans la région du Pacifique il n'existe pas de législation pour définir des critères ou des spécifications admissibles pour la réutilisation des huiles usagées (que ce soit pour une combustion ou pour produire une huile de base).

Tableau 6 présente les spécifications de l'agence américaine de protection environnementale (US EPA aux États-Unis). Ces données définissent les niveaux de contaminants et les propriétés chimiques admissibles pour les huiles usagées destinées à être brûlées pour récupérer de l'énergie. Si les contaminants dépassent les limites admissibles, des mesures strictes de surveillance et de contrôle de l'environnement doivent être mises en place pour réduire les impacts sur la santé humaine et l'environnement.

Tableau 6. Spécifications de l'EPA pour la combustion des huiles usagées

Paramètre	Limite autorisée
Arsenic	5 ppm
Cadmium	2 ppm
Chrome	10 ppm
Plomb	100 ppm
Halogènes totaux	4 000 ppm
PCB	2 ppm
Point d'éclair	38 °C minimum

1.4 Risques pour la santé humaine et l'environnement

Certains contaminants concentrés dans les huiles usagées doivent faire l'objet d'une attention particulière en raison de leurs impacts négatifs sur la santé humaine et l'environnement. Les risques liés aux impacts de ces contaminants sont un élément majeur de la gestion durable des huiles usagées. Les techniques de gestion des huiles doivent donner la priorité à la réduction de ces risques à toutes les étapes de leur cycle de vie.

Parmi les sources courantes d'exposition aux risques liés aux huiles usagées, on peut citer :

- les huiles usagées sont éliminées de manière inappropriée (c'est-à-dire par mise en décharge, rejet à l'égout ou combustion à l'air libre), ce qui a un impact sur la qualité de l'air et de l'eau au niveau local ;
- des cuves de stockage endommagées entraînent des fuites ;
- de mauvais protocoles de protection des personnes ou de manipulation sont utilisés pendant la collecte et le transport ;
- des huiles usagées anciennes ou fortement contaminées sont réutilisées de manière excessive.

La combustion à l'air libre est une méthode d'élimination des huiles usagées particulièrement préoccupante en raison de la production non contrôlée de cendres (contenant des métaux lourds) et d'émissions (comprenant des dioxines, des furanes, du monoxyde de carbone, des oxydes de soufre

et des composés organiques). Les émissions peuvent se déposer dans les sources d'eau, s'accumuler dans les sols, persister dans la chaîne alimentaire et avoir un impact sur la santé humaine. Des contrôles stricts des émissions doivent être mis en place pour tous les systèmes de traitement des huiles usagées.

Chaque pays aura des contrôles législatifs différents pour minimiser les impacts négatifs des huiles usagées. Il convient de les consulter lors du processus de prise de décision concernant les techniques de gestion des huiles usagées.

L'exposition aux huiles usagées peut entraîner les effets suivants :

- la contamination de l'eau potable avec des concentrations aussi faibles que 1 ppm ;⁵
- la destruction des ressources alimentaires et des habitats naturels ;
- les incidences sur la faune locale, notamment la contamination par des éléments toxiques, l'altération de la reproduction, les lésions du tractus intestinal, la réduction de l'isolation de la fourrure et de la déperleance des plumes ;
- des dommages chroniques et aigus pour la santé humaine.

Les huiles usagées présentent un risque pour la santé humaine notamment en raison des propriétés suivantes :

- cancérigène, génotoxique et fœtotoxique ;
- répercussions sur les systèmes immunologique et reproducteur ;
- dommages aux reins, au foie, au cœur, aux poumons et au système nerveux.⁶

⁵ Irwin, R. J., et al. *Environmental contaminants encyclopedia : Alkanes entry*. Journal of Chemical Information and Modelling (1997)

⁶ Dorsey, Alfred, Carolyn Rabe et Sujatha Thampi. *Toxicological profile for used mineral-based crankcase oil*. (1997).

2 Méthodologie de recherche

Cette étude s'est principalement appuyée sur la recherche documentaire pour générer un outil de prise de décision destiné à aider le choix des technologies de gestion des huiles usagées. Cet outil peut être utilisé pour éclairer les décisions de planification dans les nations insulaires du Pacifique. Cependant, les personnes qui utilisent cet outil doivent analyser les conclusions au regard des spécificités locales (telles que les exigences géographiques, financières et sociopolitiques). Cette étude a pris en compte la situation diversifiée de la région Pacifique.

2.1 Qualité et limites des données

Les recherches et les données utilisées dans ce rapport sont basées sur une étude documentaire des ressources publiques disponibles, des données fournies par le PROE et des connaissances de MRA sur l'industrie. En raison de la diversité des pays et des types d'huiles usagées inclus dans cette étude, plusieurs problèmes de qualité des données et de limites des données ont été rencontrés.

Les données disponibles dataient souvent de plus de cinq ans et, dans l'ensemble, il existait des lacunes importantes dans la disponibilité des données pour chaque nation ou pour les îles principales de chaque nation. Par conséquent, dans de nombreux cas, des hypothèses ont été formulées pour effectuer des extrapolations à partir de données sur les déchets provenant de nations de taille similaire qui disposaient de données de meilleure qualité.

Les rapports sur les huiles usagées s'appuient souvent sur les données sur les importations de pétrole pour estimer les taux de production d'huiles usagées. Il a été constaté que les hypothèses utilisées dans la méthode de calcul des huiles usagées générées n'étaient pas cohérentes entre les études, ce qui rend leur comparaison inexacte.

Les données d'audit récentes fournies par le PROE ont été considérées comme les données disponibles les plus précises. Toutefois, ces études doivent être étendues à chaque nation de la région pour obtenir une représentation de meilleure qualité.

2.2 Entretiens

Le MRA a mené des entretiens avec des organisations de gestion des déchets et des fournisseurs de technologies de traitement des huiles usagées opérant dans le Pacifique. Ces entretiens ont permis de mieux comprendre les défis et les opportunités locales en matière de traitement des huiles usagées dans cette région. MRA et le PROE tiennent à remercier les personnes suivantes :

- Leigh Ramsey et Gael Ferguson (NuFuel Ltd) ;
- Cyril Prudhomme (Tahiti, Ingénierie Process) ;
- Kori Chan (TWM Group) ;
- Patrick Selles (Sarl Ixos).

3 Présentation de la gestion des huiles usagées

3.1 Hiérarchie de la gestion des déchets

Les options de gestion des huiles usagées varient considérablement en termes de sophistication technologique, de produit final, d'avantages environnementaux et de contraintes financières. Dans la Figure 2, les options de gestion des huiles usagées sont classées globalement en fonction de la hiérarchie des déchets.

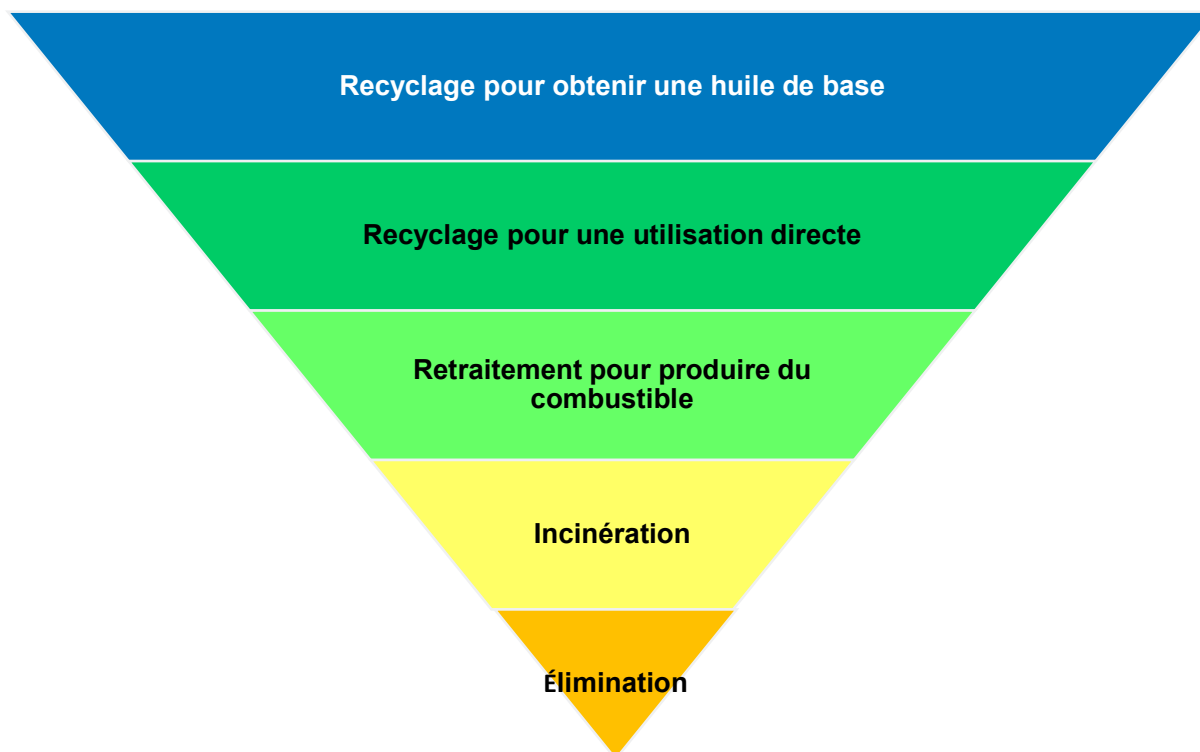


Figure 2. Options de gestion des huiles usagées - hiérarchie de la gestion des déchets

L'élimination (y compris l'enfouissement, le dépôt en décharge et la combustion à l'air libre) doit être réduite au minimum, même si cela implique d'utiliser une méthode de traitement peu recommandée comme l'incinération. Le recyclage total des huiles usagées en huiles de base est considéré comme la meilleure méthode. En effet, cette approche est tout à fait conforme aux principes de l'économie circulaire. Elle entraîne des économies d'énergie globales et réduit les impacts environnementaux négatifs. Néanmoins, les meilleures options nécessitent des investissements financiers et technologiques qui peuvent être difficiles à réaliser pour les petites nations insulaires.

3.2 Les catégories de traitement

Il existe quatre grandes méthodes de traitement des huiles usagées que l'on retrouve dans la représentation de la hiérarchie de gestion des déchets. Ces méthodes sont les suivantes :

1. Re-raffinage des huiles usagées pour obtenir une huile de base ;
2. Récupération des huiles usagées pour une réutilisation directe ;
3. Brûlage après retraitement des huiles usagées
4. Combustion directe ou incinération

La Figure 3 présente ces différentes de méthodes de traitement avec un code couleur correspondant à la hiérarchie des déchets.

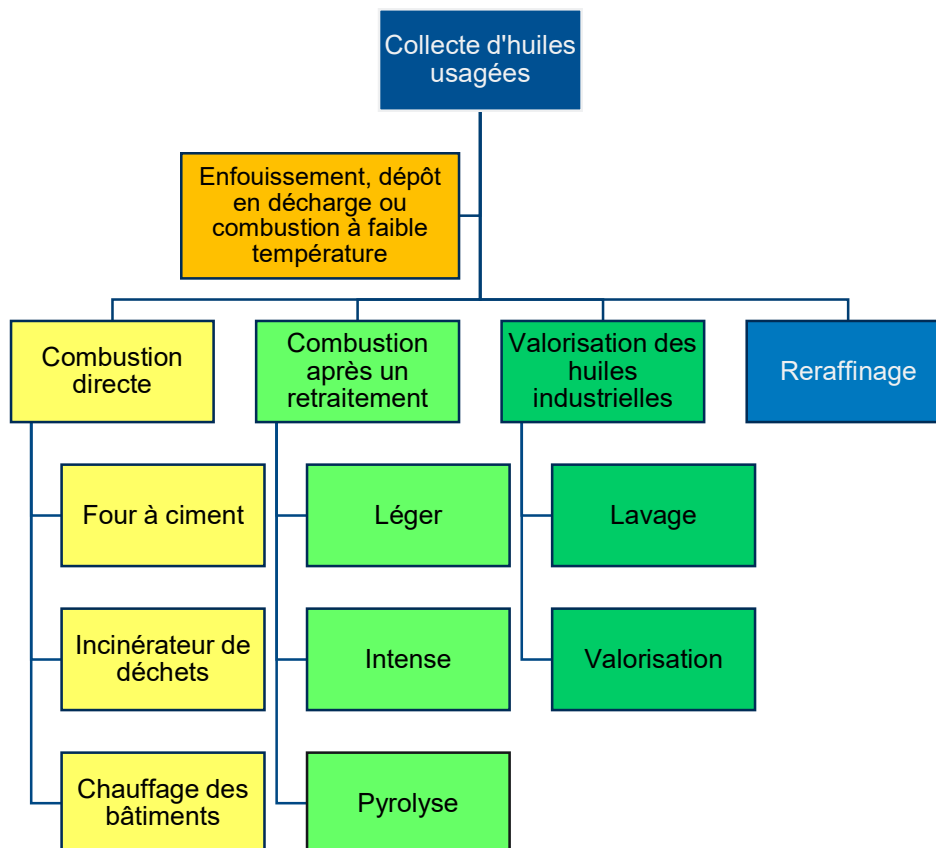


Figure 3. Techniques de gestion des huiles couramment utilisées avec un code couleur représentant la hiérarchie des déchets

Toutes les méthodes de traitement nécessitent de collecter, transporter, stocker les huiles usagées, tenir des registres et contrôler les émissions. Chaque option de traitement aura des exigences spécifiques en termes de gestion des huiles usagées, telles que des restrictions sur le mélange des huiles usagées ou sur les périodes de stockage acceptables. Les techniques de gestion ont été comparées en détail et la section 4 fournit des informations détaillées sur ces comparaisons. La collecte et le traitement des filtres à huile (qui contiennent environ 240 ml d'huile usagée) et des conteneurs d'huile nécessitent de tenir compte d'éléments supplémentaires.

3.2.1 Re-raffinage

Le re-raffinage est l'option de traitement de premier choix pour les mélanges d'huiles usagées. Ce procédé permet de recycler les huiles usagées pour produire une nouvelle base lubrifiante, prête à être modifiée pour une réutilisation ultérieure. Ce procédé n'est généralement recommandé qu'en conjonction avec des opérations de raffinage de pétrole existantes afin de réduire les coûts d'investissement élevés, d'utiliser les installations et les services publics existants, de récupérer des sous-produits de plus grande valeur (c'est-à-dire des gazoles) et de garantir des contrôles de pollution plus efficaces. Les huiles de base finales issues du re-raffinage sont presque identiques aux huiles de base vierges. En produisant de nouvelles huiles lubrifiantes à partir du recyclage d'huiles de base, les fabricants peuvent réduire leur dépendance à l'égard des réserves de pétrole brut tout en réalisant des économies d'énergie globales. La production d'huiles lubrifiantes à partir d'huiles de base recyclées génère un tiers des émissions qui seraient produites en utilisant du pétrole brut.

Diverses technologies de re-raffinage existent à tous les stades de développement, depuis les applications industrielles à long terme jusqu'aux essais à l'échelle du laboratoire. Parmi les procédés de traitement les plus courants, citons :

- Traitement à l'argile activée ou extraction par solvant ;
- Distillation ou évaporation sous vide ;
- Hydrogénation ou ultra-filtration.

Le système peut également effectuer un craquage thermique des huiles usagées pour produire de l'essence. Un schéma récapitulatif du processus de reraffinage des huiles usagées est présenté dans le document suivant à la Figure 4.

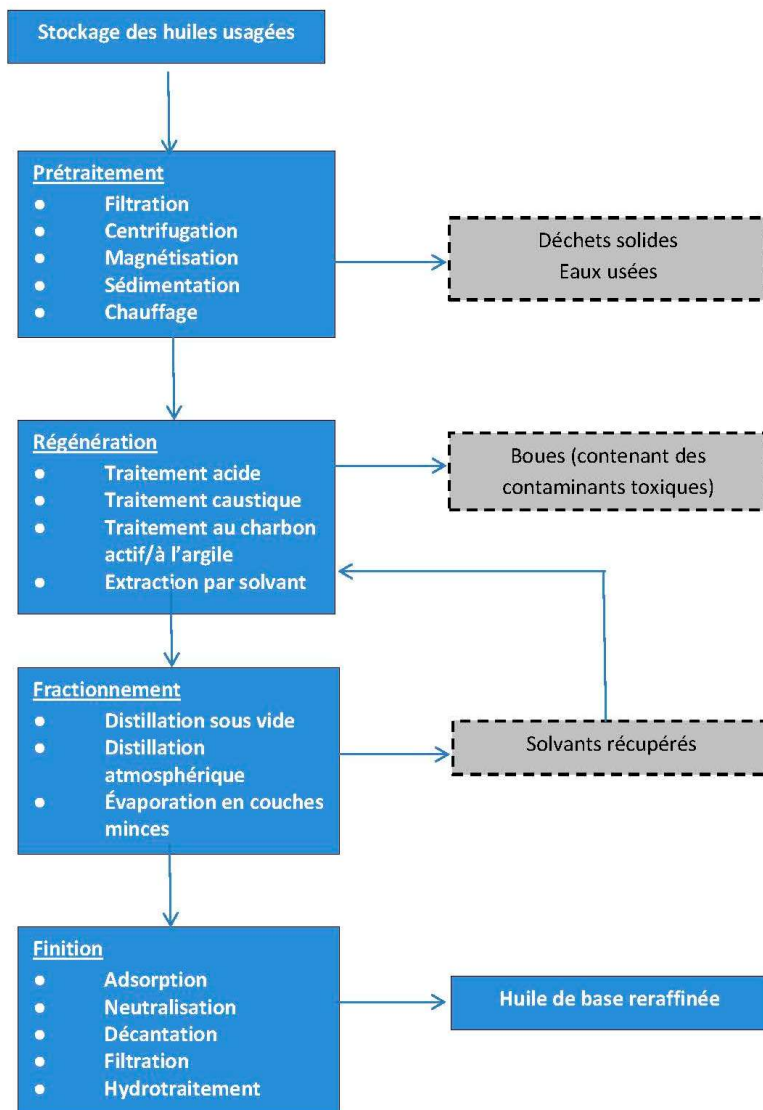


Figure 4. Principales étapes du reraffinage des huiles usagées, y compris les technologies conventionnelles utilisées⁷

⁷ Diagramme adapté de Sánchez-Alvarracín, Carlos, et al. *Characterization of Used Lubricant Oil in a Latin-American Medium-Size City and Analysis of Options for Its Regeneration*. Recycling 6.1 (2021) : 10.

Les volumes d'huiles usagées générés sur les différentes îles du Pacifique ne sont pas suffisants pour que le re-raffinage soit une option de gestion viable localement. La plupart des usines de reraffinage d'huiles usagées en fonctionnement ont une capacité annuelle comprise entre 20 000 et 130 000 tonnes.⁷

Pour utiliser le re-raffinage, il faudrait collecter les huiles usagées de plusieurs régions et nations voisines pour les regrouper. Les raffineries existantes (comme celles de Port Moresby, en Australie ou en Nouvelle-Zélande) pourraient être converties pour accepter les huiles usagées de la région Pacifique.

Si un regroupement des opérations de traitement était mis en place, la charge de la manipulation et de l'élimination des sous-produits du processus pourrait peser sur les pays hôtes, de manière injuste, notamment les eaux usagées contaminées par le pétrole et les déchets résiduels et les boues. Le traitement nécessiterait des coûts supplémentaires pour couvrir la gestion des déchets de traitement.

3.2.2 Valorisation

La valorisation des huiles usagées (également appelée reconditionnement) est une option de traitement appropriée pour les huiles usagées industrielles de source unique dont la composition est connue. Celles-ci proviennent d'industries qui utilisent de gros volumes d'huiles, tels que les centrales électriques.

Les huiles moteur étant susceptibles d'être contaminées (en raison de l'exposition à l'environnement pendant l'utilisation, la collecte, le stockage et le transport), la qualité des produits ne peut être garantie lors du processus de valorisation.

Les systèmes peuvent être conçus pour accepter soit un seul type d'huile industrielle (traitement spécialisé), soit plusieurs types d'huile grâce à des ajustements des paramètres du système (traitement généralisé). Les systèmes sont souvent conçus pour recevoir spécifiquement des huiles hydrauliques, des huiles caloporteuses, des huiles de turbine et des liquides de refroidissement internes des transformateurs.

La valorisation implique généralement :

1. chauffage ;
2. filtration ou séparation par centrifugation ;
3. déshydratation sous vide ;
4. régénération avec des additifs frais.

La valorisation sur site permet de régénérer les huiles usagées pour les réutiliser directement. Cela prolonge la durée de vie des huiles usagées et réduit la production de déchets. Les équipements nécessaires au traitement peuvent être de petite taille et nécessiter peu d'investissement financier, mais les sources d'huiles usagées qu'ils peuvent accepter sont limitées.

Un contrôle continu de la qualité des huiles est également nécessaire pour déterminer à quel moment les huiles usagées recyclées ne peuvent plus être récupérées. À ce stade, une autre méthode de traitement est nécessaire pour éliminer les huiles usagées plus fortement contaminées.

Des audits d'huiles usagées ont été réalisés dans la région du Pacifique⁸ et ont permis d'identifier les principaux utilisateurs industriels d'huiles lubrifiantes susceptibles de bénéficier d'une valorisation des huiles sur site. Il s'agit des sociétés de production d'électricité (par exemple, Electric Power Company, Solomon Islands Electricity Authority et Tonga Power Limited) et des industries primaires (par exemple, les mines et la foresterie). Certaines centrales électriques ont déjà la capacité de collecter et de stocker les huiles sur place, mais aucune n'est actuellement engagée sur place.

⁸ Plus précisément : *Used Oil Audit Survey in Samoa* (2012), *Contemporary Used Oil Audit in Solomon Islands* (2014), *Contemporary Used Oil Audit in Tonga* (2014) et *Establishment of Used Lubricants and Oil Management System in Papua New Guinea* (2017).

3.2.3 Combustion après retraitement

Les huiles usagées peuvent être traitées de différentes manières avant d'être brûlées directement ou mélangées à d'autres huiles combustibles. Le retraitement implique souvent l'élimination de l'eau et des contaminants qui peuvent entraîner des émissions nocives. Cela permet d'améliorer les performances moteur des mélanges de carburants et de réduire le risque d'effets négatifs de la combustion.

Les étapes de traitement léger comprennent généralement :

1. l'ajout de désémulsifiants ;
2. un bassin de décantation chauffé pour éliminer l'eau et les sédiments ;
3. une filtration si nécessaire.

Une autre méthode de traitement consiste à produire du carburant diesel par pyrolyse. Les huiles usagées sont chauffées en l'absence d'oxygène pour craquer les huiles lourdes et générer des combustibles plus légers, qui sont ensuite condensés pour être collectés. Les gazoles non condensables peuvent être collectés pour chauffer la chambre de combustion de la pyrolyse.

Un traitement plus intense comprend une étape supplémentaire telle que :

- la séparation sur colonne flash (pour une meilleure séparation de l'eau) ;
- la distillation légère sous vide (pour récupérer les fractions légères et le gazole) ;
- la distillation sous vide poussé (pour éliminer les résidus d'huile).

Un traitement plus poussé est nécessaire pour réduire la teneur en métaux en dessous de 1 ppm.

Les huiles usagées retraitées sont généralement mélangées avec du fioul dans une proportion de 10 % du poids. Le mélange est limité par la teneur en cendres restantes et la viscosité de l'huile après traitement. Les mélanges de carburants sont souvent utilisés comme combustible de soute, et des recommandations ont été émises afin de surveiller et contrôler la qualité des émissions atmosphériques.⁹

Les huiles usagées retraitées peuvent également être brûlées directement, ce qui présente moins de risques pour l'environnement que la combustion d'huiles non traitées. Cette option est souvent utilisée pour le chauffage industriel, comme le séchage du calcaire ou le combustible de démarrage des centrales électriques.

À ce jour, tous les systèmes de traitement des huiles usagées qui ont été déployés dans la région Pacifique peuvent être classés dans cette catégorie. La faible expertise technique, la mobilité et la demande de produit final combustible rendent cette approche plus facile à mettre en œuvre que les autres options. Les systèmes peuvent être transportés vers les principales sources de production, ou implantés à proximité des marchés des produits combustibles (par exemple, les ports pour le ravitaillement en combustible de soute).

3.2.4 Combustion directe

La combustion directe des huiles usagées présente l'avantage de permettre la valorisation de la chaleur et/ou de l'électricité, ce qui n'est pas le cas de la combustion à l'air libre. Cette méthode ne nécessite aucun prétraitement. C'est donc l'option de gestion des huiles usagées la moins coûteuse.

L'incinération à plus haute température dégrade les composés aromatiques contenus dans les huiles usagées ce qui permet d'éviter les émissions toxiques. Néanmoins, la production de dioxines due à une contamination par le chlore et la présence de métaux lourds dans les cendres signifient que l'incinération directe peut encore avoir des effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement.

⁹ Denton, J. E., et al. *Used oil in bunker fuel : a review of potential human health implications*. Office of Environmental Health Hazard Assessment Integrated Risk Assessment Section (IRAS) (2004).

Des études comparatives sur les émissions atmosphériques de différentes options de traitement des huiles usagées ont montré que les émissions atmosphériques de métaux lourds provenant de la combustion directe sans contrôle des émissions sont 2 à 2100 fois plus élevées que celles des autres techniques (Tableau 7).

Tableau 7. Inventaire des principales émissions atmosphériques de métaux lourds exprimées en unités fonctionnelles équivalentes* (EFU)¹⁰

Métaux lourds	Potentiel de toxicité pour l'homme (kg d'équivalent DCB)	Combustion directe (EFU)	Raffinage (EFU)
Zinc	2,6	729	1,2
Cuivre	2,9	35	0,017
Plomb	1,2	29	1,6
Chrome	2,5	1,2	0,48
Cadmium	130	0,89	0,011

*Remarque : mg d'émissions atmosphériques par litre de carburant.

De nombreux pays ont légiféré sur les seuils de contamination des huiles usagées autorisés pour une combustion directe non contrôlée (par exemple, les spécifications de l'EPA pour les huiles usagées). Les huiles usagées peu contaminées peuvent être brûlées dans des chauffages d'appoint pour produire de la chaleur à petite échelle. Les huiles fortement contaminées nécessitent une combustion étroitement contrôlée et une surveillance particulière des émissions, comme les incinérateurs de déchets dangereux, les fours industriels ou les fours à ciment à haute température.

Les huiles usagées à forte teneur en cendres peuvent entraîner l'encrassement des fours, ce qui réduit l'efficacité du processus et augmente les coûts d'exploitation. Les contaminants halogénés peuvent également provoquer la corrosion des installations de combustion. L'absence de grandes chaudières industrielles ou de production de ciment dans les îles du Pacifique réduit la viabilité de la combustion directe. Cette option est surtout réalisable lorsque des infrastructures existantes sont utilisées pour réduire les coûts initiaux. Cependant, il est nécessaire d'effectuer des contrôles spécifiques des émissions atmosphériques pour réduire les éventuels impacts négatifs sur l'environnement.

3.3 Évaluation des options

Des questions ont été utilisées pour choisir les options à comparer dans l'outil de prise de décision (voir section 4). Ces questions ont mis en évidence les exigences communes d'une option technologique réalisable. Le large éventail d'options technologiques a également été pris en compte dans le processus de choix des options.

Les questions visant à évaluer les éventuelles options technologiques et à choisir une option sont présentées dans le Tableau 8.

¹⁰ Boughton, Bob, et Arpad Horvath. *Environmental Assessment of used oil management methods*. Environmental Science & Technology, 32(2) (2004) : 353-358.

Tableau 8. Sélection des options de gestion des huiles usagées pour une analyse détaillée

Option technologique	Correspondance avec la hiérarchie des déchets	Existe-t-il une expertise locale pour exploiter la technologie ?	Les quantités d'huiles usagées générées sont-elles suffisantes pour assurer la viabilité du processus ? ¹¹	La technologie est-elle conforme à la réglementation ? ¹²	S'agit-il d'une technologie respectueuse de l'environnement ? ¹³	La dépense initiale est-elle réalisable pour les nations du Pacifique ?
Combustion directe dans des chauffages d'appoint	Incinération	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Combustion directe dans une incinération contrôlée	Incinération	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Traitement léger suivi d'un mélange de combustibles	Retraitement pour produire du combustible	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Traitement léger suivi d'une séparation sur colonne flash	Retraitement pour produire du combustible	Oui	Oui	Oui	Oui	Peut-être
Traitement léger suivi d'une distillation légère sous vide	Retraitement pour produire du combustible	Peut-être	Oui	Oui	Oui	Peut-être

¹¹ Que ce soit au niveau local, multinational au niveau d'un regroupement

¹² Les détails concernant le mouvement transfrontalier des huiles usagées figurent dans le document du PROE (2015) *Waste assessment guide for the export and import of used lubricants and used oils*. Les exigences réglementaires locales spécifiques doivent être prises en compte en fonction du contexte.

¹³ On trouvera une définition détaillée des technologies respectueuses de l'environnement dans le document de l'OCDE (1997) *Glossary of environment statistics, studies in methods*, numéro 67. Organisation de coopération et de développement économiques.

Option technologique	Correspondance avec la hiérarchie des déchets	Existe-t-il une expertise locale pour exploiter la technologie ?	Les quantités d'huiles usagées générées sont-elles suffisantes pour assurer la viabilité du processus ? ¹¹	La technologie est-elle conforme à la réglementation ? ¹²	S'agit-il d'une technologie respectueuse de l'environnement ? ¹³	La dépense initiale est-elle réalisable pour les nations du Pacifique ?
Traitement léger suivi d'une distillation sous vide poussé	Retraitement pour produire du combustible	Non	Peut-être	Oui	Oui	Non
Pyrolyse	Retraitement pour produire du combustible	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Valorisation/reconditionnement	Recyclage pour une réutilisation directe	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Traitement à l'argile acide	Recyclage pour obtenir des huiles de base	Peut-être	Oui	Peut-être	Non	Oui
Traitement à l'argile activée	Recyclage pour obtenir des huiles de base	Peut-être	Peut-être	Peut-être	Oui	Peut-être
Hydrogénation	Recyclage pour obtenir des huiles de base	Non	Non	Oui	Oui	Non

Option technologique	Correspondance avec la hiérarchie des déchets	Existe-t-il une expertise locale pour exploiter la technologie ?	Les quantités d'huiles usagées générées sont-elles suffisantes pour assurer la viabilité du processus ? ¹¹	La technologie est-elle conforme à la réglementation ? ¹²	S'agit-il d'une technologie respectueuse de l'environnement ? ¹³	La dépense initiale est-elle réalisable pour les nations du Pacifique ?
Extraction par solvant	Recyclage pour obtenir des huiles de base	Non	Non	Oui	Oui	Non
Ultra-filtration	Recyclage pour obtenir des huiles de base	Non	Non	Oui	Oui	Non

4 Options de gestion des huiles usagées

Cette section compare les options de gestion identifiées dans le Tableau 8 et susceptibles d'être mises en œuvre dans le Pacifique. Ces options comprennent :

- Combustion directe par incinération contrôlée (section 4.1) ;
- Pyrolyse (section 4.2) ;
- Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible (section 4.3) ;
- Traitement à l'argile activée (Section 4.4).

Dans la hiérarchie des techniques de gestion des déchets, toutes ces options sont considérées comme étant préférables à l'élimination.

Les étapes nécessaires à la production de mélanges de carburants et le traitement des huiles industrielles de source unique en vue de leur réutilisation (c'est-à-dire la valorisation/le reconditionnement des huiles usagées) présentent de nombreux points communs. Ces techniques ont donc été regroupées et sont présentées ensemble dans la discussion détaillée.

Le traitement à l'argile activée (ACT) a été identifié comme la seule option de traitement poussé viable au vu du faible taux de production annuelle d'huiles usagées dans la région du Pacifique. Il est cependant possible que les coûts de traitement élevés et l'expertise technique nécessaire puissent rendre sa mise en œuvre non viable à court terme.

Avant d'utiliser l'outil de prise de décision pour choisir une technologie de gestion des huiles usagées, il est recommandé de procéder à un examen complet de l'inventaire des huiles usagées. Comme l'outil de prise de décision n'est pas adapté à des applications spécifiques (il est plutôt conçu pour la région du Pacifique en général), des détails supplémentaires doivent être recueillis avant l'analyse. Il est recommandé que l'examen comprenne l'examen des éléments suivants :

- Principales sources et producteurs d'huiles usagées (y compris les emplacements, la capacité de stockage existante et les quantités) ;
- Taux de production total d'huiles usagées (tonnes annuelles) et taux de récupération (%) ;
- Caractéristiques moyennes des huiles usagées et des contaminants ;
- Dispositions existantes en matière de collecte, de transport et de stockage.

La comparaison est structurée en quatre sections principales : technologique, juridique, économique et environnementale. Dans chacune de ces sections, différents points ont été abordés pour faciliter la comparaison entre les options technologiques. Un tableau récapitulatif comparant chaque option est fourni dans l'Annexe 1.

4.1 Combustion directe par une incinération contrôlée

4.1.1 Aspect technologique

Tableau 9. Combustion directe – aperçu de la technologie

Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée
Aperçu de la technologie et correspondance avec la hiérarchie de gestion des déchets	<ul style="list-style-type: none"> • La combustion directe consiste à détruire les huiles usagées non traitées en vrac à haute température, et à récupérer l'énergie associée. • La récupération de l'énergie peut avoir lieu sous forme de : <ul style="list-style-type: none"> ○ Vapeur pour usage direct ; ○ Vapeur pour la production d'électricité ; ○ Eau chaude ; ○ Air chaud pour le séchage. • Les contrôles des émissions sont nécessaires en raison de l'absence de prétraitement (ce qui entraîne des niveaux potentiellement élevés de contaminants toxiques). Parmi les systèmes potentiels de contrôle des émissions, on peut citer : <ul style="list-style-type: none"> ○ Recirculation des gaz de combustion ; ○ Épurateur à voie humide ; ○ Injection de charbon actif ; ○ Précipitation électrostatique. • Les performances des contrôles d'émissions doivent être surveillées en permanence afin de minimiser les dommages environnementaux. • Dans les petites unités, il a été montré que les brûleurs à vaporisation produisent moins d'émissions que les brûleurs à pulvérisation d'air.¹⁴ • Les huiles usagées peuvent être émulsifiées avec de l'eau (entre 5 et 25 % du poids) en réalisant un mélange bien homogène avant de les brûler. Les combustibles émulsifiés entraînent une diminution de l'accumulation interne de carbone (ce qui améliore les performances de transfert de chaleur et réduit les besoins de nettoyage) et une réduction des émissions atmosphériques de particules et de NOx.¹⁵ • Dans la hiérarchie de gestion des déchets, la combustion directe se situe au dernier rang après l'élimination, en raison des dommages potentiels pour l'environnement.
Matières premières acceptables (c'est-à-dire les types d'huiles acceptés et leur état)	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune restriction sur le type ou la qualité de l'huile qui peut être brûlée d'un point de vue fonctionnel. • Les huiles usagées sont une source de combustible efficace pour les combustions à haute température, car elles ont une capacité de chauffage élevée. • Les huiles fortement contaminées augmentent le risque d'émissions nocives et peuvent être soumises à des restrictions législatives. Cela nécessite de réglementer les conditions de combustion et les contrôles d'émissions.
Recommandations pour la collecte, le transport et le stockage des matières premières	<ul style="list-style-type: none"> • Les installations de combustion directe sont plus avantageuses lorsqu'elles sont situées au même endroit que des systèmes qui ont besoin de chauffage industriel. Les grands centres industriels sont également les principales zones de production d'huiles usagées, ce qui réduit les besoins de transport et de manutention. • Le stockage en vrac des huiles usagées est acceptable avant la combustion directe. Un mélange ou une émulsion bien homogène avec

¹⁴ Hall, Robert E., W. Marcus Cooke, et Rachael L. Barbour. *Comparison of air pollutant emissions from vaporizing and air atomizing waste oil heaters*. Journal of the Air Pollution Control Association 33.7 (1983) : 683-687.

¹⁵ Hsuan, Chung-Yao, et al. *Water-In-Oil emulsion as boiler fuel for Reduced NOx emissions and improved energy saving*. Energies 12.6 (2019) : 1002.

Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée
	<p>de l'eau avant la combustion peut améliorer les caractéristiques de combustion.</p> <ul style="list-style-type: none"> Le potentiel de débit élevé de la combustion directe permet de réduire le volume des huiles usagées stockées.
Volumes nécessaires pour une utilisation efficace	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes peuvent être adaptés à la disponibilité des matières premières et aux exigences des systèmes de récupération d'énergie (c'est-à-dire la quantité de vapeur nécessaire à un processus industriel particulier). Des quantités constantes de matières premières sont nécessaires pour assurer un fonctionnement efficace, ce qui signifie que les systèmes de grande taille devront être approvisionnés à long terme. Des systèmes à plus petite échelle peuvent être utilisés, mais ils doivent être soumis aux mêmes normes de fonctionnement et de contrôle des émissions que les systèmes plus importants. Dans la pratique, les systèmes de petite taille reposent généralement sur le prétraitement des huiles usagées pour éliminer les contaminants plutôt que sur le contrôle des émissions atmosphériques.
Produits finaux et possibilités de réutilisation	<ol style="list-style-type: none"> Chaleur de combustion - peut être utilisée pour le chauffage industriel. Les cendres volantes doivent être traitées comme des déchets potentiellement dangereux (enrichis en métaux lourds) et faire l'objet d'une élimination contrôlée. Aucune utilisation commercialisable n'a été identifiée pour les cendres volantes issues d'incinération.¹⁶ Les autres méthodes de traitement des cendres volantes sont les suivantes : <ul style="list-style-type: none"> Séparation magnétique/par courants de Foucault ; Frittage ; Dépollution par électrodialyse ; Traitement thermochimique ; Liaison inorganique ou organique. Les cendres résiduelles présentent généralement des caractéristiques moins dangereuses que les cendres volantes et peuvent être utilisées pour remplacer les agrégats primaires dans les projets de construction civile (après avoir fait l'objet de tests de sécurité).¹⁷
Empreinte des installations/technologies et exigences géographiques	<ul style="list-style-type: none"> L'empreinte des installations dépendra de la taille de la chaudière, du type d'équipement de contrôle des émissions atmosphériques et de l'inclusion éventuelle d'un traitement des cendres volantes sur place. Les installations doivent être situées loin des zones fortement urbanisées afin de minimiser les impacts d'une éventuelle pollution atmosphérique. Les directions des vents dominants doivent être prises en compte lors du choix de l'emplacement du site. Les installations doivent être situées près des zones d'élimination des cendres de sous-produits afin de réduire les besoins de transport.
Complexité technologique et de traitement (c.-à-d. contraintes de maintenance, exigences de formation et expertise technique)	<ul style="list-style-type: none"> Les incinérateurs ou les chaudières à combustion directe ont une faible complexité technologique et de traitement, et aucune contrainte majeure de maintenance n'a été identifiée. Un nettoyage interne régulier est nécessaire pour maintenir un transfert de chaleur efficace. Les exigences de nettoyage peuvent être réduites par l'émulsification avec de l'eau. L'expertise technique variera en fonction de la complexité du système de contrôle des émissions atmosphériques en place. Celui-ci peut nécessiter un entretien régulier/un remplacement des pièces (par exemple, les sacs filtrants) ou une commande électrique.

¹⁶ Fabricius, Anne-Lena, et al. *Municipal waste incineration fly ashes: From a multi-element approach to market potential evaluation*. Environmental Sciences Europe 32.1 (2020) : 1-14.

¹⁷ Kumar, Sanjeev, and Davinder Singh. *Municipal solid waste incineration bottom ash: a competent raw material with new possibilities*. Innovative Infrastructure Solutions 6.4 (2021) : 1-15.

Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée
Évolutivité	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes de chaudière sont très évolutifs en fonction de l'approvisionnement en huiles usagées et des besoins de production de chaleur. Les systèmes produisent généralement une énergie allant de moins de 3 MWh à plus de 75 MWh. Cela se traduit par une quantité d'huiles usagées comprise entre 2 litres par heure et plus de 5 000 litres par heure.
Efficacité de la conversion	<ul style="list-style-type: none"> Les nouveaux brûleurs industriels à mazout peuvent atteindre des rendements de récupération de la chaleur allant jusqu'à 80 %.¹⁸

4.1.2 Aspect juridique

Tableau 10. Combustion directe - aperçu juridique

Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée
Impact de la législation relative à l'expédition et à l'exportation/importation d'huiles usagées et de produits finaux (c'est-à-dire normes, exigences et assurance).	<ul style="list-style-type: none"> Il est recommandé de dimensionner les chaudières pour traiter les quantités d'huiles usagées produites localement. Il est possible d'accepter les huiles usagées d'autres îles (par exemple, BlueScope Pacific Steel Pty. Ltd. à Fidji accepte les huiles usagées de Tuvalu et des îles Cook), mais les frais d'expédition et d'assurance représentent un obstacle financier à l'amélioration des taux de recyclage des huiles usagées.
Impact des conventions et accords internationaux	<ul style="list-style-type: none"> Si les émissions atmosphériques ne sont pas contrôlées, le traitement peut entraîner des contrôles au titre des conventions de Stockholm et de Rotterdam en raison du rejet dans l'atmosphère de métaux lourds, de HAP et de PCB provenant des huiles usagées brûlées.
Mesures existantes de contrôle des déchets	<ul style="list-style-type: none"> Le traitement doit être conforme à la législation locale contrôlant les normes d'émission dans l'air (par exemple, la loi sur l'environnement des îles Salomon de 1998).

4.1.3 Aspect économique

Tableau 11. Combustion directe - aperçu économique

Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée
Produits finaux et valeur marchande	<ul style="list-style-type: none"> La production d'énergie est le résultat commercialisable du processus de combustion directe. La valeur marchande est déterminée par le remplacement de combustibles coûteux (par exemple, le bois ou le gaz naturel) par des huiles usagées moins chères. En général, l'huile usagée est achetée à 0,20 USD par litre, contre 1,25 USD par litre pour l'huile de pétrole.¹⁹
Dépenses d'investissement (c'est-à-dire le coût d'achat des équipements, les services annexes et les besoins en matière d'infrastructure et de génie civil).	<ul style="list-style-type: none"> Les dépenses d'investissement de la chaudière sont estimées à 3 % du coût de traitement sur la durée de vie. Le coût typique d'une chaudière à tube de fumée alimentée au mazout qui produit 4 700 kg/h de vapeur sera d'environ 60 000 USD. Des systèmes de brûleurs différents (par exemple, un système de chauffage à air direct) auront des coûts différents. Les petits systèmes traitant environ 2 à 5 litres d'huiles usagées par heure peuvent être achetés pour un prix compris entre 2 000 et 5 000 USD. Les systèmes de petite taille ne nécessitent pas de service annexe ni de génie civil.

¹⁸ AIE ETSAP. *Technology Brief 101 – Industrial combustion boilers*. Combustion Industrial Testing (2010) : 1-5

¹⁹ *Pacific Regional Data Repository for SE4ALL*. Pacific Fuel Price Monitor – Quarter 1 2019

Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée
	<ul style="list-style-type: none"> Des détails sur les types et les coûts des systèmes de contrôle des émissions atmosphériques figurent dans le document US EPA Air Emission Control Cost Manual.²⁰
Coût de transport et d'installation	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes à grande échelle peuvent être construits à partir de matériaux disponibles localement, selon la complexité de la conception. Les brûleurs/chaudières industriels existants peuvent être adaptés pour accepter les huiles usagées si des systèmes de contrôle des émissions atmosphériques sont ajoutés. Le transport international des composants nécessaires au contrôle des émissions atmosphériques peut être nécessaire. Le coût de l'expédition de ces composants est estimé à environ 2 500 USD. Les coûts initiaux des systèmes à petite échelle comprennent généralement les coûts de transport.
Dépenses de fonctionnement (c'est-à-dire la main-d'œuvre, l'entretien, les pièces de rechange, les services publics, la manutention, le stockage, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> En général, les dépenses d'exploitation et de maintenance représentent 1 % des coûts de traitement sur toute la durée de vie. Les combustibles sources ayant un coût élevé, les coûts de ces combustibles (par exemple, le gaz naturel) peuvent représenter 96 % du coût de traitement sur toute la durée de vie. Cependant il est prévu que cette proportion soit plus faible pour les huiles usagées, car elles ont un coût plus faible.
Durée de vie de la technologie	<ul style="list-style-type: none"> Les performances techniques des brûleurs industriels ont une durée de vie de 25 à 40 ans.²¹

4.1.4 Aspect environnemental

Tableau 12. Combustion directe - aperçu environnementale

Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée
Émissions résultant du processus et exigences relatives aux sous-produits	<ul style="list-style-type: none"> Les huiles usagées doivent être brûlées à la température la plus élevée possible avec un mélange optimal d'oxygène pour assurer une combustion complète. Des contrôles et une surveillance supplémentaires des émissions atmosphériques doivent être mis en place pour que les gaz de combustion aient une composition acceptable. En l'absence de contrôle des émissions, des restrictions doivent être mises en place pour contrôler les huiles usagées pouvant être utilisées comme matières (voir Tableau 6). Les cendres volantes doivent être collectées et éliminées dans une décharge pour déchets dangereux avec contrôle des lixiviats ou subir un traitement ultérieur (cf. Tableau 9).
Consommation d'eau et d'électricité	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes à brûleur direct nécessitent un minimum d'électricité et dépendent d'un système de contrôle et de surveillance informatisé. La consommation d'eau dépendra en grande partie du système de récupération d'énergie (c'est-à-dire la production de vapeur pour le transfert de chaleur) et de la possibilité de recycler l'eau dans le système. Les autres besoins de consommation d'eau seront liés au nettoyage interne ou à l'émulsification éventuelle de l'eau dans l'huile.
Risques pour l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> L'élimination des cendres volantes et des cendres résiduelles dans les décharges a des impacts environnementaux négatifs, car elle génère un lixiviat riche en sels et en métaux lourds.²² Si les émissions atmosphériques ne sont pas contrôlées ou si les systèmes ne sont pas surveillés, les polluants atmosphériques peuvent

²⁰ Disponible sur : https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-07/documents/c_allchs.pdf

²¹ IEA ETSAP. *Technology Brief 101 – Industrial combustion boilers*. Combustion Industrial Testing (2010) : 1-5

²² Kanhar, Altaf Hussain, Shaoqing Chen, and Fei Wang. *Incineration fly ash and its treatment to possible utilization: A review*. *Energies* 13.24 (2020) : 6681.

Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée
	inclure plusieurs métaux lourds et composés chlorés, du monoxyde de carbone, du dioxyde de soufre, des oxydes d'azote et des poussières particulaires.
Risques pour la santé humaine	<ul style="list-style-type: none"> Les risques pour la santé humaine comprennent les éléments chauds, les incendies d'hydrocarbures résultant de fuites et les émissions atmosphériques toxiques résultant de combustions incomplètes/de la mauvaise ventilation et de l'épuration des émissions.
Avantages et impacts sur l'environnement et la santé humaine	<ul style="list-style-type: none"> La combustion directe représente une option de traitement globalement plus efficace que l'élimination des huiles usagées ou la combustion à l'air libre, car il permet de récupérer de l'énergie et de contrôler les émissions. Ces systèmes doivent impérativement être mis en place pour que les avantages l'emportent sur les incidences sur l'environnement.

4.2 Pyrolyse

4.2.1 Aspect technologique

Tableau 13. Pyrolyse - aperçu de la technologie

Domaine d'intervention	Pyrolyse
Aperçu de la technologie et correspondance avec la hiérarchie de gestion des déchets	<ul style="list-style-type: none"> La pyrolyse est une méthode de traitement thermo-chimique qui consiste à chauffer des composés organiques en l'absence d'oxygène. L'environnement de non-combustion entraîne la destruction de liaisons moléculaires, ce qui modifie les propriétés chimiques et physiques des matières premières. Les systèmes de pyrolyse sont généralement composés de : <ol style="list-style-type: none"> 1. Chambre de chauffe ou autoclave étanche ; 2. Condensateur ; 3. Colonne à reflux ou convertisseur catalytique ; 4. Système de refroidissement par eau ; 5. Accumulateur de gaz et piège à combustible liquide. Lorsque la pyrolyse est appliquée aux huiles lubrifiantes usagées, les molécules de pétrole lourd sont craquées en molécules plus légères de diesel, de naphta et de gazole. Le refroidissement entraîne la condensation des combustibles liquides et la séparation des gaz non condensables. Les gaz collectés sont généralement recyclés en interne pour chauffer la chambre de pyrolyse. La pyrolyse produit un combustible qui peut être utilisé dans plusieurs applications, ce qui lui vaut d'être mieux classé dans la hiérarchie de gestion des déchets que la combustion directe. Cependant, comme le produit ne peut être que brûlé, sans possibilité de valorisation des ressources matérielles (uniquement de l'énergie), il est moins bien classé que les autres techniques de recyclage.
Matières premières acceptables (c'est-à-dire les types d'huiles acceptées et leur état)	<ul style="list-style-type: none"> Comme aucun équipement particulier n'est nécessaire et toutes les émissions issues du processus sont récupérées, de nombreuses huiles usagées peuvent être acceptées par le traitement par pyrolyse. La pyrolyse peut également être utilisée pour transformer les conteneurs d'huiles usagées en un combustible liquide. Un déchiquetage préalable permet d'augmenter la densité du plastique et d'améliorer l'efficacité du processus. Des contrôles supplémentaires de la qualité des matières premières sont recommandés pour les systèmes qui utilisent la conversion catalytique afin d'améliorer la durée de vie des catalyseurs.

Domaine d'intervention	Pyrolyse
	<ul style="list-style-type: none"> Les autres déchets acceptables sont les plastiques mélangés et les pneus usagés.
Recommandations pour la collecte, le transport et le stockage des matières premières	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes mobiles ou de petite taille peuvent s'appuyer sur le regroupement des matières premières au niveau local ou insulaire. Il est possible de regrouper les sites sur des lieux de production importante tels que les ports ou les centrales électriques. Les installations fixes de plus grande taille peuvent nécessiter un transport inter-îles ou un regroupement avec d'autres flux de déchets (par exemple, les pneus et les plastiques).
Volumes nécessaires pour une utilisation efficace	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes de pyrolyse s'adaptent et peuvent fonctionner avec des volumes différents allant des lots de moins d'une tonne par jour aux grandes installations qui transforment en continu de plus de 200 tonnes par jour. La taille des équipements peut être adaptée selon les matières premières disponibles.
Produits finaux et possibilités de réutilisation	<ol style="list-style-type: none"> Carburant diesel - utilisé dans les moteurs à combustion ou pour la production d'électricité. Naphte (selon le fonctionnement du condenseur) - solvant pétrolier ou combustible pour brûleur. Gasole - recyclage interne pour le chauffage de l'unité. Cendres - représentent généralement 2 à 3 % des produits finaux. Peuvent être éliminées comme sous-produit inerte. Utilisées comme absorbant pour les déversements d'hydrocarbures, qui peuvent ensuite être pyrolysés.
Empreinte des installations/technologies et exigences géographiques	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes de petite taille qui fonctionnent par lots (< 1 tonne par jour) ont une implantation inférieure à 5 m². Les fonctionnements de grande taille qui fonctionnent de manière continue (par exemple, jusqu'à 30 tonnes par jour) ont une implantation de 480 m². Les installations de pyrolyse peuvent être robustes et s'adapter à diverses conditions climatiques. Elles peuvent également être construites sous forme d'installations « mobiles » ou « fixes » pour s'adapter aux exigences locales.
Complexité technologique et de traitement (c.-à-d. contraintes de maintenance, exigences de formation et expertise technique)	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes de petite taille présentent une faible complexité technologique et de traitement. Les variables qui doivent être contrôlées par les opérateurs sont les températures dans la cuve de réaction (mesurées par une sonde de température interne ou un pistolet thermique laser externe) et les débits d'eau de refroidissement. Des températures basses diminueront le rendement de conversion des produits et augmenteront les temps de traitement. Des températures élevées augmenteront la proportion de gaz combustible recueillie. Les systèmes de moyenne et grande envergure sont généralement dotés de commandes automatisées appelées contrôleurs logiques programmables (PLC). Cela nécessite une expertise électrique supplémentaire pour installer le système et assurer le fonctionnement à partir des ordinateurs du système. Les pompes et moteurs mécaniques utilisés dans les systèmes de grande taille nécessitent également un entretien régulier. L'ajout d'une conversion catalytique (généralement une zéolite) peut nécessiter un contrôle plus important du produit. Les catalyseurs sont sensibles à la cokéfaction, au frittage et à l'empoisonnement. La présence de suie de carbone et de soufre dans les matières premières diminue la durée de vie du catalyseur.
Évolutivité	<ul style="list-style-type: none"> Le système, très évolutif, peut être adapté aux matières premières disponibles et à la complexité technologique.
Efficacité de la conversion	<ul style="list-style-type: none"> >95 % des produits convertis sont utilisables (avec possibilité d'ajuster le chauffage pour contrôler les proportions de produits combustibles liquides et gazeux).

4.2.2 Aspect juridique

Tableau 14. Pyrolyse - aperçu juridique

Domaine d'intervention	Pyrolyse
Impact de la législation relative à l'expédition d'huiles usagées et de produits finaux	<ul style="list-style-type: none"> Il est peu probable que le regroupement des matières premières en interne pour un traitement à petite échelle déclenche des exigences législatives. Le regroupement international des matières premières nécessitera des accords de consentement préalable pour permettre les mouvements transfrontaliers, ainsi qu'une assurance liée aux transferts de déchets dangereux. La production de combustibles liquides à base de pétrole peut déclencher des exigences législatives dans le cadre des réglementations locales (par exemple, le Solomon Islands Petroleum Act 1987). L'exportation et le commerce de produits combustibles liquides doivent être conformes aux conventions internes sur les combustibles.²³
Impact des conventions et des accords internationaux	<ul style="list-style-type: none"> Le regroupement transfrontalier des matières premières nécessitera l'approbation de la Convention de Bâle et de la Convention de Waigani. Les huiles usagées fortement contaminées peuvent déclencher une réglementation au titre des conventions de Stockholm et de Rotterdam en raison de la contamination par le plomb, les HAP et les PCB.
Mesures existantes de contrôle des déchets	<ul style="list-style-type: none"> Il convient de consulter la législation nationale ou la stratégie politique sur la gestion des déchets pour connaître les exigences locales concernant la collecte, le transport et le stockage des huiles usagées. Les combustibles liquides doivent être conformes aux normes locales d'émission relatives à la qualité de l'air pour être utilisés dans des applications de combustion.

4.2.3 Aspect économique

Tableau 15. Pyrolyse - aperçu économique

Domaine d'intervention	Pyrolyse
Produits finaux et valeur marchande	<ul style="list-style-type: none"> Les rendements de la pyrolyse en produits équivalents au diesel vont jusqu'à 85 % des matières premières.²⁴ Dans la région du Pacifique, les prix du diesel peuvent varier entre 0,8 et 1,8 USD par litre TTC.²⁵ Les gazoles restants nécessiteraient un stockage sous pression pour pouvoir être commercialisés. Il est recommandé de réutiliser les gazoles sur place pour le chauffage.
Dépenses d'investissement (c'est-à-dire le coût d'achat des équipements, les services annexes et les besoins en matière d'infrastructure et de génie civil).	<ul style="list-style-type: none"> Pour un système à petite échelle (système par lots de 155 litres par jour avec fonctionnement manuel), le montant des fournitures est estimé à environ 20 000 USD, y compris les coûts d'achat de l'équipement, les services annexes et la formation. Pour un système à moyenne échelle (système semi-continu de 350 litres par jour avec un fonctionnement automatisé), le montant des fournitures est estimé à 115 000 USD, sans compter le transport, les services annexes et la formation. On estime que ce type de système dépasse le taux de production annuelle d'huiles usagées de n'importe

²³ Il n'existe pas de réglementation internationale standard pour l'huile de pyrolyse et l'absence de traitement final rend les produits issus de la pyrolyse impropres à la commercialisation au diesel. Source : Costenoble, O. *Worldwide Fuels Standards. Overview of specifications and regulations on (bio) fuels*. Institut néerlandais de normalisation, NEN (2017).

²⁴ Phetyim Natacha et Sommai Pivsa-Art. *Prototype co-Pyrolysis of used lubricant oil and mixed plastic waste to produce a diesel-like fuel*. *Energies* 11.11 (2018).

²⁵ *Pacific Regional Data Repository for SE4ALL*. Pacific Fuel Price Monitor – Quarter 1 2019.

Domaine d'intervention	Pyrolyse
	quelle nation insulaire du Pacifique (capacité de traitement annuelle d'environ 87 600 tonnes en supposant un fonctionnement 5 jours par semaine).
Coût de transport et d'installation	<ul style="list-style-type: none"> • Les coûts de transport et d'installation doivent être inclus dans le prix d'achat des systèmes à petite échelle. • Les systèmes de taille moyenne peuvent généralement être chargés dans des conteneurs standard d'expédition de 20 pieds « prêts à l'emploi » (connectés à l'électricité, au gaz et à l'eau). Les frais d'expédition varient d'une année à l'autre, mais on estime qu'ils se situent entre 2 500 et 4 000 USD pour un transport de l'Asie du Nord vers les îles du Pacifique.
Dépenses de fonctionnement (c'est-à-dire la main-d'œuvre, l'entretien, les pièces de rechange, les services publics, la manutention, le stockage, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Les systèmes à petite échelle ont peu de besoins externes en électricité et en chauffage. Le chauffage nécessaire au démarrage peut provenir de la combustion directe d'huiles usagées ou d'autres sources de combustible (par exemple, le bois). Le chauffage du processus peut être issu de la combustion du gazole collecté. • Les systèmes à petite échelle peuvent également s'appuyer sur les connaissances et la formation locales pour l'entretien et les pièces de rechange. • Les systèmes de taille moyenne auront des coûts supplémentaires pour la main-d'œuvre, la maintenance, l'électricité, le carburant de démarrage (environ 6 000 USD par an, hors main-d'œuvre). • Les systèmes qui utilisent la conversion catalytique pour obtenir des produits diesel de haute qualité auront des coûts supplémentaires. Dans le cadre d'un fonctionnement correct (c'est-à-dire avec contrôle des matières premières susceptibles de mettre le catalyseur hors service), les coûts annuels de remplacement du catalyseur sont d'environ 7 000 USD par an.
Durée de vie de la technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Les systèmes de pyrolyse étant peu dépendants des pièces de rechange ou d'unités complexes pour fonctionner, ils devraient rester fonctionnels pendant plus de 10 ans.

4.2.4 Aspect environnemental

Tableau 16. Pyrolyse - aperçu environnemental

Domaine d'intervention	Pyrolyse
Émissions résultant du processus et exigences relatives aux sous-produits	<ul style="list-style-type: none"> • La récupération des gaz entraîne peu d'émissions atmosphériques pendant le fonctionnement. Le rejet de gaz dans l'atmosphère doit être évité en raison des concentrations élevées de monoxyde de carbone. • Une température élevée et une faible durée de combustion augmentent le rendement des combustibles liquides condensables. Une température basse et une durée de combustion élevée augmentent la proportion de sous-produits de carbonisation/cendres.²⁶ • Les faibles quantités de cendres produites peuvent contenir des traces de métaux lourds (en fonction de la qualité de la matière première et des paramètres de fonctionnement). Elles doivent être éliminées de manière contrôlée.
Consommation d'eau et d'électricité	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les systèmes ont besoin d'électricité pour les équipements de contrôle de la température (via une batterie de 9 V). Les systèmes de taille moyenne auront besoin d'électricité supplémentaire pour les contrôleurs PLC et les pompes. Les produits diesel obtenus peuvent

²⁶ El-Mekkawi, Samar A., et al. *Reducing the environmental impact of used lubricating oil through the production of fuels by pyrolysis*. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 14 (2020) : 100308.

Domaine d'intervention	Pyrolyse
	<p>être utilisés sur place pour produire de l'électricité afin d'internaliser les besoins.</p> <ul style="list-style-type: none"> De l'eau de refroidissement est nécessaire pour la condensation du gaz chauffé par pyrolyse. Environ 200 à 1 000 litres d'eau devront être disponibles sur place pour le refroidissement. Cette eau pourra être recyclée pour une utilisation continue après avoir refroidi entre les lots.
Risques pour l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> La pyrolyse présente un faible risque environnemental en raison du confinement interne des gazoles. La combustion de gazoles pour le chauffage des unités peut générer des dioxines et des furanes si la réaction de pyrolyse est incomplète.
Risques pour la santé humaine	<ul style="list-style-type: none"> Les risques pour la santé humaine comprennent les éléments chauds, les incendies de pétrole dus à des fuites et la toxicité en cas de libération de gazole. Les chambres de réaction chauffées et pressurisées présentent un risque d'explosion.
Avantages et impacts sur l'environnement et la santé humaine	<ul style="list-style-type: none"> La pyrolyse représente une méthode de traitement globalement avantageuse par rapport à l'élimination des huiles usagées ou à leur combustion directe. La transformation des huiles lourdes en carburants diesel plus légers améliore leurs caractéristiques de combustion et améliore la qualité des émissions atmosphériques.

4.3 Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible

Les étapes de traitement nécessaires à la production de mélanges de carburants et le traitement des huiles industrielles issues d'une source unique en vue de leur réutilisation (c'est-à-dire la valorisation et le reconditionnement des huiles usagées) étant similaires, ces techniques de gestion des déchets sont présentées ci-dessous de manière regroupée.

4.3.1 Aspect technologique

Tableau 17. Traitement léger - aperçu technologique

Domaine d'intervention	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible
Aperçu de la technologie et correspondance avec la hiérarchie de la gestion des déchets	<ul style="list-style-type: none"> Le traitement léger consiste à éliminer les principaux contaminants des huiles usagées. Si les matières premières proviennent d'une source mixte ou sont fortement contaminées, les produits obtenus sont soit brûlés directement, soit mélangés à du carburant diesel. Si les matières premières proviennent d'une source industrielle unique et sont peu contaminées, les produits obtenus peuvent être réutilisés pour la même application. Le traitement réduit les polluants atmosphériques générés lors de la combustion, améliore les caractéristiques des carburants ou des lubrifiants, réduit l'encrassement ou la corrosion des moteurs et améliore le potentiel commercial des huiles usagées. Le traitement léger ne permet pas de rendre les huiles usagées à leur état complètement vierge, ni d'éliminer tous les contaminants tels que les métaux lourds. Tous les lubrifiants finissent par atteindre un stade où ils ne peuvent plus être réutilisés en raison de l'excès de contaminants. À ce niveau, les combustibles peuvent être brûlés ou envoyés vers des processus de recyclage plus poussés. Les étapes de traitement léger comprennent généralement :

Domaine d'intervention	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pré-filtration à travers un filtre grossier (½ pouce) pour éliminer les gros débris ; 2. Chauffage par serpentins ou réchauffeur à circulation pour augmenter la température de l'huile et diminuer sa viscosité ; 3. Phase de décantation pouvant être raccourcie par l'ajout de désémulsifiants ou par une séparation par centrifugation ; 4. Filtration des boues fines résiduelles. <ul style="list-style-type: none"> • Certaines étapes du processus peuvent être omises selon le niveau de contamination de la matière première et selon la qualité souhaitée des produits finaux. • Avant d'être réutilisées, les huiles récupérées sont adoucies en ajoutant des huiles lubrifiantes fraîches ou des additifs frais pour améliorer leurs performances. • D'autres équipements sont nécessaires : des pompes à diaphragme, des moteurs de mélange, des réservoirs pour le stockage d'huile et de diesel et des contrôleurs programmés par ordinateur. • Le traitement léger se situe au milieu de la hiérarchie des déchets, car les produits finaux peuvent être utilisés comme combustible ou recyclés pour être utilisés dans la même application.
Matières premières acceptables (c'est-à-dire les types d'huile acceptés et leur état)	<ul style="list-style-type: none"> • Les performances du traitement léger dépendent de la qualité des huiles usagées utilisées comme matières premières. Il est important d'éviter de mélanger différents types/sources d'huiles usagées pour améliorer la qualité et la fiabilité des résultats du processus. • Si les matières premières proviennent de sources mixtes (par exemple, de petits ateliers automobiles), les produits finaux doivent être utilisés dans des mélanges de combustibles pour la combustion. • Si les matières premières proviennent de producteurs industriels qui ont une source unique (par exemple, huile de transformateur, huile hydraulique ou huile de turbine), les produits récupérés peuvent être réutilisés dans la même application. • Un soin supplémentaire doit être apporté au traitement des huiles de turbine, car elles ont des exigences particulières en matière de refroidissement, d'étanchéité, de lubrification et de prévention de la corrosion pendant le fonctionnement. • Le choix de la technologie et sa conception peuvent être adaptés aux types d'huiles usagées. • Les huiles usagées fortement contaminées par des métaux lourds ou des hydrocarbures aromatiques/chlorés ne doivent pas être traitées par cette méthode. Les contaminants risquent de ne pas être entièrement éliminés et peuvent entraîner une pollution de l'environnement ou nuire à la santé humaine. • Un contrôle continu de la qualité de l'huile doit être effectué pour s'assurer que les huiles usagées conviennent au traitement (en fonction des spécifications données par le fournisseur de technologie). • Les systèmes peuvent généralement traiter entre 1 000 et 6 000 litres d'huiles usagées par heure.
Recommandations pour la collecte, le transport et le stockage des matières premières	<ul style="list-style-type: none"> • Les systèmes de collecte des huiles usagées doivent faciliter le tri à la source des principaux types d'huiles usagées (par exemple, huiles de carter/lubrifiantes, huiles de transmission/hydrauliques, graisses et huiles de compression). • Les systèmes de traitement léger peuvent être de petite taille ou mobiles et ils peuvent être situés à proximité des principaux points de production d'huiles usagées. • Avant le traitement il est recommandé d'éviter les périodes de stockage prolongées en raison du risque de contamination environnementale (par exemple, par de l'eau ou de la rouille). • Un préfiltrage peut être inclus dans la collecte des huiles usagées.

Domaine d'intervention	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible
Volumes nécessaires pour une utilisation efficace	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes ne nécessitent pas de fonctionner de manière continue pour être efficace, ils sont donc adaptables en fonction de la disponibilité des matières premières.
Produits finaux et possibilités de réutilisation	<ol style="list-style-type: none"> Huiles lubrifiantes traitées – Elles peuvent être utilisées directement dans un chauffage industriel, mélangées à du diesel aux proportions souhaitées pour être utilisées dans des moteurs à combustion ou réutilisées dans la même application industrielle. Des tests doivent permettre de s'assurer que les produits répondent aux spécifications de performances définies par le fabricant de l'équipement d'origine ou par un organisme de normalisation (par exemple, l'American Society of Testing and Materials).²⁷ Eaux usagées huileuses - Elles doivent être traitées avant d'être rejetées dans l'environnement. Boues - Elles nécessitent une élimination contrôlée (par exemple, une fixation chimique) ou une incinération.
Empreinte des installations/technologies et exigences géographiques	<ul style="list-style-type: none"> L'empreinte technologique dépend du nombre d'unités de traitement, mais en général, les systèmes complets peuvent tenir dans un conteneur d'expédition de 20 pieds ou moins. Les systèmes fermés présentent l'avantage d'être protégés des conditions environnementales/climatiques. Les obligations de chauffage des huiles avant la décantation varient en fonction de la température atmosphérique. Les huiles usagées sont généralement chauffées à 60 °C.
Complexité technologique et de traitement (c.-à-d. contraintes de maintenance, exigences de formation et expertise technique)	<ul style="list-style-type: none"> L'absence de traitement poussé se traduit généralement par peu de complexité technologique ou de faibles besoins de maintenance. Certains composants doivent être remplacés régulièrement (par exemple, les diaphragmes de la pompe et les filtres à huile), mais ils sont conçus de manière à pouvoir être remplacés facilement. Les contrôles numériques des processus, tels que le logiciel de contrôle et d'acquisition de données (SCADA), nécessitent une certaine connaissance des systèmes électriques.
Évolutivité	<ul style="list-style-type: none"> Les systèmes peuvent évoluer en implantant des activités les unes à côté des autres afin de réduire les besoins de transport et de manutention des huiles usagées (c'est-à-dire en plaçant les systèmes à proximité des principales sources de production).
Efficacité de la conversion	<ul style="list-style-type: none"> Les rendements de conversion dépendent de la quantité des principaux contaminants contenus dans les matières premières. Cependant, il a été démontré que la séparation par centrifugation permet de séparer plus de 95 % de l'eau et des particules.²⁸

4.3.2 Aspect juridique

Tableau 18. Traitement léger - aperçu juridique

Domaine d'intervention	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible
Impact de la législation relative à l'expédition et à l'exportation/importation d'huiles usagées et des	<ul style="list-style-type: none"> Le traitement léger fonctionne à des échelles qui correspondent aux volumes générés sur l'île. Le regroupement international des matières premières n'est pas recommandé en raison des obstacles financiers.

²⁷ Vous trouverez plus de détails sur les tests des produits et les normes pertinentes à l'adresse suivante : Nadkarni, R. A., et R. A. Nadkarni. *Guide to ASTM test methods for the analysis of petroleum products and lubricants*. Vol. 44. West Conshohocken: ASTM International, 2007.

²⁸ Cambiella, A., et al. *Centrifugal separation efficiency in the treatment of waste emulsified oils*. Chemical Engineering Research and Design 84.1 (2006) : 69-76.

Domaine d'intervention	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible
produits finaux (c'est-à-dire normes, exigences et assurance).	<ul style="list-style-type: none"> L'exportation de produits pétroliers transformés doit être conforme aux réglementations commerciales locales et internationales et nécessitera probablement des tests rigoureux des produits. Il est recommandé d'utiliser les produits finaux sur l'île (par exemple, les générateurs d'électricité diesel).
Impact des conventions et accords internationaux	<ul style="list-style-type: none"> L'exportation transfrontalière des produits finaux peut nécessiter l'obtention d'une licence dans le cadre des conventions de Bâle et de Waigani. L'annexe I de la Convention de Bâle décrit les « huiles minérales usagées impropres à l'usage auquel elles étaient destinées à l'origine » comme un flux de déchets nécessitant un contrôle.
Mesures existantes de contrôle des déchets	<ul style="list-style-type: none"> Les mélanges de carburants doivent être conformes aux normes locales d'émission relatives à la qualité de l'air pour être utilisés dans des applications de combustion. Les huiles lubrifiantes reconditionnées doivent répondre aux exigences techniques fixées par les fabricants d'équipement. L'utilisation d'huiles hors spécifications peut avoir un impact sur la garantie de l'équipement. Les produits doivent être testés afin d'analyser les caractéristiques de la combustion (le cas échéant), la viscosité du produit, les contaminants restants et les autres paramètres requis par les mesures locales de contrôle des déchets.

4.3.3 Aspect économique

Tableau 19. Traitement léger - aperçu économique

Domaine d'intervention	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible
Les produits finaux et leur valeur marchande	<ul style="list-style-type: none"> Les performances des mélanges de carburants peuvent être très proches des performances des carburants diesel non mélangés. Par conséquent, la valeur marchande des produits finaux est déterminée par le pourcentage de substitution du diesel par des huiles usagées traitées, moins chères. Selon la viscosité et les contaminants restants dans l'huile usagée traitée, les mélanges sont généralement composés de 7 et 15 % d'huile recyclée. Les avantages seront plus importants pour les systèmes mis en œuvre dans les zones rurales/isolées en raison du coût plus élevé du carburant. Si les huiles usagées sont reconditionnées pour une réutilisation industrielle, la valeur marchande sera déterminée par les économies réalisées grâce à l'allongement de la durée de vie des huiles lubrifiantes. L'écoulement des produits peut rencontrer des contraintes potentielles si les fabricants de moteurs ne souhaitent pas réutiliser des huiles usagées traitées. Les transformateurs d'huile doivent s'assurer que la qualité des produits est constante pour maintenir la confiance des consommateurs. Des incitations gouvernementales supplémentaires pourraient être mises en place pour garantir l'écoulement des produits.
Les dépenses d'investissement (c'est-à-dire le coût d'achat des équipements, les services annexes et les besoins en matière d'infrastructure et de génie civil).	<ul style="list-style-type: none"> Les dépenses d'investissement liées au processus sont estimées entre 200 000 et 700 000 USD. Les unités situées dans des conteneurs ne nécessitent pas de service annexe ni d'infrastructure supplémentaire.
Coût de transport et d'installation	<ul style="list-style-type: none"> Les coûts d'expédition et de mise en service sont estimés entre 10 000 et 50 000 USD.

Domaine d'intervention	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible
Dépenses de fonctionnement (c'est-à-dire la main-d'œuvre, l'entretien, les pièces de rechange, les services publics, la manutention, le stockage, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Les dépenses totales de fonctionnement sont estimées entre 5 000 et 20 000 USD par an, entretien compris (en fonction du débit du processus). • Les réactifs potentiels utilisés dans le traitement comprennent des tensioactifs ou des désémulsifiants pour améliorer l'élimination de l'eau. • Les principales pièces de rechange sont généralement incluses dans les achats initiaux des équipements. • Des remplacements réguliers peuvent être nécessaires si le filtrage de l'huile est inclus dans la conception (environ 150 USD pour 100 000 litres d'huiles traitées). • Les systèmes peuvent être exploités par un ou deux employés à temps plein qui procèdent au nettoyage régulier des pièces et à un petit entretien. Un membre du personnel doit avoir des compétences techniques en matière d'entretien (notamment en ce qui concerne les systèmes électriques et mécaniques). • Les pompes automatisent les débits des matières premières et des produits à partir des réservoirs de stockage, ce qui réduit les besoins de manutention.
Durée de vie de la technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Les performances techniques des équipements de traitement des huiles usagées ont une durée de vie de plus de 15 ans.

4.3.4 Aspect environnemental

Tableau 20. Traitement léger - aperçu environnemental

Domaine d'intervention	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible
Émissions résultant du processus et exigences relatives aux sous-produits	<ul style="list-style-type: none"> • Les eaux usagées séparées des huiles usagées doivent être traitées avant d'être rejetées dans l'environnement. Ce traitement peut être effectué dans des installations classiques de traitement des eaux usagées, mais les exigences en matière de transport et de manutention doivent être prises en compte lors de la conception du système. • Les boues résiduelles doivent être traitées comme des déchets dangereux et faire l'objet d'une élimination contrôlée. Une fixation chimique peut notamment être réalisée afin de réduire le potentiel de contamination des lixiviats.
Consommation d'eau et d'électricité	<ul style="list-style-type: none"> • Le traitement des huiles usagées ne consomme pas d'eau. • Des générateurs diesel sur site utilisant des mélanges de produits diesel peuvent fournir l'électricité nécessaire au processus. Dans le cas contraire, les systèmes devront avoir accès à une connexion électrique triphasée de 240 V. • La demande en électricité est très variable et dépend de la conception du système et des équipements utilisés. Pendant leur fonctionnement, les systèmes peuvent utiliser entre 8 kWh et 100 kWh.
Risques pour l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> • Une mauvaise gestion des lixiviats sur les sites d'élimination des boues peut contaminer les sources d'eau avec des métaux lourds ou des hydrocarbures aromatiques/chlorés. • Les eaux usagées peuvent entraîner une contamination des sources d'eau par les hydrocarbures si elles ne sont pas collectées et traitées de manière appropriée avant leur élimination. • Le risque de présence de contaminants résiduels dans les mélanges de carburants peut entraîner des émissions atmosphériques polluantes.
Risques pour la santé humaine	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de contamination toxique lors de la manipulation et de l'élimination des boues. • Risque de contamination toxique si les mélanges de combustibles restent fortement contaminés après le traitement. Les mélanges de

Domaine d'intervention	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible
	combustibles ne doivent pas être brûlés dans des appareils de chauffage intérieur mal ventilés.
Avantages et impacts sur l'environnement et la santé humaine	<ul style="list-style-type: none"> Le traitement présente de meilleurs résultats environnementaux que les autres options de combustion directe en raison des risques réduits de polluants atmosphériques. Des combustibles non renouvelables sont remplacés par des matériaux compatibles avec la combustion. Des avantages encore plus intéressants sont obtenus si les huiles sont réutilisées avant leur éventuelle combustion.

4.4 Traitement à l'argile activée

4.4.1 Aspect technologique

Tableau 21. Traitement à l'argile activée - aperçu technologique

Domaine d'intervention	Traitement à l'argile activée (ACT)
Aperçu technologique et correspondance avec la hiérarchie des déchets	<ul style="list-style-type: none"> L'ACT consiste à traiter des mélanges complexes ou fortement contaminés d'huiles usagées pour en faire un produit réutilisable. Le procédé permet de créer une huile de base lubrifiante de qualité comparable à l'huile de base vierge. Les produits finaux peuvent être dilués avec des additifs frais et vendus comme produit recyclé. Les étapes de traitement de l'ACT comprennent généralement : <ol style="list-style-type: none"> 1. Prétraitement : chauffage, filtration et déshydratation ; 2. Distillation sous vide ou évaporation de l'eau en couche mince ; 3. Mise en contact avec de l'argile activée (généralement à 120 °C pendant 2 heures) ; 4. Valorisation et purification du produit final. L'argile activée est régénérée à la fin de chaque cycle de traitement, mais elle s'épuise après six mois à un an de fonctionnement. L'argile usagée peut être éliminée dans une décharge et considérée comme un déchet non dangereux. Les différentes étapes de ce traitement poussé permettent d'obtenir un produit final doté de meilleures caractéristiques de couleur, d'odeur et d'une meilleure teneur en soufre que les produits obtenus par un traitement léger. La distillation sous vide suivie d'une mise en contact avec l'argile offre une solution de traitement moins polluante et plus viable économiquement pour les petites installations dont la capacité se situe entre 10 000 et 30 000 tonnes par an.²⁹ L'ACT est considéré comme une option technologique avancée de reraffinage, et nécessite donc des procédés modernes dont l'exploitation est coûteuse lorsque toutes les considérations de sécurité et d'environnement sont prises en compte dans la conception. Aucune opération de reraffinage n'est en cours dans la région du Pacifique. Dans la hiérarchie de gestion des déchets, la reraffinerie est la meilleure option, car elle permet d'obtenir des huiles de base à partir d'une gamme étendue de matières premières mixtes.
Matières premières acceptables (c'est-à-dire les types d'huiles acceptés et leur état)	<ul style="list-style-type: none"> Le traitement peut réduire considérablement les concentrations de soufre et d'hydrocarbures aromatiques/chlorés. Les matières premières issues de nombreuses sources automobiles ou industrielles peuvent être acceptées.

²⁹ El-Fadel, M., et R. Khoury. *Strategies for vehicle waste-oil management: a case study*. Resources, conservation and recycling (2001) : 75-91.

Domaine d'intervention	Traitement à l'argile activée (ACT)
Recommandations pour la collecte, le transport et le stockage des matières premières	<ul style="list-style-type: none"> • Une usine de traitement de type ACT nécessitera un réseau de collecte et de transport organisé pour regrouper les matières premières vers une installation centrale de traitement. • Selon la taille de l'installation, il peut être nécessaire d'utiliser des matières premières provenant de plusieurs îles ou pays voisins. Le transport pourrait être associé à celui des cargaisons d'huile lubrifiante pour réduire les coûts de transport. • Le stockage sur place doit utiliser des réservoirs de stockage capables de retenir 110 % du volume du conteneur en cas de dommage ou de fuite.
Volumes nécessaires pour une utilisation efficace	<ul style="list-style-type: none"> • Les installations d'ACT peuvent être conçues pour accepter des débits de 50 à 10 000 litres par heure. • Une fois que les usines sont opérationnelles, les matières premières doivent être fournies en permanence pour assurer la viabilité économique.
Produits finaux et possibilités de réutilisation	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stock de lubrifiant de base - utilisé pour fabriquer des huiles lubrifiantes recyclées. 2. Gazole - recyclage interne chauffer l'unité. 3. Eaux usagées huileuses - elles doivent être traitées avant d'être rejetées dans l'environnement. 4. Résidus issus de la distillation - peuvent être utilisés mélangés avec de l'asphalte ou subir une fixation et être mis en décharge. 5. Argile usagée - nécessite une manipulation supplémentaire et une mise en décharge.
Empreinte des installations/technologies et exigences géographiques	<ul style="list-style-type: none"> • Parmi les options technologiques envisagées, les installations fixes de reraffinage auront la plus grande empreinte au sol. En effet, le potentiel de conception d'une unité mobile est très limité. • L'usine peut avoir une empreinte allant de 450 à 2 000 m². La position géographique doit tenir compte de l'accès aux matières premières, de l'accès à l'argile fraîche nécessaire au traitement et des lieux d'élimination des argiles usagées et des résidus.
Complexité technologique et de traitement (c.-à-d. contraintes de maintenance, exigences de formation et expertise technique)	<ul style="list-style-type: none"> • Le traitement ACT nécessite une supervision par une personne formée et expérimentée pour que les performances de l'usine soient optimales et qu'elle fonctionne en toute sécurité. • Les installations de grande capacité peuvent nécessiter jusqu'à 40 employés à plein temps. • Les unités de traitement principales doivent faire l'objet d'un entretien technique et d'un nettoyage réguliers.
Évolutivité	<ul style="list-style-type: none"> • L'ACT est l'option de traitement par reraffinerie poussée la plus évolutive en raison de sa viabilité dans les petites installations.
Efficacité de la conversion	<ul style="list-style-type: none"> • Efficacité de valorisation entre 63 et 80 % du poids des matières premières (en fonction du niveau de contamination).³⁰

4.4.2 Aspect juridique

Tableau 22. Traitement à l'argile activée - aperçu juridique

Domaine d'intervention	Traitement à l'argile activée
Impact de la législation relative à l'expédition et à l'exportation/importation d'huiles usagées et de	<ul style="list-style-type: none"> • Le regroupement international des matières premières nécessitera des accords de consentement préalable pour les mouvements transfrontaliers, ainsi qu'une assurance liée aux transferts de déchets dangereux.

³⁰ Giovanna, F. D., et al. *Compendium of used oil regeneration technologies*. Organisation des Nations unies pour le développement industriel et Centre international pour la science et la technologie de pointe, Trieste (2003).

Domaine d'intervention	Traitement à l'argile activée
produits finaux (c'est-à-dire normes, exigences et assurance).	<ul style="list-style-type: none"> L'exportation de produits pétroliers transformés doit être conforme aux réglementations commerciales locales et internationales et nécessitera probablement des tests rigoureux des produits.
Impact des conventions et accords internationaux	<ul style="list-style-type: none"> Le regroupement transfrontalier des matières premières nécessitera l'octroi de licences et l'approbation des conventions de Bâle et de Waigani. L'élimination des contaminants doit être assurée avant l'exportation du produit pour éviter toute réglementation.
Mesures existantes de contrôle des déchets	<ul style="list-style-type: none"> Les opérations de traitement doivent respecter les mesures locales de contrôle des déchets relatives aux émissions atmosphériques. Les émissions des usines de reraffinage sont faibles, car les gazoles sont récupérés et recyclés en interne. L'élimination des résidus et des argiles usagées doit être conforme aux mesures locales de contrôle des déchets afin de réduire les dommages dus aux lixiviats.

4.4.3 Aspect économique

Tableau 23. Traitement à l'argile activée - aperçu économique

Domaine d'intervention	Traitement à l'argile activée
Produits finaux et valeur marchande	<ul style="list-style-type: none"> Le traitement ACT a tendance à avoir un rendement de récupération plus faible et une qualité de produit final moins constante que le traitement par reraffinage plus sophistiqué.³¹
Dépenses d'investissement (c'est-à-dire le coût d'achat des équipements, les services annexes et les besoins en matière d'infrastructure et de génie civil).	<ul style="list-style-type: none"> Le traitement ACT représente le plus faible investissement financier par rapport aux autres options technologiques de reraffinage, ce qui le rend viable pour les systèmes de petite taille. Les coûts d'investissement dépendront du fournisseur de la technologie recruté pour construire l'usine et de la disponibilité des équipements existants sur place, mais ils sont estimés à plus de 10 000 000 USD.³² Des services annexes importants (chauffage, refroidissement, pneumatique, électricité, eau) sont nécessaires sur le site. Les coûts initiaux supplémentaires comprennent : <ul style="list-style-type: none"> Études de planification et de faisabilité ; Acquisition de terrains et préparation du site ; Assurances et taxes pendant la construction ; Inspection et tests des équipements.
Coût de transport et d'installation	<ul style="list-style-type: none"> Certains éléments de l'usine sont modulaires et peuvent être expédiés dans des conteneurs d'expédition classiques et adaptés aux systèmes de raffinerie existants. Cela permet de réduire considérablement les coûts de transport et d'installation. La mise en service d'une usine de reraffinage complète nécessite des frais généraux de transport et d'installation importants, soit environ 10 % des coûts d'investissement.³³
Dépenses de fonctionnement (c'est-à-dire la main-d'œuvre, l'entretien, les pièces de rechange, les services	<ul style="list-style-type: none"> Les dépenses de fonctionnement dépendent surtout de l'accès et de la proximité de l'argile convenant au traitement. Un élément clé de la planification et de la viabilité du processus est de garantir l'accès aux sources locales pour éviter le besoin de transport international. Avec un accès à une argile appropriée, les dépenses de fonctionnement sont d'environ 0,05 à 0,1 USD par litre d'huile traitée.

³¹ Sánchez-Alvarracín, Carlos, et al. *Characterization of Used Lubricant Oil in a Latin-American Medium-Size City and Analysis of Options for Its Regeneration*. Recycling 6.1 (2021) : 10.

³² Hendrickson, Chris, Chris T. Hendrickson, et Tung Au. *Project management for construction: Fundamental concepts for owners, engineers, architects, and builders*. Chris Hendrickson, 1989.

³³ Silla, Harry. *Chemical process engineering: design and economics*. CRC Press, 2003.

publics, la manutention, le stockage, etc.)	
Durée de vie de la technologie	<ul style="list-style-type: none"> Les stations d'épuration ont une durée de vie de plus de 20 ans.

4.4.4 Aspect environnemental

Tableau 24. Traitement à l'argile activée - aperçu environnemental

Domaine d'intervention	Traitement à l'argile activée
Émissions résultant du processus et exigences relatives aux sous-produits	<ul style="list-style-type: none"> L'ACT produit plus de sous-produits que le traitement léger. Le plus important est l'argile usagée qui doit être éliminée soit dans une décharge, soit dans un four à briques ou une cimenterie. Les argiles usagées doivent être nettoyées par un traitement aux solvants avant d'être éliminées afin de réduire le risque de pollution due aux lixiviats. Parmi les autres sous-produits, citons les gazoles légers récupérés qui peuvent être recyclés dans le chauffage interne du système et les résidus lourds issus de la distillation et de la filtration. Les résidus sont des huiles lourdes qui peuvent être mélangées avec de l'asphalte.
Consommation d'eau et d'électricité	<ul style="list-style-type: none"> Les étapes de ce traitement ne nécessitent pas d'eau. Certains systèmes utilisent des solutions acides pour la régénération de l'argile, ce qui nécessite une certaine quantité d'eau déterminée par les spécifications du fabricant. Les pompes, les mélangeurs, les dispositifs de surveillance et les systèmes de contrôle nécessiteront de l'électricité. L'électricité peut représenter un coût important pour l'usine et devra être fournie par un réseau central. La consommation est estimée entre 150 et plus de 400 kWh.
Risques pour l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> Si les argiles usagées ne sont pas régénérées avant d'être éliminées, ou si on les laisse devenir fortement contaminées pendant leur utilisation, elles peuvent lixivier des métaux lourds et d'autres contaminants. Les eaux usagées peuvent entraîner une contamination des sources d'eau par les hydrocarbures si elles ne sont pas collectées et traitées de manière appropriée avant leur élimination.
Risques pour la santé humaine	<ul style="list-style-type: none"> Les risques pour la santé humaine comprennent les éléments chauds et les incendies d'huiles en cas de fuites. Les chambres à vide doivent être conçues comme des récipients pressurisés afin d'éviter toute défaillance et tout rejet de substances dangereuses. Risques électriques liés aux fils sous tension et aux appareils électroniques. Risques de santé liés à la manipulation d'argile usagée potentiellement toxique. Les usines de reraffinage doivent être conçues avec des systèmes complets de surveillance, d'alarme et d'arrêt d'urgence afin de limiter les risques pour les travailleurs et le grand public.
Avantages et impacts sur l'environnement et la santé humaine	<ul style="list-style-type: none"> La production de nouvelles huiles lubrifiantes à partir de matières premières recyclées permet de réaliser des économies considérables sur les réserves de pétrole brut et les besoins énergétiques. Il en résulte une réduction globale des émissions de gaz à effet de serre et une augmentation des ressources non renouvelables. Le recyclage des huiles usagées en produits de base présente moins de risques d'émissions atmosphériques polluantes que leur combustion.

5 Études de cas

Les études de cas fournissent des indications utiles sur les réussites et les difficultés des systèmes de traitement des huiles usagées actuellement en service. Tableau 25 compare trois études de cas qui présentent des options technologiques différentes. Deux sont situées dans la région du Pacifique, tandis que la troisième a été choisie en Allemagne en raison de l'absence d'opérations de reraffinage dans le Pacifique. Les détails fournis ci-dessous proviennent d'entretiens avec des fabricants des technologies et des exploitants des systèmes.

Tableau 25. Options de traitement des huiles usagées : études de cas

Domaine d'intervention	Étude de cas 1	Étude de cas 2	Étude de cas 3
Localisation	Îles Salomon	Papouasie-Nouvelle-Guinée (PNG)	Allemagne
Option de gestion	Pyrolyse	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible	Refining (ACT)
Type de technologie	Système de pyrolyse à lot unique	Séparation par centrifugation et mélange de carburants	Distillation et traitement de l'argile
Débit	Jusqu'à 155 litres par jour	Jusqu'à 10 000 litres par jour	Environ 10 millions de litres par jour
Matières premières	<ol style="list-style-type: none"> Mélange d'huiles usagées et de plastiques Bois utilisé comme combustible pour le chauffage des cornues 	<ol style="list-style-type: none"> Faible contamination/huiles usagées non mélangées Produits mélangés au diesel 	<ol style="list-style-type: none"> Mélange d'huiles usagées Argile activée
Produits	Combustible liquide issu de la pyrolyse (propriétés semblables à celles du diesel) et gazole	Diesel mélangé (avec possibilité de contrôler le rapport de mélange)	Matière première pour lubrifiants et gazole
Sous-produits et émissions	Cendres (2 à 3 % de l'entrée du processus)	Eaux usagées et boues huileuses	Eaux usagées huileuses, résidus de distillation et argile usagée
Mobilité	Déplaçable par 2-3 personnes (courtes distances) ou par camion	Unité conteneurisée déplaçable par camion ou bateau de fret.	Installation de reraffinage fixe
Empreinte	Moins de 5 m ²	Conteneur d'expédition standard de 20 pieds	450 m ²

Domaine d'intervention	Étude de cas 1	Étude de cas 2	Étude de cas 3
Personnel et expertise	1-2 membres de la communauté formés localement	2-3 employés avec quelques connaissances techniques	Nombre inconnu de membres du personnel, bien que des connaissances techniques et de traitement de haut niveau soient requises.
Dépenses initiales	20 000 USD	190 000 USD	Aucune estimation fournie
Coût de fonctionnement	Aucune estimation fournie	Aucune estimation fournie	Le fonctionnement général du système est de 0,08 USD par litre, avec des coûts supplémentaires pour l'argile (selon la source).
Défis	Il a été rapporté qu'une grande partie du financement du projet a été utilisée pour former les membres de la communauté locale et leur apprendre le fonctionnement du système de pyrolyse. Une coordination a été nécessaire pour déterminer comment utiliser les produits de pyrolyse de manière optimale (par exemple, carburant pour générateur ou four de cuisson communautaire).	Des problèmes ont été rapportés sur les accords de distribution des produits. En effet, les fabricants de moteurs hésitaient à utiliser des mélanges de carburants et il y avait peu de mécanismes d'incitation pour soutenir l'adoption des produits. Ils ont également signalé des difficultés à obtenir des matières premières de qualité et non mélangées. Une formation supplémentaire et une séparation des sources sont nécessaires pour améliorer la qualité des produits.	Qualité inférieure du stock de base par rapport à d'autres techniques poussées de raffinage. Nécessité d'un accord d'enlèvement et d'élimination de l'argile usagée, qui présente un risque de dommages environnementaux.
Opportunités	Il existe des possibilités futures pour un système distribué d'unités de pyrolyse sur les petites îles, en utilisant des opérateurs formés localement et une équipe centrale de formation et de coordination. Les modifications apportées à la conception de la	Le renforcement des normes, de l'application et de la réglementation en matière d'environnement contribuera à réduire davantage les méthodes d'élimination inappropriées et à mettre en évidence les avantages du traitement des huiles usagées. Le soutien ou l'incitation du gouvernement peut	Des étapes de traitement supplémentaires, comme l'hydrofinissage, peuvent encore améliorer la qualité du produit final. Possibilité d'adapter les systèmes de traitement des argiles à l'arrière des raffineries de pétrole existantes afin de

Domaine d'intervention	Étude de cas 1	Étude de cas 2	Étude de cas 3
	colonne à reflux peuvent également permettre aux futurs systèmes de mieux contrôler les caractéristiques du produit final.	également contribuer à renforcer les accords d'écoulement (par exemple, une taxe sur le carburant à prix réduit).	réduire considérablement les coûts d'investissement.



Figure 5. Unité de pyrolyse à l'échelle communautaire (Îles Salomon)³⁴



Figure 6. Utilisation directe de gazoles de pyrolyse pour la cuisson (Îles Salomon)³⁴

³⁴ Source : photos et données du système de pyrolyse des îles Salomon fournies par NuFuels, NZ.



Figure 7. Diplômés d'une session de formation sur le fonctionnement de la pyrolyse (Îles Salomon)³⁴



Figure 8. Unité conteneurisée de traitement des huiles usagées et de mélange des carburants (PNG)³⁵

³⁵ Source : photos et données de l'unité de traitement des huiles usées de PNG fournies par Total Waste Management, PNG.



Figure 9. Usine de distillation d'huiles usagées (Allemagne)³⁶



Figure 10. Transport d'une unité d'épuration d'argile activée (Allemagne)

³⁶ Source : Photos et données pour la station de traitement à argile activée fournies par Hering VPT, Allemagne

6 Conclusions

Cette étude a présenté et comparé plusieurs options technologiques, allant du traitement très technique par reraffinerie aux solutions de valorisation communautaires. Il n'y a pas de solution unique à recommander pour la région, d'où la nécessité de tenir compte des considérations contextuelles individuelles lors du choix d'une technologie de traitement des huiles usagées.

Lorsque l'on envisage des options de traitement à grande échelle (par exemple, la combustion directe avec contrôle des émissions ou le reraffinage), il est recommandé de :

- comprendre les exigences légales et opérationnelles liées au regroupement des matières premières provenant de toute la région Pacifique ;
- organiser le transport de marchandises à faible coût, par exemple en chargeant des navires de transport maritime ou en bénéficiant du partenariat Moana Taka³⁷ ;
- étudier les possibilités d'adaptation des systèmes existants pour qu'ils acceptent les huiles usagées (comme les chaudières industrielles ou les centrales électriques en fonctionnement qui peuvent être équipées de meilleurs contrôleurs d'émissions) ;
- obtenir des partenariats financiers à long terme ou des aides financières qui peuvent aider à couvrir les coûts initiaux élevés.

Lorsqu'on envisage des options de traitement à plus petite échelle (par exemple, des unités de pyrolyse communautaires ou un traitement léger), il est recommandé de :

- veiller à ce que les communautés locales soient formées à l'exploitation et à l'entretien des processus de traitement afin de réduire les coûts d'exploitation courants et de donner aux individus les moyens de gérer leurs déchets de manière responsable ;
- effectuer régulièrement des tests par des tiers sur les produits finaux afin de garantir la confiance des partenaires qui assurent les débouchés ;
- soutenir la formation et l'amélioration des lieux de collecte des huiles usagées afin de réduire la contamination et le mélange des différents flux ;
- organiser des partenariats avec des producteurs industriels qui produisent de grandes quantités d'huiles usagées.

Toutes les technologies doivent viser à améliorer les avantages environnementaux par rapport à l'élimination des huiles usagées, que les systèmes visent à récupérer les huiles usagées pour les brûler ou à les recycler en une nouvelle huile lubrifiante. Lorsque les systèmes sont optimisés en fonction du contexte local, ils peuvent également entraîner des avantages financiers et sociaux supplémentaires.

³⁷ Plus de détails disponibles : <https://www.sprep.org/publications/moana-taka-partnership-a-guide-for-pacific-island-countries-territories>

Annexe 1. Traitement des huiles usagées - comparaison des options technologiques

Tableau 26. Comparaison des options technologiques potentielles pour la région Pacifique indiquant les résultats favorables (vert), les résultats potentiellement favorables (jaune) et les résultats défavorables (orange).

	Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée	Pyrolyse	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible	Traitement à l'argile activée
Aspect technologique	Correspondance avec les objectifs de la hiérarchie des déchets	Orange	Jaune	Jaune	Vert
	Acceptabilité des matières premières de qualité variable	Orange	Vert	Orange	Jaune
	Adaptabilité aux taux variables d'approvisionnement en matières premières	Orange	Vert	Vert	Orange
	Les produits finaux et leurs options de réutilisation	Orange	Jaune	Jaune	Vert
	Empreinte des installations/de la technologie	Jaune	Vert	Vert	Orange
	Complexité technologique et de traitement	Vert	Vert	Jaune	Orange
	Évolutivité	Jaune	Vert	Jaune	Vert
	Efficacité de la conversion	Jaune	Vert	Vert	Jaune
Aspect juridique	Impact de la législation visant à regrouper les matières premières	Jaune	Vert	Vert	Jaune
	Impact de la législation sur l'écoulement des produits	Orange	Jaune	Jaune	Vert
	Mesures existantes de contrôle des déchets	Orange	Jaune	Vert	Jaune
Aspect économique	Valeur marchande des produits finaux	Orange	Jaune	Vert	Vert
	Dépenses d'investissement	Jaune	Vert	Jaune	Orange
	Coût de transport et d'installation	Jaune	Vert	Vert	Orange
	Dépenses de fonctionnement	Vert	Jaune	Jaune	Orange
	Durée de vie de la technologie	Vert	Orange	Jaune	Vert

	Domaine d'intervention	Combustion directe dans une incinération contrôlée	Pyrolyse	Traitement léger suivi d'un mélange ou d'une réutilisation du combustible	Traitement à l'argile activée
Aspect environnement	Émissions résultant du processus et exigences relatives aux sous-produits				
	Consommation d'eau et d'électricité				
	Risques pour l'environnement				
	Risques pour la santé humaine				

7 Glossaire

Accumulateur de gaz	Récipient sous pression conçu pour recueillir et stocker des gaz.
Adsorbant	Substance solide (généralement du charbon actif, des argiles, des zéolites ou des silices) qui adsorbe les contaminants d'un liquide ou d'un gaz.
Adsorption	Processus de capture des molécules d'un liquide ou d'un gaz sur une surface solide (adsorbant).
Autoclave	Récipient ou four utilisé pour réaliser un processus chimique.
Biphényles polychlorés	Hydrocarbures chlorés hautement toxiques réglementés par la Convention de Stockholm. Ils présentent des similitudes avec les dioxines, sont un polluant organique persistant et un cancérigène avéré.
Brossage à sec ou humide	Dispositif de contrôle de la pollution atmosphérique qui utilise des substances liquides (humides) ou solides (sèches) pour nettoyer les gaz de combustion. Des sprays d'épuration sont sélectionnés pour réagir avec les contaminants et neutraliser les polluants.
Cancérigène	Substance capable de favoriser le cancer chez l'homme.
Catalyseur	Substance capable de modifier le rendement ou la vitesse d'une réaction ou les caractéristiques du produit d'une réaction chimique.
Cendres de fond	Sous-produit combustible résultant de l'incinération de matières organiques et recueilli au fond des fours.
Cendres volantes	Cendres de particules fines qui sont évacuées d'une chambre de combustion avec les gaz de combustion. Également connues sous le nom de gaz de combustion.
Centrifugation	Technique de séparation qui utilise la force centrifuge en faisant tourner des mélanges autour d'un axe fixe. Les différences de taille, de forme, de densité et de viscosité des substances présentes dans le mélange provoquent leur séparation.
Convention de Bâle	Accord environnemental multilatéral visant à contrôler et à minimiser les mouvements transfrontières de déchets dangereux.
Convention de Rotterdam	Accord multilatéral sur l'environnement qui favorise le partage des responsabilités en matière d'importation de produits chimiques dangereux.
Convention de Stockholm	Accord environnemental multilatéral qui vise à éliminer ou à restreindre la production et l'utilisation des polluants organiques persistants.
Convention de Waigani	Traité régional du Pacifique pour la mise en œuvre de la Convention de Bâle.
Démulsifiant	Substance utilisée pour séparer les émulsions en abaissant la tension superficielle entre les deux liquides mélangés (par exemple, l'huile et l'eau).
Dioxines	Classe de composés organiques toxiques qui résultent généralement de la combustion de produits chimiques contenant du chlore. Les dioxines sont des polluants organiques persistants réglementés par la Convention de Stockholm.
Distillation sous vide	Technique de séparation qui sépare les composés d'un mélange en fonction des différents points d'ébullition. Les environnements sous vide réduisent les températures nécessaires pour réaliser la

	séparation et évitent la dégradation thermique des produits lors du processus.
Évaporation en couches minces	Technique de séparation dans laquelle les liquides sont étalés sur une surface chauffée sur une épaisseur de 0,1 mm à 1,0 mm. On laisse ensuite les liquides s'évaporer sous forme de vapeur, et une partie des liquides reste sous forme concentrée.
Filtration	Technique de séparation où les particules solides sont retirées d'un liquide ou d'un gaz grâce à un milieu filtrant. La perméabilité du milieu filtrant est utilisée pour classer le degré de séparation (par exemple, micro-, ultra- et nano-).
Fœtotoxique	Substance capable d'empoisonner ou de provoquer des effets dégénératifs chez un fœtus en développement.
Gaz de combustion	Gaz libérés par une combustion ou une incinération. Ils comprennent les produits issus de la combustion du combustible, les substances résiduelles (par exemple, la poussière), les oxydes de soufre, l'oxyde d'azote, les monoxydes de carbone et d'autres polluants. Également appelés gaz d'échappement ou gaz de cheminée.
Gazole	Gaz non condensable obtenu lors de la distillation ou du traitement des produits pétroliers. Se compose principalement d'hydrogène, de méthane, d'éthane et d'oléfines. Également connu sous le nom de gaz de raffinerie.
Génotoxique	Substances capables d'endommager l'information génétique contenue dans les cellules, ce qui peut entraîner des mutations et des cancers.
Huile de base	Terme général désignant une huile utilisée pour fabriquer des produits, notamment des graisses lubrifiantes, des huiles pour moteurs et des huiles industrielles. La composition et les propriétés des huiles de base peuvent varier.
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Classe de composés organiques composés de plusieurs cycles aromatiques (arrangements hexagonaux d'atomes de carbone et d'hydrogène). Ils sont présents à l'état naturel dans le pétrole brut et lors de la combustion d'autres composés organiques.
Hydrogénation	Étape de finition du raffinage du pétrole dans laquelle les huiles traitées sont mises en réaction avec de l'hydrogène en présence d'un catalyseur à des températures et des pressions élevées. Le processus transforme les aromatiques, les oléfines, l'azote, les métaux et les composés organosulfurés contaminants en produits stabilisés. Également connu sous le nom d'hydrotraitement.
Injection de charbon actif	Dispositif de contrôle de la pollution de l'air qui injecte du charbon actif en poudre dans les conduits de gaz de combustion. La poudre absorbe les dioxines, les furanes et les métaux lourds présents dans les gaz de combustion et est recueillie dans un dispositif de collecte des particules (par exemple, un précipitateur électrostatique).
Lixiviat	Liquide formé par la décomposition des déchets ou qui a filtré à travers les déchets. Contient généralement des polluants solubles ou en suspension.
Piège à carburant liquide	Récipient conçu pour recueillir et stocker les combustibles liquides.
Polluants organiques persistants	Classe de composés organiques toxiques qui résistent à la dégradation par l'environnement et s'accumulent dans l'eau, le sol et les graisses. Ils peuvent être issus directement des pesticides, des solvants et d'autres produits chimiques industriels

	ou indirectement d'une combustion ou d'une source naturelle (par exemple, des volcans).
Précipitation électrostatique	Type de filtre qui utilise l'électricité statique pour éliminer les particules (suie et cendres) des gaz de combustion.
Recirculation des gaz de combustion	Dispositif de contrôle de la pollution de l'air qui prélève une partie des gaz de combustion et les fait recirculer dans la chaudière ou le brûleur. Cette technique permet surtout de réduire les émissions d'oxyde d'azote.
Re-raffinage	Processus de raffinage des huiles usagées utilise pour récupérer les huiles minérales de base.
Système de processus continu	Technique de transformation dans laquelle toutes les étapes de la transformation sont effectuées en continu et la matière à transformer n'est pas divisée en portions identifiables.
Système de traitement par lots	Technique de traitement dans laquelle plusieurs opérations de traitement sont effectuées seulement sur une partie des matières premières. Les étapes du processus sont séquentielles, et toutes les étapes doivent généralement être achevées avant de traiter une autre partie de matières premières.
Valorisation	Technique de gestion des huiles usagées dans laquelle les huiles usagées industrielles de source unique sont traitées en vue de leur réutilisation directe. Les systèmes peuvent être conçus pour accepter soit un seul type d'huile industrielle (traitement spécialisé), soit une gamme de types d'huile grâce à des ajustements des paramètres du système (traitement généralisé). Également connu sous le nom de reconditionnement.

MRA Consulting Group

Suite 408 Henry Lawson Building19
Roseby StreetDrummoyne
NSW 2047

+61 2 8541 6169
info@mraconsulting.com.au
mraconsulting.com.au





**SPREP
PROE**