

## Rapport d'étape N°1 : Plan de travail détaillé et calendrier des opérations

# 2023

**Contrat N°3000108632**  
**Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUUDI)**  
**Et Maroc Maintenance Environnement**  
**Services liés à la décontamination des transformateurs contaminés**  
**Projet ONUUDI No.170117**



Omar ECHAFFI

MAROC MAINTENANCE ENVIRONNEMENT

(MME)

23/05/2023

## Sommaire

Introduction .....	6
I. Présentation de la société Maroc Maintenance Environnement .....	7
II. Aspects organisationnels .....	7
A- Mesures de protection.....	7
1. Procédure de sécurité générale .....	7
2. Equipement de protection Individuel .....	8
B- Répartition des effectifs et planification.....	9
1. Répartitions des effectifs. ....	9
2. Planning de l'exécution de la prestation services liés à la décontamination des transformateurs et l'élimination finale des PCB au Maroc .....	9
III. Approche méthodologique pour la décontamination des appareils en service et hors service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 2000ppm.....	13
A. Rétrofilling sur site détenteur pour les appareils en service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 500 ppm (partie 1) .....	17
1. Schéma général de Rétrofilling .....	18
2. Garantie des résultats de traitement des PCB .....	19
B. Décontamination des transformateurs en service entre 500 et 2000 ppm au niveau de la plateforme Bouskoura (partie 2).....	20
1. Schéma général de décontamination sur la plateforme de MAROC MAINTENANCE ENVIRONNEMENT .....	21
2. Mode opératoire de décontamination des transformateurs en service entre 500 et 2000 ppm au niveau de la plateforme Bouskoura .....	22
A. Décontamination et valorisation des transformateurs hors services (reformés) au niveau de la plateforme dont les huiles sont contaminées entre 50 et 2000 ppm (partie3).....	25
1. Schéma général de décontamination des transformateurs hors service (réformé) au niveau de la plateforme de MAROC MAINTENANCE ENVIRONNEMENT.....	26
2. Mode opératoire de décontamination des transformateurs hors service entre 50 et 2000 ppm au niveau de la plateforme Bouskoura .....	27
B. Traitement des déchets générés lors des opérations de décontamination (y compris élimination finale des déchets solides de PCB, EPI, partie poreuse transformateur). ....	28
1. Schéma général de traitement des déchets générés des opérations de décontamination des transformateurs au PCB.....	28

## Schéma

Schéma 1 :de rétrofilling sur site détenteur pour les appareils en service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 500 ppm. ....	18
Schéma 2: Décontamination au niveau de la plateforme pour les appareils en service dont les huiles sont contaminées entre 500 et 2000 ppm. ....	21
Schéma 3 : *Schéma récapitulatif du procédé de déchloration .....	23
Schéma 4 : Décontamination et valorisation des transformateurs hors services (reformés) au niveau de la plateforme dont les huiles sont contaminées entre 50 et 2000 ppm. ....	26
Schéma 5 : traitement des déchets générés lors des opérations de décontamination (y compris élimination finale des déchets solides de PCB, EPI, partie poreuse transformateur, eau de lavage). ....	28

## Liste des figures

Figure 1: Protocole et sécurité liée au transport ADR.....	14
Figure 2: Plan de la plateforme MME .....	15

## Introduction

Dans le but de décontaminer tous les appareils en service et hors service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 2000 ppm au Maroc, l'ONUDI en collaboration avec le Ministère de l'Environnement Marocain a opté pour la continuité de projet PCB Maroc nommé « Services liés à la décontamination des transformateurs et l'élimination finale des PCB au Maroc – Projet ONUDI No.170117 « Rendre la gestion et l'élimination des Polychlorobiphényles (PCB) durables au Maroc ».

Maroc Maintenance Environnement en tant que prestataire sélectionné contribuera à la mise en œuvre de l'activité relative à la décontamination en toute sécurité des équipements en service et hors service contenant ou contaminés au PCB.

## **I. Présentation de la société Maroc Maintenance Environnement**

Créée en 2005, Maroc Maintenance Environnement, spécialisée dans le domaine de déchets industriels, intervient régulièrement auprès de clients soucieux de respect de l'environnement, afin de leur apporter une solution adaptée pour la gestion de leurs déchets industriels dangereux.

Maroc Maintenance Environnement propose aussi d'autres services liés à la maintenance des machines électriques et notamment la maintenance et réparation des transformateurs.

Grâce à notre expérience dans le traitement des transformateurs, nous avons développé une base de connaissance unique qui nous permet à partir des analyses des huiles diélectriques de déterminer avec précision la nature du traitement à effectuer sur votre transformateur.

## **II. Aspects organisationnels**

### **A- Mesures de protection**

#### **1. Procédure de sécurité générale**

Maroc Maintenance Environnement est certifié système de management intégré ISO 9001, ISO 14001 et ISO 45001 depuis 2017 et valable jusqu'au : 26 Février 2024 (voir certifications ci-jointes).

MAROC MAINTENANCE ENVIRONNEMENT va prendre toutes les dispositions pour assurer la sécurité des opérations selon les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales.

MAROC MAINTENANCE ENVIRONNEMENT mettra à disposition de tout le personnel impliqué dans les opérations, les moyens de protections individuelles adéquates ainsi que les moyens techniques pour effectuer les opérations en toute sécurité.

MAROC MAINTENANCE ENVIRONNEMENT va veiller au respect des mesures sanitaires et des exigences imposées par le gouvernement du Maroc contre le COVID- 19.

Le personnel de Maroc Maintenance Environnement est formé sur toutes les activités de l'entreprise.

L'équipe opérationnelle de MME qui se chargera de la collecte, du conditionnement et du transport des déchets inclus le recours à l'utilisation des EPI et de l'utilisation des équipements d'intervention d'urgence est formé sur les différents sujets :

- Identification des risques chimiques, risques de sécurité, risques de radiation ;
- Protection respiratoire ;
- Port des EPI ;
- Décontamination du site ;
- Risques de températures, risques dans les espaces confinés ;
- Contrôle des fuites, Plans de sécurité du site.

## 2. Equipement de protection Individuel

En plus des bonnes pratiques de travail, il est nécessaire pour chaque intervenant de se munir et d'utiliser les EPI Comme mentionné ci-dessous, les risques d'inhalation et d'absorption par la peau sont les plus importants.

### Gants

Les gants doivent être imperméables à tout type de déchets dangereux et ne pas être altérés au contact de ceux-ci. Les plus appropriés sont :

- Caoutchouc et Butyle
- Caoutchouc et Néoprène
- Caoutchouc et Nitrile

Les critères de sélection doivent être la résistance des matériaux et permettre une bonne dextérité.

Les gants doivent être portés par-dessus les manches des tenues de protection. Si les gants et les manches sont mal adaptés, il persiste une chance de contact du déchet avec la peau. Dans ce cas, ces deux éléments peuvent être fixés à l'aide d'une bande adhésive. Il n'est pas envisagé d'avoir recours à cette technique dans le cadre de la présente opération.

Les gants doivent être retirés avec précaution afin d'éviter toute contamination de la main qui n'est plus protégée. Si une transpiration excessive de la main est constatée, un sous gant en coton peut être utilisé. Les gants (et sous gants) doivent être éliminés chaque jour ou s'ils sont abîmés durant une manipulation.

### Tenues de protection

Les tenues de protection jetables de type TYVEK sont les premiers éléments de la protection de la peau. Ces tenues possèdent une bonne résistance. (Déchirures, coupures...) Cependant, dans certains cas précis, il est recommandé d'utiliser une nappe de protection supplémentaire. Il n'est pas prévu de tel cas pour la présente opération.

Les tenues de protection jetables doivent être éliminées dès qu'elles sont endommagées ou contaminées, ainsi qu'à la fin de chaque journée de travail.

### Masques/Filtres

Pour les opérations de vidange des transformateurs et leur nettoyage via étuvage, les intervenants devront être équipés d'un masque recouvrant la totalité du visage avec un filtre ABEK P3.

### Bottes

Puisqu'il existe un risque combiné de blessure physique et de contamination chimique, il est nécessaire d'utiliser des bottes équipées de coques en acier et de protection aux matières chimiques. Pour cette dernière nous recommandons l'utilisation de TYVEK QC ou équivalents.

Une couverture sur les bottes peut être mis en place, qui devra être dans ce cas jetée en cas de dommage ou à chaque fin de journée.

### Protection des yeux

Chaque intervenant devra se munir d'une protection pour les yeux qui se caractérise par des lunettes de sécurité respectant les normes internationales.

## **B- Répartition des effectifs et planification**

### **1. Répartitions des effectifs.**

L'équipe est composée de 5 personnes intervenant à différents moments.

Les effectifs seront répartis comme suit

- Responsable technique qualifié en électrotechnique, et ou chimie industrielle pour la supervision des opérations : Omar ECHAFAI et BOUICH Ismail
- Opérateurs qualifiés dans la conduite des opérations de décontamination : Nabil EL KALAA Hamza AIT HADDOU et Abdelkbir MESKAOUI.
- Technicien de laboratoire : Ismail BOUICH

### **2. Planning de l'exécution de la prestation services liés à la décontamination des transformateurs et l'élimination finale des PCB au Maroc**

**Planning de l'exécution de la prestation services liés à la décontamination des transformateurs et l'élimination finale des PCB au Maroc – Projet ONUDI  
No.170117 « Rendre la gestion et l'élimination des Polychlorobiphényles (PCB) durables au Maroc**

Tâches /Mois	mar-23	avr-23	mai-23	jui-23	juil-23	août-23	sept-23	oct-23	nov-23	déc-23
Planification et visites des sites										
Lancement de document de notifications pour exportation des déchets générés de la décontamination des transformateurs										
Obtention des notifications d'exportation des déchets générés de la décontamination des transformateurs										
Approvisionnement des machines de filtration des huiles										
Réception de la machine de filtration des huiles										
Approvisionnement de la machine L2000 DXT										
Réception de la machine L2000DXT										
Approvisionnement de l'huile neuve pour démarrer le rétrofilling des transformateurs (15 tonnes représente un conteneur pour démarrer le projet)										

Tâches /Mois	mar-23	avr-23	mai-23	jui-23	juil-23	août-23	sept-23	oct-23	nov-23	déc-23
Réception des huiles neuves contenaire par contenaire suivant l'avancement du projet pour une quantité totale de décontamination de tous les transformateurs (environ 45 tonnes d'huiles neuves)										
Travaux de retrofit des transformateurs sur sites détenteurs										
Collecte des transformateurs contaminés hors service entre 50 et 2000 PPM										
Décontamination des transformateurs hors services entre 500 et 2000 PPM										
Déchloration des huiles										
Collecte des transformateurs contaminés en service entre 500 et 2000 PPM										
Décontamination des transformateurs en service entre 500 et 2000 PPM										
Analyses des huiles des transformateurs décontaminés										

Tâches /Mois	mar-23	avr-23	mai-23	jui-23	juil-23	août-23	sept-23	oct-23	nov-23	déc-23
Délivrance de certificat de décontamination et / ou de valorisation par détenteur										
Export des déchets contaminés par le PCB vers ORION B.V.										

### **III. Approche méthodologique pour la décontamination des appareils en service et hors service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 2000ppm**

#### **Description des conditions du transport et conformité aux règles ADR**

MME acheminera Les appareils et les déchets de PCB depuis les sites des détenteurs jusqu'au centre de traitement agréé. Ce transport sera assuré par des véhicules appropriés conformément à la réglementation nationale et internationale en vigueur.

Le transport routier au niveau national sera assuré conformément à la réglementation nationale de transport par route de marchandises dangereuses (loi 30-05) et à l'international conformément au règlement ADR. MME possède toutes les autorisations de transport ADR pour réaliser les prestations de collecte et transport des équipements PCB pur et équipement contaminés par les PCB.

Les conducteurs employés sont sensibilisés aux risques liés aux matières transportées, informés des notions de bases pour éviter les risques d'accident et formés pour prendre les mesures nécessaires en cas d'incident. Les véhicules de transport disposent des équipements de sécurité obligatoire et des documents de bord indispensables pour le transport des matières dangereuses.

Les conducteurs employés par MME ont subi une formation ADR conformément à la réglementation nationale et internationale par un organisme agréée en France AXE Environnement (voir annexe 1 attestations de formation ADR).

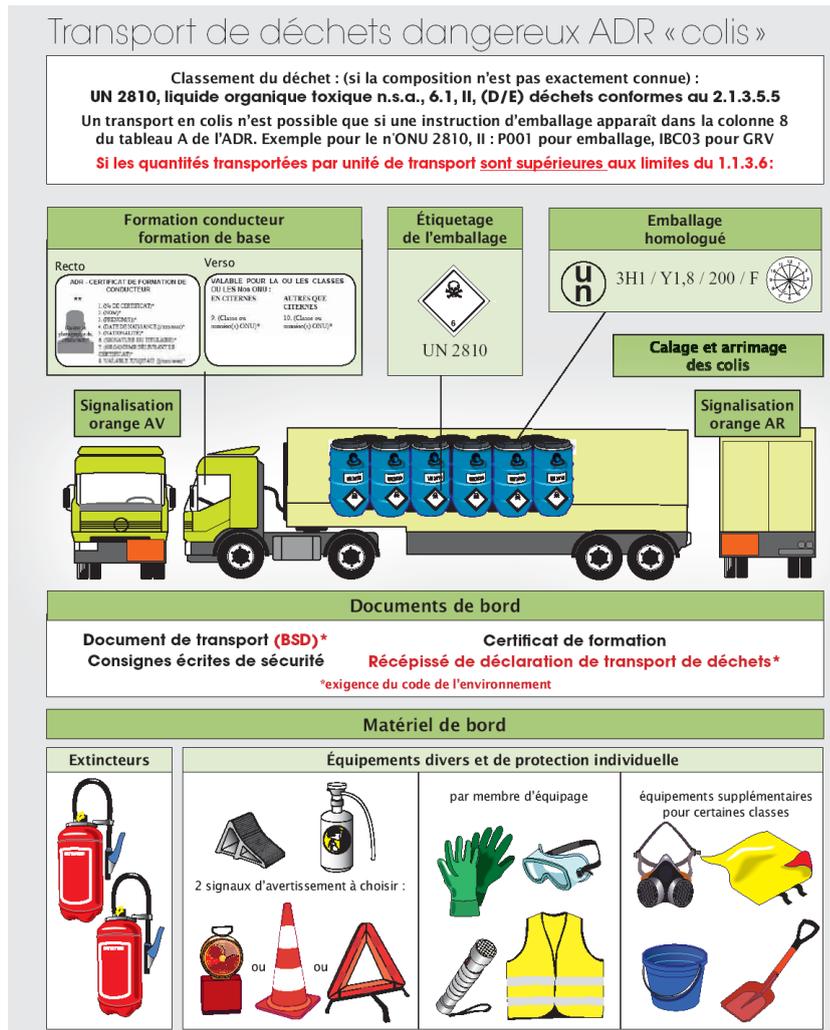


Figure 1: Protocole et sécurité liée au transport ADR

### Plateforme de stockage et regroupement

Maroc Maintenance Environnement possède une plateforme de regroupement et transit des transformateurs à PCB pur ainsi que le traitement et la déchloration des huiles contaminés par les PCB.

La plateforme de MME est d'une superficie de 1200 m<sup>2</sup> pour la réalisation du projet afin de recevoir les appareils, huiles et déchets enlevés des sites.

La plateforme possède une étude d'impact, acceptabilité environnementale ainsi qu'une autorisation de traitement délivrée par le Ministère de l'Environnement.

La plateforme est dotée d'une :

- ✓ Une zone de stockage munie de rétention
- ✓ Un parking
- ✓ Un système anti-incendie
- ✓ Un système de surveillance caméra
- ✓ Une clôture
- ✓ Etc

Le plan suivant illustre cette plateforme.

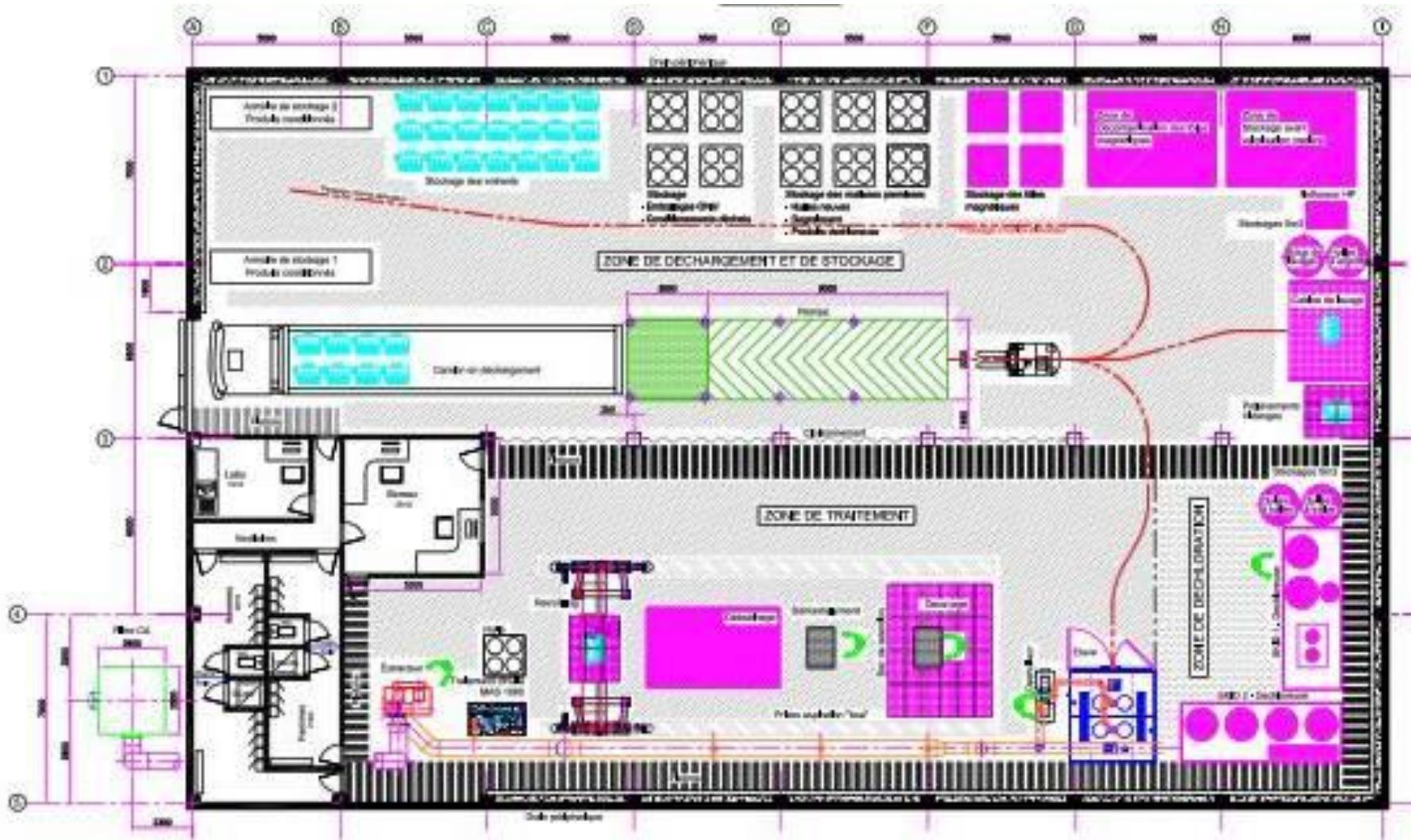


Figure 2: Plan de la plateforme MME

### **Description du processus d'élimination finale des déchets solides et liquides (eau de lavage) contaminés par les PCB chez Orion B.V.**

-Les déchets solides contaminés par les PCB >50 PPM générés par la décontamination des transformateurs au niveau de la plateforme seront envoyés vers Orion B.V. qui feront le groupage avec d'autres déchets générés par des activités d'Orion B.V. qui seront éliminés chez INDAVER.

Un certificat d'élimination sera établi par INDAVER pour mettre en évidence l'élimination de ces déchets.

-Les déchets liquides contaminés par les PCB à une valeur >50 PPM générés par la décontamination et le lavage des transformateurs seront envoyés vers Orion B.V. qui feront le groupage avec d'autres déchets générés par des activités d'Orion B.V. qui seront éliminés chez INDAVER.

Un certificat d'élimination sera établi par INDAVER pour mettre en évidence l'élimination de ces déchets.

### **Remplacement des cartons et joints pour la mise en service des transformateurs décontaminés**

Tous les transformateurs qui seront décontaminés au niveau de la plateforme, vont subir les changements suivants :

- 1-Remplacement des joints des couvercles ainsi que les joints des bornes pour assurer la bonne étanchéité des transformateurs ;
- 2-Remplacement des cartons d'isolation pour une bonne isolation des transformateurs ;

### **Description des équipements utilisés pour les tests des transformateurs**

<b>Nature du test</b>	<b>Equipement utilisé</b>	<b>Utilité du test</b>
Rigidité diélectrique	Testeur de rigidité diélectrique	Confirmation d'une rigidité >50 KV
Rapport de transformation	TTR	Conformité de bobinage du transformateur
Mesure de résistance	Ratio mètre	Conformité de la résistance du bobinage
Test de routine	GDBR-P Transformer Load, No-load and Capacity Tester	Vérifier le bon fonctionnement du transformateur
Recherche des PCB	L2000DXT	Teneur En PCB entre 50 et 2000 PPM

Conformément aux termes de références des services liés à la décontamination des transformateurs et l'élimination finale des PCB au Maroc Projet 170117 ,Projet ONUDI No.170117 « Rendre la gestion et l'élimination des Polychlorobiphényles (PCB) durables au Maroc ».Décontamination des transformateurs contaminés , la méthodologie présentée ci- après est scindée en quatre parties :

**Partie1 : la décontamination des appareils en service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 500ppm (Rétrofilling sur site détenteur pour les appareils en service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 500 ppm).**

**Partie 2 : la décontamination des appareils en service dont les huiles sont contaminées entre 500 et 2000ppm (Décontamination des transformateurs en service entre 500 et 2000 ppm au niveau de la plateforme Bouskoura).**

**Partie 3 : la décontamination des appareils hors service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 2000ppm (Décontamination et valorisation des transformateurs hors services (reformés) au niveau de la plateforme dont les huiles sont contaminées entre 50 et 2000 ppm).**

**Partie 4 : traitement des déchets générés lors des opérations de décontamination (y compris élimination finale des déchets solides de PCB, EPI, partie poreuse transformateur).**

#### **A. Rétrofilling sur site détenteur pour les appareils en service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 500 ppm (partie 1)**

**1. Schéma général de Rétrofilling**

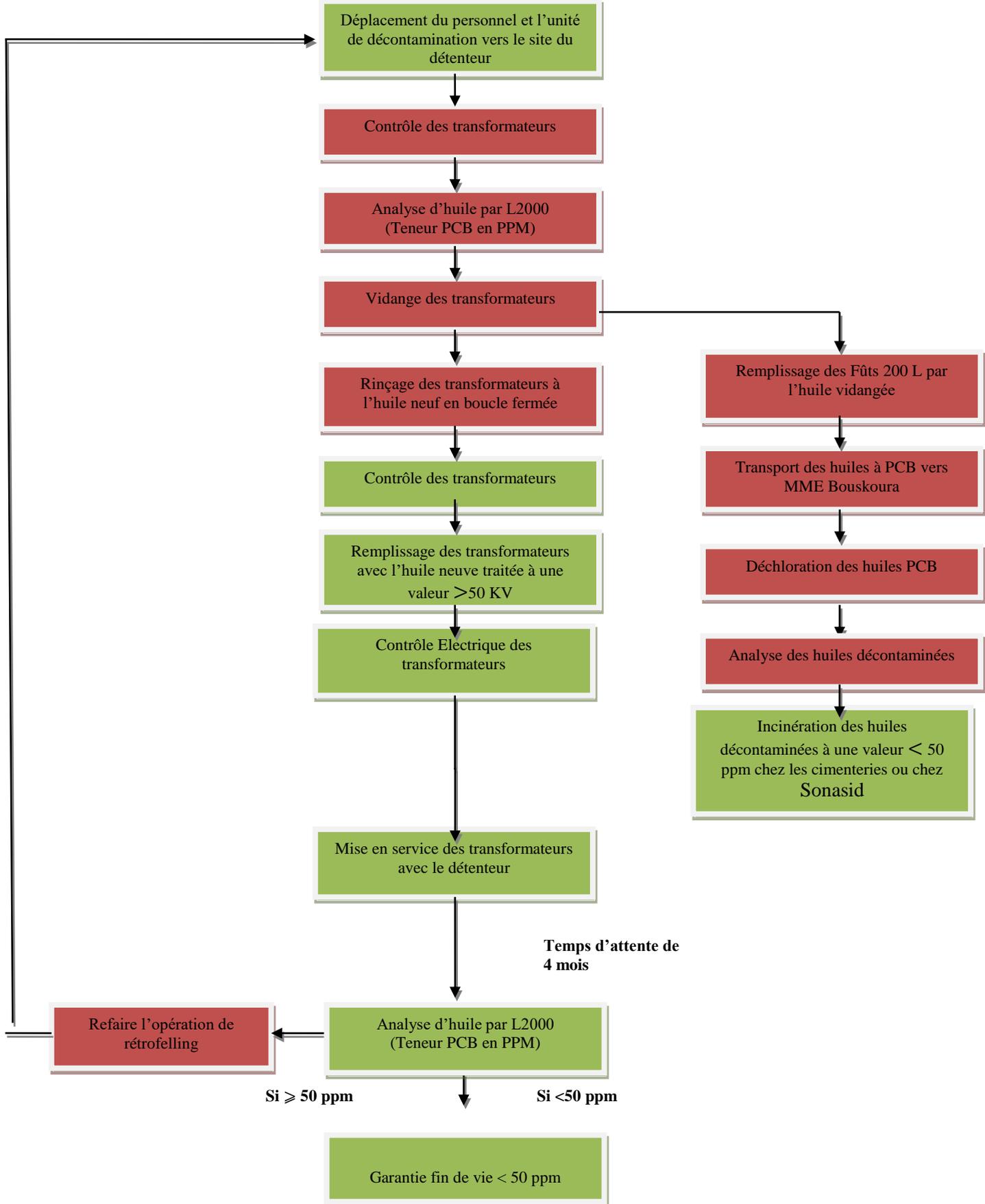


Schéma 1 :de rétrofilling sur site détenteur pour les appareils en service dont les huiles sont contaminées entre 50 et 500 ppm.

## 2. Garantie des résultats de traitement des PCB

Selon nos statistiques, il se produit avec cette méthode une pollution de l'ordre de 10% de la pollution initiale (après un délai de 4 mois après la nouvelle mise en service du transformateur). Ce pourcentage peut varier selon la configuration des radiateurs, la quantité de matériaux poreux présents dans le noyau, la quantité d'huile qui resterait après la vidange, etc. Si l'on fait un rinçage avec un petit volume d'huile libre de PCB, ce pourcentage peut être réduit à 5-6%.

Le nombre de cycles dépend du contenu initial de PCB dans le transformateur et on peut l'évaluer au moyen d'échantillonnages des huiles une fois passé la période mentionnée. Après les 4 mois de la mise en service du transformateur, on prendra un échantillon pour déterminer la concentration résiduelle de PCB dans l'huile et, si nécessaire, il faudra répéter le traitement.

Afin de valider le modèle de relargage d'huile lors du fonctionnement du transformateur, ci-dessous les résultats obtenus d'après nos expériences :

<b>PCB initial (ppm)</b>	<b>Concentration prévue (ppm)</b>	<b>Concentration obtenue 6 semaines après retrofilling (ppm)</b>
61	2	<b>1</b>
463	21	<b>5</b>
672	8	<b>2</b>
1800	40	<b>35</b>
1809	36	<b>30</b>
2000	40	<b>28</b>

### Equipement utilisés pour le retrofilling

-L'approvisionnement de la machine Globe Core sera effectué durant les deux mois à partir de la date de signature du contrat, la réception de la machine sera au troisième mois.

Les caractéristiques techniques de cette machine sont en annexe.

Le remplacement de la machine Globe Core par un autre équipement fera l'objet de respect de toutes les caractéristiques pour une bonne filtration des huiles neuves. Ci-joint en annexe les caractéristiques de la machine de remplacement.

-Pour le L2000 DXT, voir ci-joint les caractéristiques technique de l'appareil.

Les mesures de contrôle seront effectuées par un laboratoire tiers soit au Maroc soit à l'étranger en cas d'erreur et seront à la charge de Maroc Maintenance Environnement.

**B. Décontamination des transformateurs en service entre 500 et 2000 ppm  
au niveau de la plateforme Bouskoura (partie 2)**

## 1. Schéma général de décontamination sur la plateforme de MAROC MAINTENANCE ENVIRONNEMENT

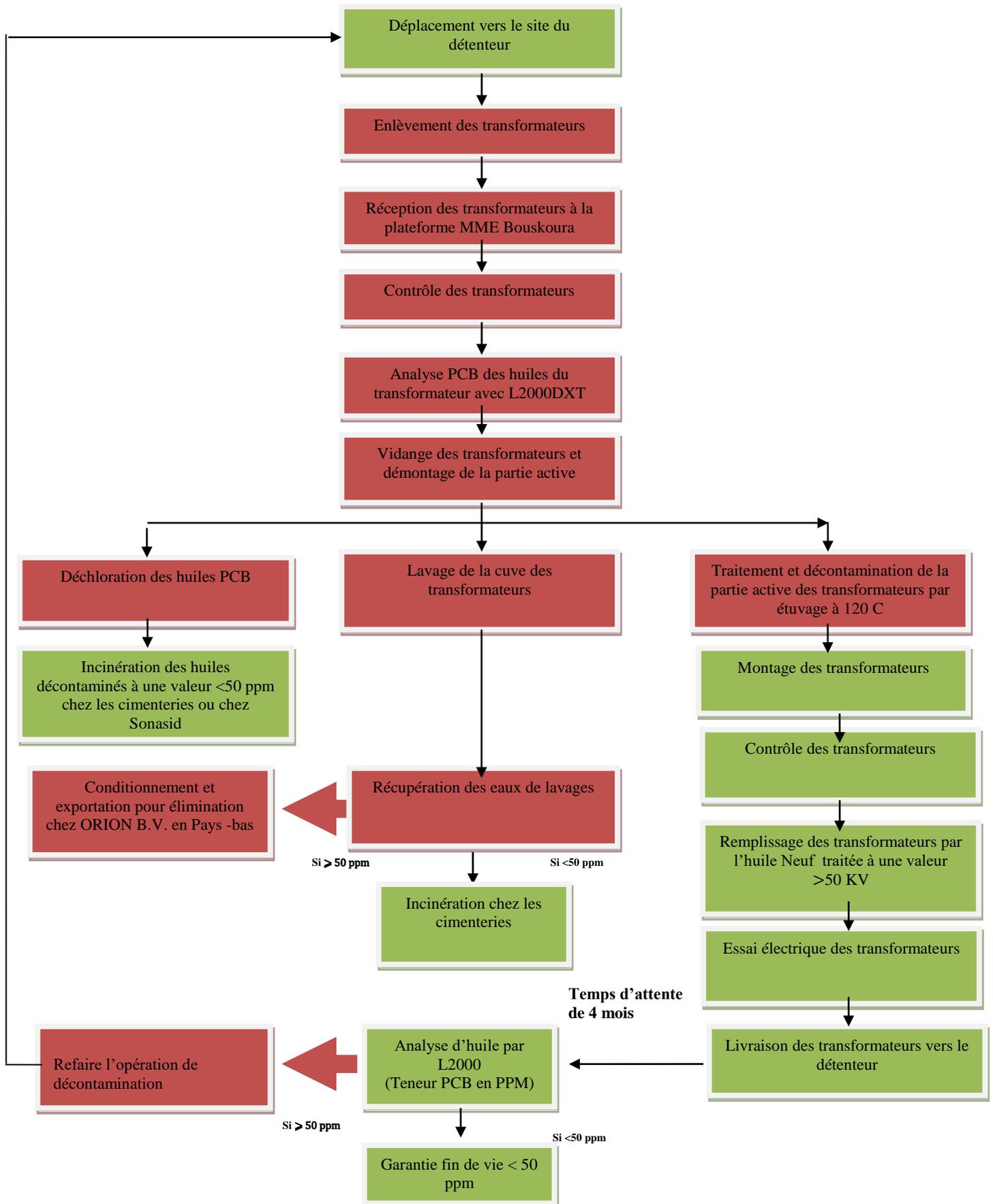


Schéma 2: Décontamination au niveau de la plateforme pour les appareils en service dont les huiles sont contaminées entre 500 et 2000 ppm.

## 2. Mode opératoire de décontamination des transformateurs en service entre 500 et 2000 ppm au niveau de la plateforme Bouskoura

- ✓ Déplacement vers le site du détenteur
- ✓ Enlèvement des transformateurs
- ✓ Réception des transformateurs à la plateforme MME Bouskoura
- ✓ Contrôle des transformateurs
- ✓ Analyse PCB des huiles du transformateur
- ✓ Vidange des transformateurs et démontage de la partie active
- ✓ Lavage de la cuve des transformateurs
- ✓ Récupération des eaux de lavages :
  - Si concentration < 50 PPM (analyse effectuée par Maroc Maintenance ENVIRONNEMENT) incinération chez les cimenteries (la cimenterie possède un laboratoire d'analyse pour rechercher les PCB).
  - Si concentration > 50 PPM Conditionnement et exportation pour élimination chez ORION B.V. aux Pays -bas
- ✓ Déchloration des huiles PCB\*
- ✓ Incinération des huiles décontaminés à une valeur <50 ppm chez les cimenteries ou chez Sonasid
- ✓ Traitement et décontamination de la partie active des transformateurs par étuvage à 120 C
- ✓ Montage des transformateurs
- ✓ Contrôle des transformateurs
- ✓ Remplissage des transformateurs par l'huile Neuve traitée à une valeur >50 KV
- ✓ Essai électrique des transformateurs
- ✓ Livraison des transformateurs vers le détenteur
- ✓ Après 4 mois analyse d'huile par L2000 (Teneur PCB en PPM) : Si les transformateurs ont une concentration > 50 PPM, les transformateurs seront transportés vers la plateforme pour subir une décontamination avec une garantie de résultat inférieure à 50 ppm.

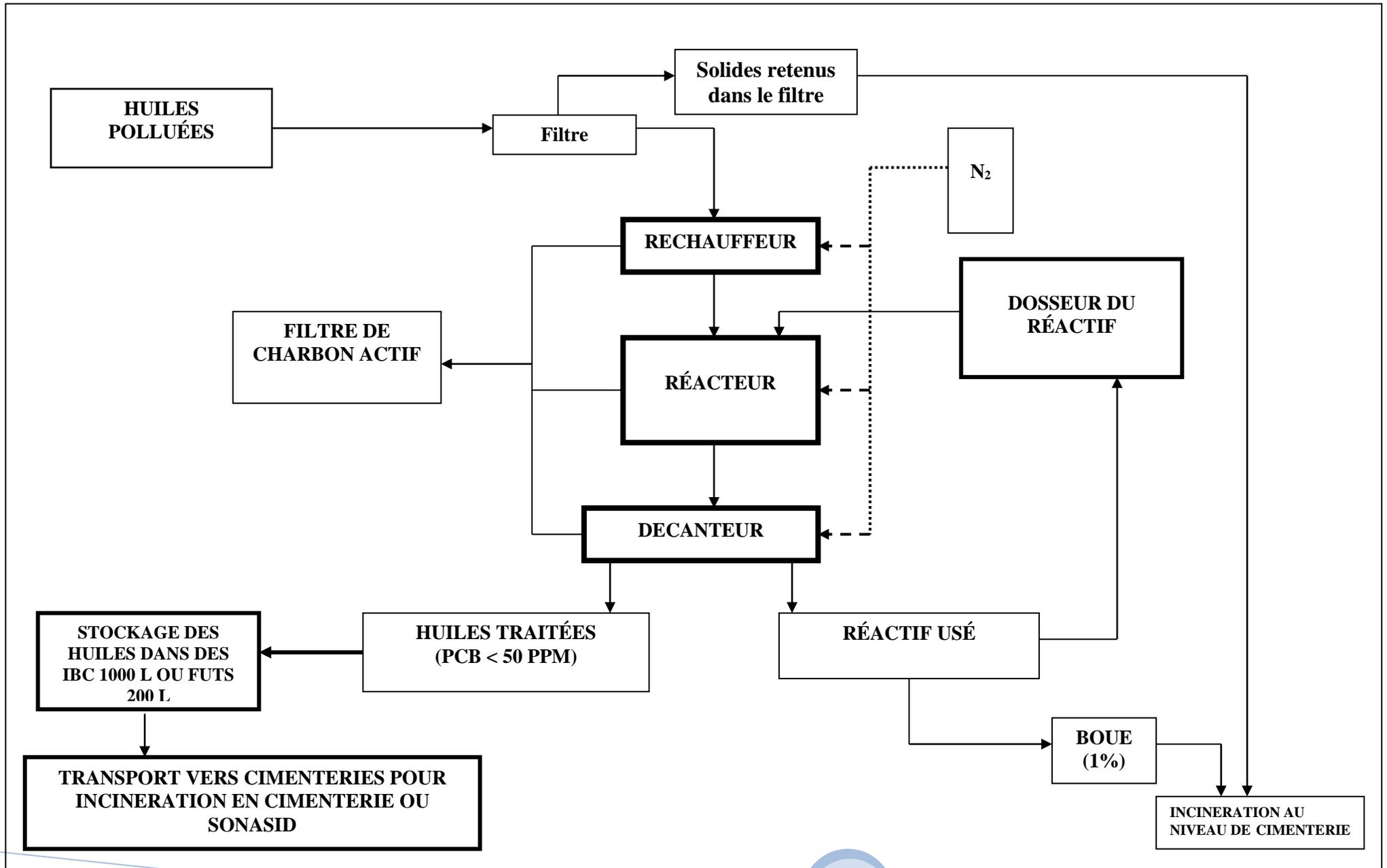


Schéma 3 : \*Schéma récapitulatif du procédé de déchloration

-La capacité de la déchloréuse est de 1000 litres /8 heures

-La décontamination des transformateurs sera réalisée par un lot de 5 transformateurs pour une période maximum de 10 jours.

**A. Décontamination et valorisation des transformateurs hors services (reformés) au niveau de la plateforme dont les huiles sont contaminées entre 50 et 2000 ppm (partie3)**

## 1. Schéma général de décontamination des transformateurs hors service (réformé) au niveau de la plateforme de MAROC MAINTENANCE ENVIRONNEMENT

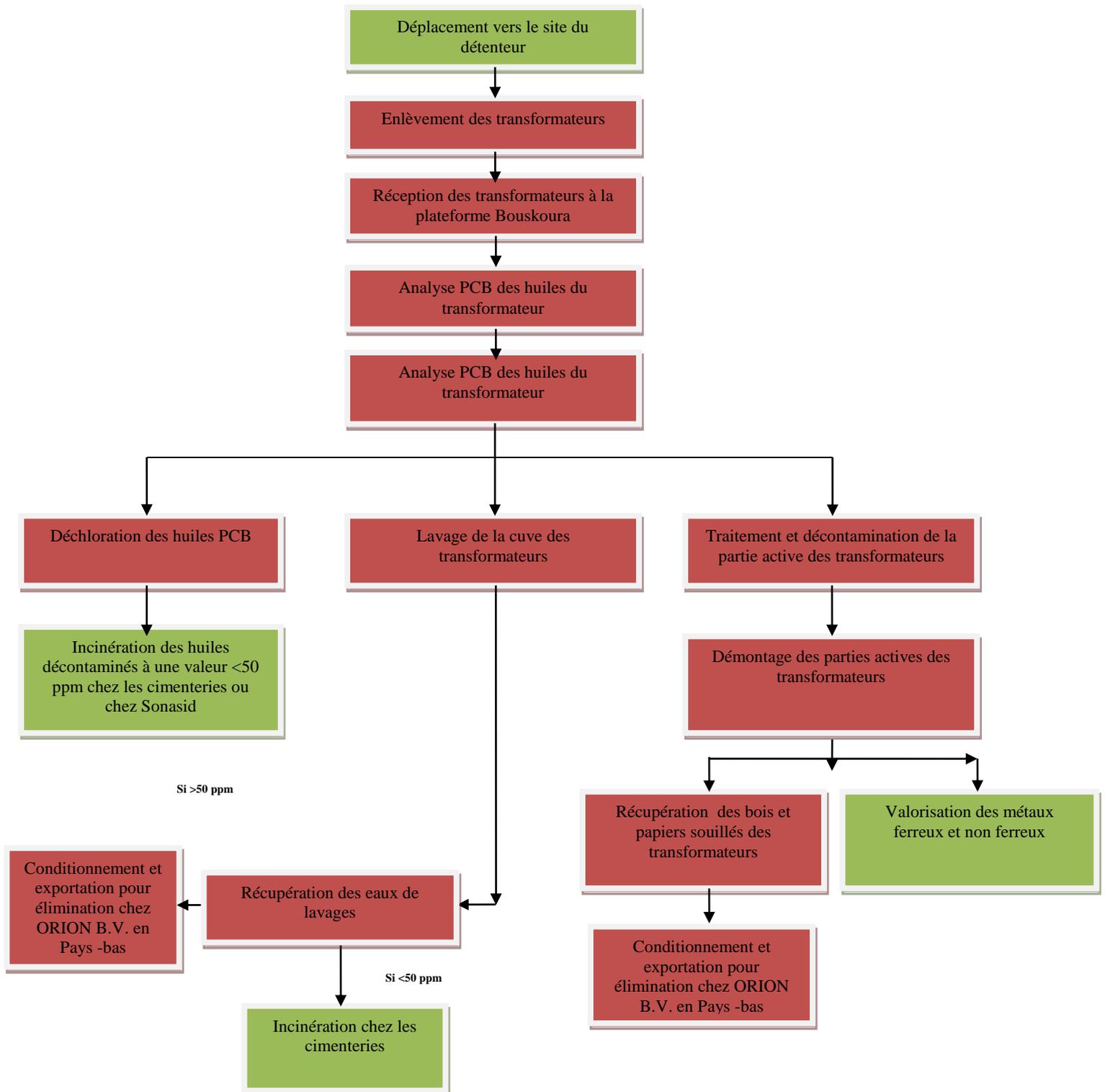


Schéma 4 : Décontamination et valorisation des transformateurs hors services (reformés) au niveau de la plateforme dont les huiles sont contaminées entre 50 et 2000 ppm.

## 2. Mode opératoire de décontamination des transformateurs hors service entre 50 et 2000 ppm au niveau de la plateforme Bouskoura

- ✓ Déplacement vers le site du détenteur
- ✓ Enlèvement des transformateurs
- ✓ Réception des transformateurs à la plateforme Bouskoura
- ✓ Analyse PCB des huiles du transformateur
- ✓ Analyse PCB des huiles du transformateur
- ✓ Récupération des eaux de lavages /
  - Si concentration <50 ppm incinération chez les cimenteries
  - Si concentration >50 ppm conditionnement et exportation pour élimination chez ORION B.V. aux Pays -bas
- ✓ Traitement et décontamination de la partie active des transformateurs
- ✓ Démontage des parties actives des transformateurs
- ✓ Valorisation des métaux ferreux et non ferreux
- ✓ Récupération des bois et papiers souillés des transformateurs
- ✓ Conditionnement et exportation pour élimination chez ORION B.V. aux Pays -bas
- ✓ Déchloration des huiles PCB
- ✓ Incinération des huiles décontaminés à une valeur <50 ppm chez les cimenteries ou chez Sonasid

## B. Traitement des déchets générés lors des opérations de décontamination (y compris élimination finale des déchets solides de PCB, EPI, partie poreuse transformateur).

### 1. Schéma général de traitement des déchets générés des opérations de décontamination des transformateurs au PCB

Tous les déchets solides générés au cours de ce projet feront l'objet d'une traçabilité avec un certificat d'élimination chez ORION B.V.

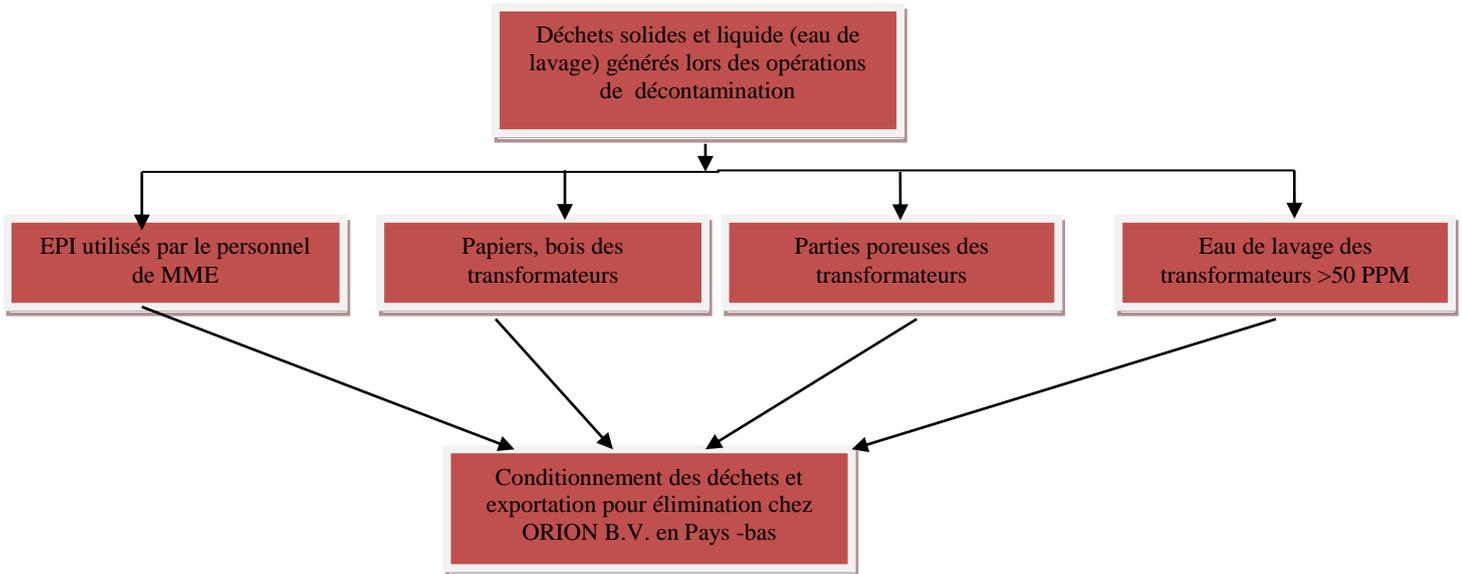


Schéma 5 : traitement des déchets générés lors des opérations de décontamination (y compris élimination finale des déchets solides de PCB, EPI, partie poreuse transformateur, eau de lavage).