CCME

Canadian Council of Ministers of the Environment
Le Conseil canadien des ministres de l'environnement

DÉCONTAMINATION DES TRANSFORMATEURS CONTENANT DES BPC

NORMES ET PROTOCOLES

CCME EPC-HW-105E
DÉCEMBRE 1995

DÉCONTAMINATION DES TRANSFORMATEURS CONTENANT DES BPC

NORMES ET PROTOCOLES

Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME)

basé sur une étude préparée par
Proctor & Redfern Limited
pour
Environnement Canada
Direction des déchets dangereux

1-895925-86X
CCME EPC-HW-105F
décembre 1995

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement est le principal forum intergouvernemental du Canada qui s'intéresse aux discussions et aux mesures conjointes relativement aux dossiers environnementaux d'importance nationale, internationale et mondiale. Les 13 gouvernements membres du CCME collaborent étroitement à l'élaboration de normes, de pratiques et de mesures législatives canadiennes cohérentes en matière d'environnement.

Le Secrétariat du Conseil canadien des ministres de l'environnement
326 Broadway, bureau 400
Winnipeg (Manitoba)
R3C 0S5
téléphone : (204) 948-2090, télécopieur : (204) 948-2125

Commentaires

Les lecteurs qui désirent formuler des commentaires sur le contenu du présent rapport sont priés de les adresser à :

Dave Campbell
Direction des déchets dangereux
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

This report is also available in English under the title "PCB Transformer Decontamination Standards and Protocols," at the address below.

Pour obtenir d'autres exemplaires du présent rapport, veuillez vous adresser à votre ministère provincial de l'Environnement ou veuillez contacter :

CCME Documents
c/o Manitoba Statutory Publications
200 Vaugn Street
Winnipeg (Manitoba)
R3C 1T5
Téléphone : (204) 945-4664
Télécopieur : (204) 945-7172

Avant-propos

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) a travaillé à l'élaboration de normes nationales minimales relatives à la manutention, au traitement et à l'élimination des déchets. En plus, de préparer des lignes directrices relatives au traitement physique, chimique et biologique, à l'enfouissement des déchets dangereux, le CCME a également fourni une orientation en ce qui concerne des catégories de déchets précises telles que les huiles usées, les déchets biomédicaux et les BPCs.

Dans le cadre d'une politique d'élimination progressive, le CCME s'est engagé à bannir l'utilisation de tous les biphényles polychlorés (BPC) au Canada, ce qui implique la gestion adéquate et le mode d'élimination approprié des transformateurs afin de réduire l'exposition des être humains, de la faune et de la flore aux BPC.

Il n'existe actuellement, au Canada, aucune norme nationale pour la décontamination des transformateurs contenant des BPC. Ce document présente des lignes directrices nationales qui favorisent la récupération des ressources et encouragent les développements technologiques dans ce domaine. On y trace les grandes lignes d'approches sûres en matière de réutilisation, de recyclage et d'enfouissement des transformateurs électriques contenant des BPC et sous-produits, et on y dresse une liste de critères pour l'évaluation de la contamination de surface de ces sous-produits par les BPC.

Ces lignes directrices ont été conçues pour promouvoir l'adoption de pratiques uniformes et établir des normes nationales minimales en matière de pratiques uniformes et établir des normes nationales minimales en matière de décontamination des transformateurs contenant des BPC au Canada.

Preface

The Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) has worked on developing minimum national approaches for handling, treating and disposing of wastes. As well as producing guidelines for physical, chemical, and biological treatment, incineration and landfilling of hazardous wastes, CCME has also provided guidance with respect to specific wastes such as used oil, biomedical waste and PCBs.

The CCME has committed itself to a policy of phasing out the use of all polychlorinated biphenyls (PCBs) in Canada. This entails the proper management and disposal of transformers to reduce human and environmental exposure to PCBs.

Currently there are no national standards in Canada for the decontamination of PCB transformers. This document provides a national guideline that encourages resource recovery and technological developments in this area. It outlines safe approaches for the reuse, recycling and landfilling of electrical transformers containing PCBs and their components, as well as criteria for evaluating the surface contamination of these components by PCBs.

These guidelines are intended to promote uniform practices and to set minimum national approaches for PCB transformer decontamination in Canada.

TABLE DES MATIÈRES

1.0 INTRODUCTION 1

2.0 NATURE DU PROBLÈME 1

2.1 Aperçu de la situation actuelle des BPC au Canada 1
2.2 Aperçu des options actuelles de gestion des transformateurs contenant des BPC au Canada 2
2.2.1 Réutilisation des transformateurs 2
2.2.2 Recyclage des transformateurs contenant des BPC 3
2.2.3 Enfouissement des transformateurs contenant des BPC 4

3.0 NÉCESSITÉ DE CRITÈRES NATIONAUX SUR LA DÉCONTAMINATION DES TRANSFORMATEURS 4

3.1 Besoins et avantages généraux 4
3.2 Nécessité de critères sur la décontamination de surface 5

4.0 CRITÈRES DE DÉCONTAMINATION DES BPC 5

4.1 Critères fédéraux canadiens 5
4.2 Critères provinciaux 6
4.2.1 Décontamination des transformateurs contenant des BPC pour réutilisation 7
4.2.2 Décontamination des transformateurs contenant des BPC pour recyclage 8
4.2.3 Exigences relatives à l'élimination des transformateurs 9
4.3 Critères internationaux 9
4.3.1 Critères des États-Unis 9
4.3.2 Critères européens 11
4.4 Limite recommandée pour la contamination de surface par les transformateurs 11
4.4.1 Établissement d'un critère national pour le Canada 11
4.4.1.1 Critères basés sur le risque pour la santé humaine et l'environnement 12
4.4.1.2 Critères basés sur la meilleure technologie disponible 13
4.4.1.3 Critères basés sur la législation actuelle en matière de BPC 13

4.4.2 Critère recommandé pour la contamination de surface permissible 14

5.0 NORMES ET PROTOCOLES RECOMMANDÉS POUR LA DÉCONTAMINATION 14

5.1 Protocoles pour la décontamination des transformateurs à l'huile minérale contaminés par des BPC pour réutilisation, recyclage et élimination 15
5.1.1 Protocoles de réutilisation pour les transformateurs à l'huile minérale contaminés 15
5.1.2 Protocoles de recyclage et d'élimination pour les transformateurs à l'huile minérale contaminés 18
5.2 Protocoles pour la décontamination des transformateurs à l'askarel pour réutilisation, recyclage et élimination 19
5.2.1 Protocoles de réutilisation des transformateurs à l'askarel 19
5.2.2 Protocoles de recyclage des transformateurs à l'askarel 21
5.3 Enfouissement des transformateurs 21

6.0 RÉFÉRENCES 22

Annexe A: Technologies de décontamination 24

Annexe B: Méthodologie d'échantillonnage par frottis recommandée pour les surfaces métalliques des transformateurs 36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1 Normes provinciales de réutilisation et de recyclage des transformateurs contenant des BPC 7

LISTE DES FIGURES

Figure 5.1 Protocoles de réutilisation, de recyclage et d'élimination des transformateurs à l'huile minérale 16

Figure 5.2 Protocoles de réutilisation, de recyclage et d'élimination des transformateurs à l'askarel 20

Figure A-1 Décontamination des Transformateurs par Procédés de Dégraissage au Solvant 30

Figure A-2 Procédé Décontamination au Solvant de Sanexen 32

Figure A-3 Décontamination thermique des transformateurs contenant des BPC avec récupération du métal 35

LEXIQUE

BPC	Les biphényles polychlorés sont définis dans la Loi canadienne sur la protection de l'environnement comme ceux ayant la formule moléculaire $C_{12}H_{10-n}Cl_n$, n étant plus grand que 2.
Matériel contenant des BPC	Tout article fabriqué, y compris tout transformateur ou condensateur, qui renferme un liquide contenant des BPC, un solide contenant des BPC ou une substance contenant des BPC.
Liquide contenant des BPC	Tout liquide contenant des BPC dans une concentration de plus de 50 milligrammes par kilogramme (50 ppm par poids) du liquide (ex., huile minérale contaminée par des BPC, suspensions aqueuses, et askarel).
Solide contenant des BPC	Solide qui contient plus de 50 milligrammes de PBC par kilogramme de solide (50 ppm par poids).
Substance contenant des BPC	Substance, autre qu'un liquide contenant des BPC ou un solide contenant des BPC, qui contient plus de 50 milligrammes de BPC par kilogramme de la substance.
Déchet contenant des BPC	Tout matériel, liquide, solide ou substance contenant des BPC qui n'est plus en usage.
Askarel	Liquide de transformateur à haute concentration en BPC, contenant habituellement entre 40 et 80 % de BPC.
Huile minérale contaminée	Liquide d'huile minérale de transformateur contaminé par une faible concentration de BPC, contenant habituellement moins de 1 % de BPC
«Retrofilling» Recirculation en circuit fermé	Drainage des transformateurs à l'huile minérale contaminée par des PBC suivi de leur remplissage avec de l'huile minérale ne contenant pas de BPC (< ou = 50 ppm).
Réutilisation	Remise en service des transformateurs mis hors d'usage.

Recyclage	Collecte pour refonte subséquente de parties de transformateurs pour la récupération du métal.
Décontamination	Suppression des BPC d'un solide, d'un liquide ou d'une substance contenant des BPC.
Destruction	Destruction de la molécule de BPC par des moyens thermiques.
Traitement	Destruction de la molécule de BPC par des moyens chimiques.
Élimination progressive	Élimination permanente du service et placement en entreposage du matériel contenant des BPC.

1.0 INTRODUCTION

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) s'est engagé envers une politique d'élimination progressive de l'utilisation de tous les biphényles polychlorés (BPC) au Canada.

À l'appui de cette politique, des protocoles applicables au plan national sont nécessaires pour délimiter les méthodes acceptables pour l'environnement de décontamination des transformateurs contenant des BPC, lesquels représentent environ 82 % des BPC actuellement en usage au Canada (Environnement Canada, 1994).

Dans le sens de cette exigence, le présent rapport examine les méthodes de décontamination des transformateurs contenant des BPC et recommande des concentrations résiduelles de contaminants aux BPC pour leur réutilisation, leur recyclage et leur élimination.

2.0 NATURE DU PROBLÈME

2.1 Aperçu de la situation actuelle des BPC au Canada

On a estimé (Forum canadien sur l'électricité, 1987) que 40 000 tonnes de liquides de BPC ont été importées au Canada avant que ces importations soient interdites en 1980. Seulement environ 27 300 tonnes de ces importations peuvent être comptabilisées, ce qui signifie que le reste (12 400 tonnes) a probablement été rejeté dans l'environnement.

En décembre 1992 (Environnement Canada, 1992), il y avait:

12 500 tonnes (t)	Askarel (en général 40 à 80 % de BPC) contenu dans des transformateurs, condensateurs et autre matériel électrique et mécanique.
6 080 t	Askarel en entreposage pour élimination.
2 500 t	Askarel contenu dans les ballasts d'éclairage en service.
5 à 10 t	BPC en faible concentration dans l'huile minérale contaminée aux BPC (en général moins de 1 % de BPC).
10 à 20 t	BPC en faible concentration dans des solides contaminés aux BPC.
1 000 t	Askarel exporté pour destruction outre-mer.
5 200 t	Askarel détruit par incinération au Canada.
3 à 4 t	BPC détruits par décontamination d'huile minérale contaminée aux BPC.
27 300 tonnes (environ)	

Les askarels sont contenus en grande partie dans 6 950 transformateurs à l'askarel en service, dans 3 750 transformateurs à l'askarel en entreposage et dans des barils d'askarel de transformateurs drainés ou décontaminés. Les condensateurs en service et en entreposage constituent la majeure partie du reste du matériel électrique contenant de l'askarel.

Le CCME s'est engagé envers une politique d'élimination progressive de tous les BPC au Canada. La vaste majorité des BPC en usage sont contenus dans du matériel à l'askarel. Une gestion appropriée de ce matériel est nécessaire afin de réduire l'exposition des humains et de l'environnement aux BPC. Bien que le présent rapport porte surtout sur les transformateurs à l'askarel, il y est également question des transformateurs à l'huile minérale contaminée aux BPC en faible concentration.

L'élimination accélérée des transformateurs à l'askarel au Canada a été entravée par l'absence d'options de décontamination et d'élimination disponibles sur le plan commercial au Canada en ce qui concerne ce matériel. Une mesure importante pour encourager les propriétaires de BPC à éliminer progressivement ce matériel et pour encourager les entreprises de service de BPC à investir dans des installations de décontamination, de traitement et de destruction consiste à s'assurer que des normes nationales uniformes pour la décontamination du matériel pour réutilisation, recyclage et élimination sont bien documentées, diffusées et appliquées dans toutes les provinces.

2.2 Aperçu des options actuelles de gestion des transformateurs contenant des BPC au Canada

Lorsqu'on parle de transformateurs contenant des BPC, il s'agit habituellement de transformateurs à l'huile minérale contaminée par des BPC ou de transformateurs à l'askarel. Les transformateurs à l'askarel ont été conçus pour contenir une concentration élevée de liquides diélectriques aux BPC, qu'on appelle askarel. Les transformateurs à l'huile minérale n'ont pas été conçus pour contenir des BPC mais certains ont été contaminés par inadvertance par de faibles concentrations de BPC au cours des activités de fabrication ou d'entretien.

Voici un aperçu général des principales options actuellement disponibles pour les propriétaires de transformateurs contenant des BPC au Canada quant à la gestion de ce matériel.

2.2.1 Réutilisation des transformateurs

- <u>Transformateurs à l'huile minérale contaminée</u>

  Les transformateurs à l'huile minérale contaminée peuvent être décontaminés à l'aide de l'un ou l'autre des deux processus suivants: la recirculation en circuit fermé ou le traitement chimique en direct. Le succès du traitement est évalué habituellement en vérifiant le liquide diélectrique du transformateur pendant un minimum de 90 jours d'utilisation après l'achèvement du processus de décontamination. Si le liquide contient < ou = 50 ppm (moins que ou égal à 50 parties par million) de BPC, le processus a été fructueux et le transformateur pour être réutilisé comme un

transformateur sans BPC. Les processus de décontamination et la quantité de < ou = 50 ppm ainsi que le test de 90 jours sont généralement acceptés par les provinces.

À la fin de leur durée de service, ces transformateurs à l'huile minérale décontaminés sont habituellement envoyés à la casse pour le recyclage du métal (sauf en Saskatchewan où l'huile minérale doit contenir moins de 5 ppm). L'huile minérale peut être envoyée à des recycleurs d'huile, réutilisée dans d'autres transformateurs à l'huile minérale (souvent après un traitement chimique) ou incinérée de façon appropriée (les options varient d'une province à une autre).

D'autres renseignements sur les processus de décontamination des transformateurs à l'huile minérale se trouvent à l'annexe A.

- Transformateurs à l'askarel

La décontamination des transformateurs à l'askarel pour réutilisation est beaucoup moins fréquente. Toutefois, il existe de nombreuses circonstances où le processus est rentable comparativement à l'envoi à la casse (y compris les coûts d'élimination éventuelle des transformateurs) et au remplacement. Il y a deux types principaux de processus de décontamination: la recirculation en circuit fermé en série, et le traitement sur place. Que l'un ou l'autre processus soit utilisé (durant habituellement de 12 à 24 mois), le même test d'utilisation de 90 jours que pour les transformateurs à l'huile minérale décontaminés est employé à la fin du temps de traitement. Après avoir réussi le test, le transformateur est considéré comme du matériel sans BPC dans la plupart des provinces. À la fin de sa durée de service, l'ancien transformateur à l'askarel pourrait être envoyé à la casse, les éléments métalliques étant normalement disponibles pour le recyclage. Des détails sur les méthodologies utilisés pour décontaminer les transformateurs à l'askarel se trouvent à l'annexe A.

2.2.2 Recyclage des transformateurs contenant des BPC

Les lignes directrices du CCME (1989) autorisent le recyclage (refonte) des anciens transformateurs à l'huile minérale contaminée par des BPC drainés de moins de 500 ppm. Ce procédé a été autorisé (selon un permis spécifique) par le ministère ontarien de l'Environnement et de l'Énergie (MOEE) pour des transformateurs sur poteau de moins de 500 ppm. Le MOEE a jugé que c'était nécessaire comme mesure provisoire pour régler rapidement le problème de l'accumulation de vieux transformateurs montés sur poteau.

L'incinération (sans scorification) des vieux transformateurs contenant des BPC est une méthode acceptable de décontamination du métal pour un recyclage éventuel. L'huile minérale contaminée ou l'askarel peuvent aussi être détruits par le même procédé. Cette option (incinération des transformateurs et de leurs liquides) est offerte à l'installation permanente de traitement des déchets dangereux de Swan Hills, en Alberta et elle a été utilisée sur des sites d'incinération mobile des BPC exploités au Canada (deux à ce jour, l'un à Goose Bay, Labrador, 1990 et l'autre a Smithville, Ontario, 1991 et 1992).

Les vieux transformateurs peuvent également être décontaminés pour le recyclage du métal par des procédés faisant appel à diverses méthodes de nettoyage par solvant. Sanexen Service Environnementaux Inc. offre des services mobiles de décontamination des transformateurs faisant appel au procédé d'autoclave («Decontaksolv») qui applique des vapeurs de solvants chauffés aux pièces du transformateur démonté (enveloppes et noyaux). Les liquides diélectriques drainés, les solvants contaminés et les matières poreuses (bois et papier) du transformateur doivent être stockés ou traités (s'il y a plus de 50 ppm) selon des méthodes approuvées. Ce procédé est disponible partout au Canada. Le traitement sur place des transformateur à l'askarel, du ENSR, peut aussi être utilisé pour les transformateurs à l'askarel désuets.

D'autres détails sur la décontamination des vieux transformateurs pour le recyclage du métal se trouvent à l'annexe A.

2.2.3 Enfouissement des transformateurs contenant des BPC

L'enfouissement des carcasses de transformateurs contenant des BPC (transformateurs drainés de plus de 50 ppm) n'est autorisé par aucun secteur de compétence au Canada. Les propriétaires de sites d'enfouissement hésitent à accepter tout transformateur ou toute pièce de matériel électrique au cas où il pourrait s'y trouver des BPC à de faibles niveaux (moins de 50 ppm).

3.0 NÉCESSITÉ DE CRITÈRES NATIONAUX POUR LA DÉCONTAMINATION DES TRANSFORMATEURS

3.1 Besoins et avantages généraux

Actuellement, il n'existe aucune norme nationale au Canada pour la décontamination des transformateurs contenant des BPC. L'établissement de normes nationales satisfera aux besoins suivants et offrira les avantages suivants:

- établir des critères nationaux pour la protection de la santé humaine et de l'environnement pendant les activités associées à la réutilisation, au recyclage et à l'élimination des transformateurs;

- faciliter l'élimination progressive du matériel électrique contenant des BPC d'une manière uniforme dans toutes les régions du Canada en assurant la réutilisation, le recyclage et l'élimination sécuritaires des transformateurs contenant des BPC;

- réduire la responsabilité civile environnementale actuelle des propriétaires de matériel contenant des BPC en offrant des solutions de rechange à l'utilisation continue ou à l'entreposage de transformateurs contenant des BPC;

- réduire l'espace d'entreposage de BPC et les coûts associés à l'enlèvement, à l'entreposage et au drainage des transformateurs qui sont encombrants et lourds;

- permettre et encourager la récupération des ressources par le recyclage des composantes métalliques des transformateurs;

- encourager la croissance du secteur des services de gestion des BPC au Canada;

- encourager au Canada la recherche et le développement de technologies de décontamination des transformateurs contenant des BPC.

3.2 Nécessité de critères de décontamination de surface

Le gouvernement et la société en général encouragent le recyclage des déchets. Dans le cas des transformateurs, les composantes métalliques représentent un produit recyclable de grande valeur. Toutefois, les travailleurs des installations de recyclage ou des fonderies doivent être protégés d'une exposition à un contact cutané de BPC provenant des surfaces métalliques des transformateurs contaminés. Afin de protéger ces travailleurs, il faut établir une concentration de BPC de surface maximale admissible.

Un critère de concentration de surface est également le critère le plus approprié à établir pour le recyclage des transformateurs parce que de nombreuses technologies utilisées pour la décontamination des transformateurs en vue du recyclage sont appliquées sur des transformateurs drainés. Par conséquent, la norme actuelle de < ou = 50 ppm pour la concentration de BPC dans le liquide du transformateur n'est généralement pas applicable dans ces situations. En outre, les transformateurs ou les pièces de transformateurs reçus par les fonderies devront avoir été drainés préalablement, et il faudra par conséquent un critère de concentration de surface pour ce qui est de la santé, de la sécurité et de la conformité à la réglementation.

4.0 CRITÈRES DE CONTAMINATION AUX BPC

Cette section présente un bref aperçu des critères fédéraux et provinciaux actuels en matière de contamination aux BPC ainsi que des critères appliqués aux États-Unis et en Europe. La dernière sous-section recommande un critère de contamination de surface maximale pour les transformateurs destinés au recyclage du métal.

4.1 Critères fédéraux canadiens

L'utilisation, la réutilisation, l'entreposage, le traitement (chimique) et la destruction (incinération) des BPC sont réglementés par les gouvernements provinciaux et par le gouvernement fédéral. Les règlements provinciaux varient selon les provinces mais dans la plupart, les politiques et les règlements provinciaux en matière de BPC ont trait à la gestion de tous les BPC sauf sur les terres fédérales ou sauf les BPC appartenant à des ministères ou organismes fédéraux ou dont le transport (rail, air, eau) est réglementé par le gouvernement fédéral.

Le gouvernement fédéral n'a pas de critère sur la contamination de surface bien que, cas par cas, des critères de contamination de surface peuvent être désignés par Environnement Canada. Ce fut le cas pour le projet de destruction de BPC de Goose Bay entrepris par le

ministère de la Défense nationale (MDN) et réglementé par Environnement Canada. Dans ce projet, un critère de contamination de surface aux BPC de moins ou égal à 2,5 microgrammes par 100 centimètres carrés (< ou = 2,5 ug/100 cm^2) a été établi et utilisé pour les surfaces métalliques (barils et autres contenants) qui avaient été décontaminées par des solvants. L'utilisation finale du métal n'était pas réglementée après une décontamination fructueuse. On a eu beaucoup de difficulté à respecter ce critère, le résultat étant que pour une importante portion, les contenants ont dû être déchiquetés et incinérés.

De même, pour ce projet, les enveloppes et les noyaux des transformateurs déchiquetés ont été incinérés dans un incinérateur mobile de BPC à haute température approuvé et sans scorification. Les pièces métalliques déchiquetées étant petites et tordues, il n'était pas pratique de soumettre le matériel incinéré au test de contamination de surface standard (test de frottis). Dans ce cas, la concentration des BPC en poids sur le métal a été déterminée par extraction au solvant. La norme de décontamination requise était de <0,5 ppm en poids (ce qui était considéré à l'époque comme à peu près l'équivalent d'une concentration de surface de < ou = 2,5 ug/100 cm^2).

4.2 Critères provinciaux

En général, la plupart des provinces utilisent la norme de >50 ppm de BPC (sauf en Saskatchewan où la norme est de 5 ppm et le Québec a des normes de 0,3 mg/l dans les liquides et 0,01 mg/l dans le lixiviat du résidu solide) pour définir une matière (solide ou liquide) contenant des BPC. Aucune province n'a de réglementation sur la contamination de surface; toutefois, la plupart des provinces appliquent des politiques qui font appel, sous une forme ou une autre, à la politique de l'EPA (États-Unis) de 10 ug/100 cm^2 (ou 100 ug/100 cm^2 dans certains cas spéciaux) pour le nettoyage des déversements de BPC. Quelques provinces ont adopté cette norme comme politique pour la décontamination des transformateurs contenant des BPC en vue du recyclage du métal. Cette politique se manifeste dans les certificats d'approbation ou autres permis que les provinces délivrent aux entreprises qui s'engagent dans des activités de décontamination de vieux transformateurs contenant des BPC en vue du recyclage du métal.

Le tableau 4.1 présente l'approche que chaque province adopte en ce qui concerne les transformateurs pour réutilisation et recyclage.

Tableau 4.1
Normes provinciales pour la réutilisation et le recyclage des transformateurs contenant des BPC

Province	Réutilisation	Recyclage
Colombie-Britannique	<=50 ppm (temps non précisé	<=50 ppm
Alberta	<=50 ppm après 90 jours	<=50 ppm
Saskatchewan	<=50 ppm après 90 jours*	<=5 ppm
Manitoba	<=50 ppm après 90 jours	<=50 ppm
Ontario	<=50 ppm après 90 jours	<500 ppm (CCME, 1989) (transformateurs sur poteau seulement) <=10 ug/100 cm2 surface (propre au projet) <0,5 ppm en poids sur le métal (propre au projet)
Québec	<=50 ppm après 90 jours	<=50 ppm <=10 ug/100 cm2 surface
Nouveau-Brunswick	<=50 ppm après 90 jours	<=50 ppm
Île-du-Prince-Édouard	<=50 ppm après 90 jours	<=50 ppm
Nouvelle-Écosse	<=50 ppm après 90 jours	<=50 ppm
Terre-Neuve	<=50 ppm après 90 jours	<=50 ppm

* En Saskatchewan, la gestion des transformateurs en usage contenant des BPC est régie selon le critère fédéral de <=50 ppm.

Notes:

1) Les concentrations se rapportent à la concentration de BPC dans le liquide diélectrique à moins d'indication contraire.
2) Les 90 jours se rapportent à la période d'attente minimale après que le procédé de décontamination est terminé et avant que le liquide diélectrique soit vérifié.

4.2.1 Décontamination des transformateurs contenant des BPC pour réutilisation

Toutes les provinces acceptent le critère de décontamination d'une concentration de < ou = 50 ppm dans le liquide diélectrique après un minimum de 90 jours pour les transformateurs contenant des BPC pour réutilisation comme transformateurs sans BPC.

4.2.2 Décontamination des transformateurs contenant des BPC pour recyclage

Actuellement, dans toutes les provinces à l'exception de la Saskatchewan, si un transformateur contenant des BPC est décontaminé avec succès (ex., <=50 ppm après 90 jours), le transformateur peut également (en plus de la réutilisation) être envoyé à la casse pour le recyclage des composantes métalliques. La Saskatchewan exige un critère de <5 ppm pour l'envoi à la casse des transformateurs. Toutefois, le degré auquel les méthodes de décontamination pour réutilisation (ex., recirculation en circuit fermé avec de l'huile minérale propre) sont utilisées au Canada pour décontaminer les transformateurs contenant des BPC pour recyclage subséquent est inconnu, mais au moins une importante entreprise de services publics, l'Hydro-Ontario, fait appel à cette méthodologie puisqu'elle a son propre système de traitement chimique pour l'huile minérale contaminée (liquides de recirculation en circuit fermé).

Le Québec applique une norme (politique) de contamination de surface pour la décontamination des vieux transformateurs contenant des BPC en vue du recyclage du métal. Cette norme (tirée des règlements de l'État de New York) était, jusqu'à tout récemment, une contamination de surface admissible de 12,5 ug/100 cm^2 pour l'Aroclor 1250 et 1254 et de 25 ug/100 cm^2 pour l'Aroclor 1242 (pour l'enveloppe et les structures laminées). Récemment (1991), le gouvernement du Québec a remplacé cette norme par la norme de l'EPA des États-Unis de 10 ug/100 cm^2 et l'applique pour les certificats d'approbation délivrés aux entreprises de service de BPC (Deschênes, 1991).

Au Québec, la norme de 10 ug/100 cm^2 est utilisée pour évaluer la contamination de l'enveloppe et des structures laminées du transformateur. La contamination des enroulements du noyau (fils d'aluminium et de cuivre très enroulés) est évaluée en découpant une petite section des enroulements et en procédant à une extraction des BPC. L'échantillon comprend l'isolant de papier. Le critère utilisé est de < ou = 50 ppm. Ces méthodologies sont propres aux certificats d'approbation particuliers et peuvent par conséquent faire l'objet d'une modification si une entreprise propose une méthode d'échantillonnage différente.

En Ontario, le MOEE a autorisé certaines entreprises de services publics à envoyer de petits transformateurs (sur poteau) à l'huile minérale contaminée (<500 ppm) au recyclage du métal après un drainage (selon les lignes directrices du CCME de 1989). De même, en fonction d'un projet particulier (Smithville), le MOEE a accepté le critère de l'EPA des États-Unis de 10 ug/100 cm^2 pour le nettoyage par solvant des surfaces imperméables, y compris les pièces des transformateurs pour le recyclage du métal. Au cours du projet de destruction de BPC de Smithville, les surfaces métalliques qui ne pouvaient pas être nettoyées par un traitement au solvant ont été déchiquetées et incinérées; un critère de <0,5 ppm a été utilisé pour le métal qui était recyclé par la suite.

La Colombie-Britannique a adopté comme politique l'exigence de décontamination de surface de 10 ug/100 cm^2 de l'EPA des États-Unis pour le nettoyage des déversements sur des surfaces imperméables. Il n'y a aucun critère établi ou utilisé pour la décontamination des transformateurs en Colombie-Britannique autre que < ou = 50 ppm dans le liquide diélectrique.

En Saskatchewan, un transformateur peut être envoyé à la casse pour recyclage si le liquide diélectrique contient moins de 5 ppm de BPC. Il n'existe aucun critère de surface utilisé pour la décontamination des vieux transformateurs. La Saskatchewan a adopté comme politique l'exigence de décontamination de surface de 10 ug/100 cm^2 de l'EPA des États-Unis pour le nettoyage des déversements sur des surfaces imperméables.

Au Manitoba et en Nouvelle-Écosse, les transformateurs contenant < ou = 50 ppm de BPC dans le liquide diélectrique peuvent être recyclés pour la récupération du métal.

L'Île-du-Prince-Édouard n'a pas encore eu à traiter la question du recyclage des transformateurs contenant des BPC pour la récupération du métal et aucun critère pour la contamination de surface n'a été établi.

Le Nouveau-Brunswick adopte le critère de contamination de surface de 10 ug/100 cm^2 de l'EPA des États-Unis comme politique pour le nettoyage des déversements. Les transformateurs de moins de 50 ppm peuvent être récupérés et recyclés ou enfouis. L'enfouissement est toutefois découragé. Il existe également dans la province une préoccupation concernant les pratiques des récupérateurs et la province envisage d'imposer des restrictions à ces types d'exploitations.

4.2.3 Exigences relatives à l'élimination des transformateurs

En général, tout transformateur envoyé à l'enfouissement doit avoir contenu < ou = 50 ppm de BPC (<5 ppm en Saskatchewan) dans le liquide diélectrique avant le drainage. Toutes les provinces découragent l'enfouissement des transformateurs et encouragent le recyclage du métal si possible.

En outre, les propriétaires de sites d'enfouissement de partout hésitent à accepter des transformateurs ou des composantes de transformateurs à cause des responsabilités civiles éventuelles associées à la contamination par les BPC.

4.3 Critères internationaux

4.3.1 Critères des États-Unis

En Amérique du Nord, les États-Unis ont été les premiers à établir un programme efficace pour l'élimination progressive et la destruction des BPC à l'intérieur de leurs frontières. La norme de 50 ppm de BPC des États-Unis est basée sur des études coûts-avantages exhaustives de l'EPA (U.S. EPA, 1978). La norme de 50 ppm a depuis été adoptée par le Canada et d'autres pays en tant que règlement ou ligne directrice générale.

Les BPC étant utilisés principalement dans les transformateurs électriques, les législateurs des États-Unis ont élaboré des règlements précis les concernant. Afin d'aider à la mise au point de solutions de gestion appropriées, ils ont jugé souhaitable de classer les transformateurs selon leur concentration de BPC lorsqu'ils sont en usage, comme suit:

- «Transformateurs contenant des BPC» - liquide diélectrique > =500 ppm de BPC.

- «Transformateurs contaminés par des BPC» - liquide diélectrique 50-499 ppm de BPC.

- «Transformateurs sans BPC» - liquide diélectrique <50 ppm de BPC.

La classification des transformateurs de cette façon a permis aux législateurs d'élaborer des lignes directrices de gestion précises pour chaque catégorie de transformateurs. Les règlements américains spécifiques associés aux deux types de transformateurs réglementés sont présentés dans la partie 761.60 du 40CFR en vertu de la Loi réglementant les substances toxiques et sont résumés ci-après.

Transformateur contenant des BPC

Après le drainage de tout le liquide diélectrique s'écoulant librement, la carcasse du transformateur peut être éliminé par l'un des moyens suivants:

a) un incinérateur de déchets dangereux approuvé; ou

b) dans un site d'enfouissement chimique. Pour que cette option soit appliquée, le transformateur doit d'abord être rempli par un solvant pendant 18 heures, puis drainé avec soin. Des permis en vertu de la loi sont exigés pour procéder à ce type de décontamination et d'enfouissement.

Les liquides drainés peuvent être incinérés dans un incinérateur de déchets dangereux approuvé.

Transformateurs contaminés par des BPC

Ces transformateurs ne sont pas réglementés à la suite du drainage du liquide contenant des BPC s'écoulant librement. Une carcasse de transformateur contaminé par des BPC peut ainsi être éliminée directement dans un site d'enfouissement municipal ou envoyé à la casse pour le recyclage du métal.

Bien que les carcasses de transformateurs contenant des BPC (>=500 ppm) puissent être éliminées dans un site d'enfouissement chimique, cette option n'est plus populaire en raison de la responsabilité civile éventuelle pour le propriétaire du transformateur si des nettoyages futurs de ces sites d'enfouissement sont exigés. Comme solution de rechange à l'enfouissement et à l'incinération, l'EPA des États-Unis permettra que ces transformateurs contenant des BPC soient fondus pour la récupération du métal après avoir été décontaminés. Le transformateur décontaminé doit respecter la norme de contamination de surface de <=10 ug/100 cm^2 sur toutes les surfaces métalliques.

Le critère de 10 ug/100 cm^2 est fondé sur des études sur les risques pour la santé de l'EPA (Federal Register, 1987) qui ont été entreprises pour évaluer le risque pour la santé humaine des déversements de BPC sur les surfaces à accès restreint de haut contact ou les surfaces de solides industriels. Les critères de nettoyage de surface des solides de l'EPA pour les BPC se trouvent dans le Règlement fédéral 40, Partie 761.12, en vigueur depuis le 4 mai 1987.

Aux États-Unis, il y a également des règlements précis (40CFR761.30 (édition 7-1-90) concernant la reclassification des transformateurs. La vérification du transformateur drainé et rempli doit avoir lieu après un minimum de 3 mois d'usage. Les transformateurs peuvent passer de la catégorie des transformateurs contenant des BPC (>=500 ppm) à celle des transformateurs contaminés par des BPC (50-499 ppm) ou de ces deux catégories à celle des transformateurs sans BPC (<50 ppm).

4.3.2 Critères européens

De façon générale, une norme de plus de 50 ppm de BPC pour définir les matières contenant des BPC est en usage dans la Communauté européenne depuis 1986. Les pays européens n'ont pas encore adopté de critères pour la contamination de surface.

La plupart des pays européens ont accepté l'élimination progressive et le traitement ou la destruction de tout le matériel contenant des BPC d'ici 1999 (Haut Commissariat britannique, 1991). Divers types d'incinérateurs, de pyrolyseurs et d'autoclaves sont utilisés pour décontaminer les vieux transformateurs. Les incinérateurs sont normalement de deux types différents qui touchent l'utilisation finale des composantes métalliques. En Grande-Bretagne, les incinérateurs avec scorification sont les plus populaires. Les scories sont enfouies. Si on utilise un incinérateur sans scorification, le métal peut être recyclé. En Suisse, un pyrolyseur est disponible pour la décontamination des transformateurs en vue du recyclage du métal. En France, les autoclaves de nettoyage par solvant sont populaires et le métal est recyclé ou enfouis (voir l'annexe A pour obtenir plus de détails). Plusieurs pays autorisent la décontamination par solvant des transformateurs pour le recyclage du métal. Les critères de décontamination sont basés sur la concentration de BPC sur le métal en poids (ppm).

En Allemagne, les transformateurs contenant plus de 2 000 ppm de BPC ne peuvent pas être drainés et remplis (en raison des volumes accrus de rinçage engendrés à ces concentrations). Les transformateurs contenant des BPC drainés sont entreposés dans des mines de sel souterraines, les plans demeurant imprécis quant au recyclage futur du métal. Les liquides contenant des BPC sont incinérés dans plusieurs installations allemandes d'incinération de déchets dangereux.

4.4 Limite recommandée pour la contamination de surface des transformateurs

4.4.1 Établissement d'un critère national pour le Canada

Tel que mentionné dans la section 3.2, une limite maximale admissible de concentration de surface des BPC est nécessaire afin de protéger la santé des travailleurs des installations de recyclage du métal (fonderies).

Pour déterminer la concentration maximale admissible de contamination de surface, trois approches peuvent être envisagées (en ordre de priorité):

1) l'établissement d'un critère de contamination de surface admissible qui ne présente pas un risque déraisonnable pour la santé humaine et l'environnement;

2) l'approche de «la meilleure technologie disponible»;

3) l'établissement d'un critère de contamination de surface admissible qui est généralement compatible avec la législation fédérale et provinciale actuelle sur les BPC.

Les trois approches susmentionnées ne s'excluent pas l'une l'autre.

4.4.1.1 Critères basés sur le risque pour la santé humaine et l'environnement

Les estimations de l'exposition utilisées pour évaluer le risque associé à diverses normes de nettoyage des surfaces solides ont été établies pour le bureau des substances toxiques de l'EPA des États-Unis. Dans les établissements industriels intérieurs, l'exposition des humains seraient éventuellement due au contact cutané et à l'inhalation, mais la principale voie d'exposition prévisible serait le contact cutané. L'EPA a estimé que les expositions à l'inhalation pour des niveaux de BPC à l'intérieur de 10 ug/100 cm^2 sont associés à un niveau de risque oncogénique de 1×10^{-6} (1 cas sur 1 000 000 de population) alors que les expositions cutanées au même niveau de BPC sur les surfaces à faible contact sont associées à un risque oncogénique de 1×10^{-5} (Federal Register, 1987).

D'autres calculs de la direction de l'évaluation des expositions de l'EPA indiquent un risque oncogénique de $1{,}6 \times 10^{-5}$ (exposition cutanée) pour les surfaces intérieures à contact élevé contaminées à 10 ug/100 cm^2 (U.S. EPA, 1986).

Enfin, le National Institute of Occupational Safety and Health des États-Unis a signalé 0,5 ug/100 cm^2 comme niveau de BPC ambiant sur les surfaces dures intérieures et qu'à ce niveau les surfaces dures intérieures à contact élevé seraient associées à un niveau de risque oncogénique de 1×10^{-5} et 1×10^{-6} (Federal Register, 1987).

Les évaluations des risques pour la santé tendent à être très conservatrices, faisant appel à des scénarios d'exposition du pire cas. Selon les détails du scénario d'exposition, les niveaux de risque pour la santé varieront, tel que démontré ci-dessus.

D'après les niveaux de risque susmentionnés, l'EPA des États-Unis croit qu'une concentration de surface de $<=10$ ug/100 cm^2 pour les surfaces à contact élevé dans une installation industrielle à accès restreint ne présenterait pas de risques déraisonnables pour les travailleurs ou pour la population en général (Federal Register, 1987).

l'EPA n'a pas spécifier ce qu'est exactement un risque déraisonnable, mais on peut déduire du propos précédent et d'autres documents de l'EPA qu'un risque déraisonnable est généralement considéré comme un risque supérieur à 1×10^{-5}.

L'EPA des États-Unis a établi un critère de contamination de $<=10$ ug/100 cm^2 pour les transformateurs contenant des BPC ($>=500$ ppm) destinés à la récupération du métal (fonte), d'après sa politique sur le nettoyage des déversements de BPC de 1987 (40 CFR 761.12).

4.4.1.2 Critères basés sur la meilleure technologie disponible

Une deuxième approche pourrait être envisagée selon laquelle la plus faible concentration de surface réalisable par la meilleure technologie disponible est la base pour établir un critère de contamination de surface maximale admissible.

Il se peut que cette approche ne soit pas pratique en l'occurrence parce que les diverses techniques utilisées pour décontaminer les transformateurs n'ont pas été évaluées quant au niveau de contamination de surface résiduelle le plus bas réalisable. Toutefois, un examen de l'expérience des États-Unis dans le domaine de la décontamination des transformateurs démontre que la méthodologie permettant de décontaminer les transformateurs contenant des BPC à moins de 10 ug/100 cm^2 n'a été mise au point qu'au cours des dernières années et qu'il y a eu beaucoup d'essais et d'erreurs et que les tentatives de commercialisation de ces méthodes ont échoué.

Une expérience récente au projet de Smithville en Ontario a également démontré que le critère de 10 ug/100 cm^2 peut être difficile à respecter lorsqu'il s'agit de transformateurs contenant des BPC drainés qui ont été entreposés pendant de nombreuses années (en raison de la détérioration des surfaces métalliques). On n'a pas réussi à respecter le critère par le lessivage au solvant mais le décapage au jet de sable répété a permis d'atteindre les résultats requis. En fin de compte, le décapage au jet de sable s'est avéré plus coûteux que l'incinération. La condition des transformateurs de Smithville (qui étaient entreposés à l'extérieur avant que le MOEE prenne charge du site) n'est probablement pas caractéristique des vieux transformateurs entreposés correctement dans des abris conçus pour l'entreposage des BPC, et la méthode de lessivage au solvant utilisée par l'entrepreneur du projet de Smithville ne reflète pas nécessairement le dernier cri de cette méthodologie.

Il semblerait que bien qu'un critère de contamination de surface plus faible puisse être réalisable pour les transformateurs retirés du service récemment, il en coûterait beaucoup plus cher à moins que des procédés de décontamination plus efficaces ne soient mis au point.

4.4.1.3 Critères basés sur la législation actuelle sur les BPC

La législation fédérale et provinciale actuelle, à l'exception de celle de la Saskatchewan, définit un transformateur électrique comme un déchet contenant des BPC si ce transformateur n'est plus en usage et contient des BPC dans le liquide diélectrique dans une concentration de >50 ppm en poids. Les transformateurs électriques contenant un liquide ayant une concentration de BPC de $<=50$ ppm en poids ne sont pas réglementés. Par conséquent, pour s'assurer que le critère de surface est compatible avec les règlements en vigueur, la relation entre la concentration de BPC dans le liquide diélectrique et la contamination de surface par des BPC devrait être connue.

Les données de l'industrie (S.D. Myers, Hydro-Ontario et Hydro-Québec) concernant la distribution des BPC dans les transformateurs à l'huile minérale contaminés démontrent qu'il y a une relation directe entre la concentration de BPC du liquide du transformateur et la concentration de BPC en surface sur les composantes métalliques internes. Comme on peut s'y attendre, les concentrations de BPC en surface augmentent à mesure que les

concentrations augmentent dans le liquide. Malheureusement, les données concernant la distribution des BPC dans les transformateurs de <=50 ppm ne sont pas disponibles. Toutefois, toutes les données de l'industrie indiquent qu'un transformateur de <=50 ppm aurait des concentrations de BPC en surface de beaucoup inférieures à 10 ug/100 cm^2. L'Hydro-Ontario a signalé qu'une analyse de ses données et de celles de l'Hydro-Québec (Ecosomme, 1990 et 1994) indique qu'une contamination de surface de 10 ug/100 cm^2 correspond à une concentration de BPC dans le liquide diélectrique d'environ 200 ppm. Il y a toutefois une dispersion considérable dans les données.

4.4.2 Critère recommandé pour la contamination de surface admissible

Un critère de contamination de surface admissible de 10 ug/100 cm^2 de BPC est recommandé pour les raisons suivantes (en ordre de priorité):

1) il représente un risque raisonnable pour la santé et la sécurité des humains ainsi que pour l'environnement;

2) il peut être respecté (dans la plupart des circonstances) par les procédés de décontamination disponibles commercialement;

3) il est compatible avec l'intention des règlements fédéraux et provinciaux actuels qui font appel à la norme de 50 ppm.

Ce critère est recommandé en fonction d'une application limitée aux composantes métalliques des transformateurs destinées au recyclage dans les fonderies.

On fait également l'hypothèse que l'accès public à ces transformateurs est restreint au cours de la décontamination et des procédés subséquents de recyclage du métal. Aucune restriction n'est imposée quant à la concentration initiale de BPC dans le liquide diélectrique du transformateur, à condition qu'une limite de contamination résiduelle de surface finale de 10 ug/100 cm^2 puisse être atteinte après la décontamination.

Il y a un certain écart quant au degré de risque calculé par l'EPA des États-Unis et divers autres organismes, ce qui n'est toutefois pas inattendu puisque des scénarios d'exposition différents produiront des niveaux de risque différents. Les évaluations des risques tendent à être très conservatrices (les risques sont sur-évalués ou sous-évalués) et, puisque le niveau de risque le plus élevé signalé est de 1×10^{-5} (risque de cancer) et qu'il est en général considéré par l'EPA comme un risque raisonnable, le présent rapport accepte la limite de 10 ug/100 cm^2 comme une limite acceptable pour la protection de la santé humaine.

5.0 NORMES ET PROTOCOLES RECOMMANDÉS POUR LA DÉCONTAMINATION

Dans les chapitres précédents de ce rapport, nous avons examiné les pratiques de gestion des transformateurs contenant des BPC au Canada et ailleurs. On a conclu qu'une concentration de BPC de 50 ppm dans le liquide diélectrique est presque la norme universelle pour distinguer un transformateur contant des BPC d'un transformateur sans BPC et que le critère

de <=10 ug/100 cm^2 de BPC semble être une limite de contamination de surface réalisable sur le plan technologique et admissible en regard des risques pour la santé pour le métal destiné au recyclage.

Puisqu'il existe des dizaines de milliers de transformateurs contenant des BPC à administrer au Canada, il est important de mettre au point des protocoles de gestion pour leur réutilisation, leur recyclage et leur élimination, qui permettront la décontamination efficace et rentable des transformateurs et qui reconnaîtront les différents risques éventuels pour la santé et l'environnement posés par les deux principaux types de transformateurs contenant des BPC, c'est à dire ceux à l'huile minérale contaminée par des BPC à faible concentration et ceux à l'askarel à concentration élevée.

5.1 Protocoles pour la décontamination des transformateurs à l'huile minérale contaminée par des BPC pour réutilisation, recyclage et élimination

Les petits transformateurs à l'huile minérale sur poteau représentent la majorité des transformateurs contenant des BPC. L'Hydro-Ontario estime (P. Guimond, 1994) qu'elle a 38 000 de ces transformateurs à l'huile minérale de l'ordre de 50 à 500 ppm de BPC toujours en usage. Bien que le nombre de transformateurs de ce type soit élevé, ils ne représentent qu'une petite portion de l'inventaire totale des BPC (sur une pure base de BPC, tel qu'indiqué à la section 2.1) et des risques pour l'environnement et la santé en raison de leur faible degré de contamination par des BPC. Des moyens rentables d'administrer ce type de transformateur sont essentiels si l'ont veut un coût-avantage réaliste pour le public (en supposant que les coûts de gestion des BPC se reflètent dans les coûts de l'électricité).

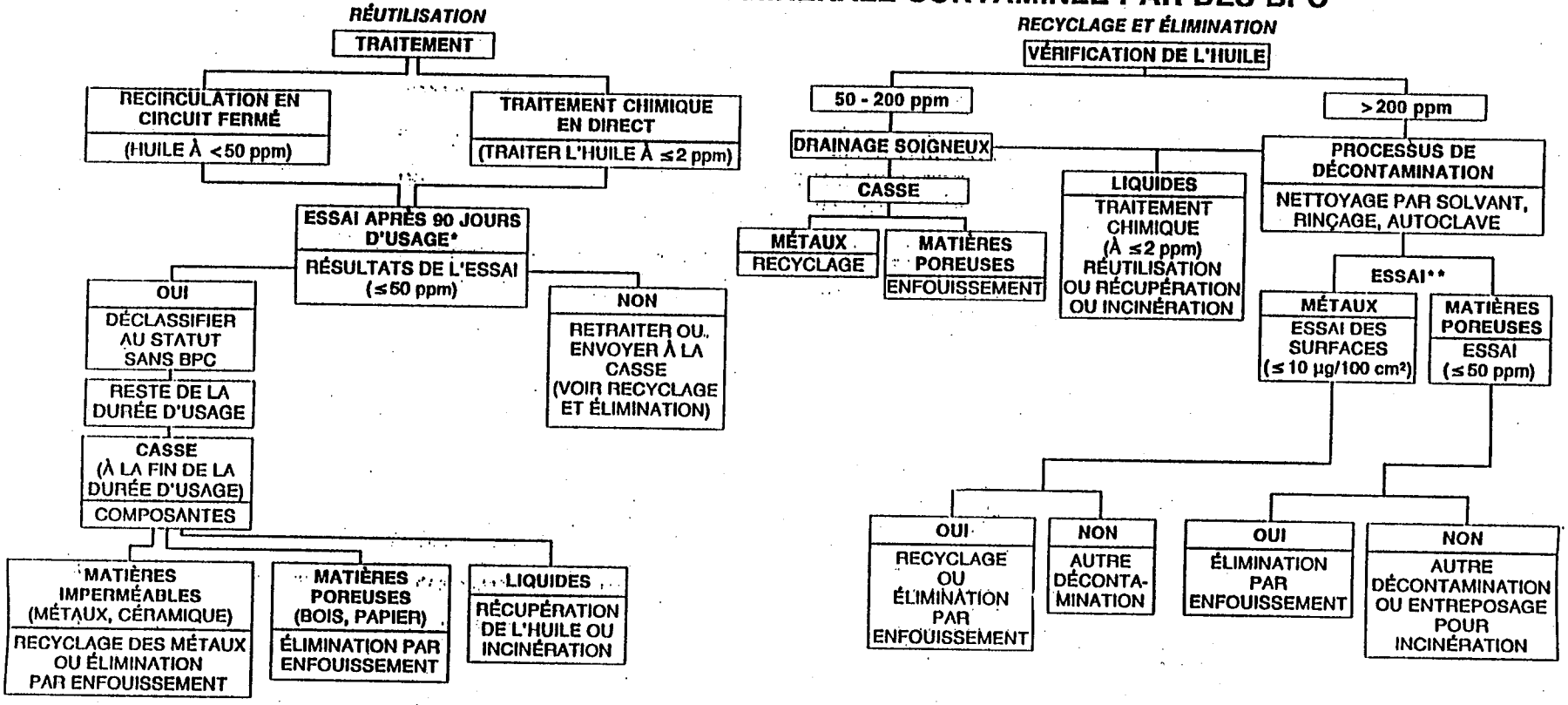
La figure 5.1 illustre les protocoles recommandés pour la réutilisation, le recyclage et l'élimination des transformateurs à l'huile minérale contaminée par des BPC.

5.1.1 Protocoles de réutilisation des transformateurs à l'huile minérale contaminée

Tel que mentionné à la section 2.0 et comme on le verra à l'annexe A, les technologies de décontamination des transformateurs à l'huile minérale contaminée par des BPC au Canada pour réutilisation sont répandues. L'expérience de l'industrie a révélé que si l'huile minérale du transformateur est demeurée (pendant son usage) à une concentration de BPC de moins de 50 ppm 90 jours après le processus de décontamination, il est peu probable qu'elle dépasse 50 ppm pendant le reste de son utilisation. Toutefois, plus la concentration de BPC est élevée dans le liquide original, plus il y a possibilité d'échec de la décontamination, à moins que des mesures supplémentaires ou répétées soient prises.

Les études de l'industrie (EPRI, 1989) ont démontré que par un drainage soigneux, 90 à 95 % des BPC d'un transformateur peuvent être enlevés. Par conséquent, pour les transformateurs contenant <=500 ppm de BPC, un bon drainage devrait donner une concentration dans le nouveau liquide de pas plus de 50 ppm (ex., représentant une élimination de 90 % par le drainage et supposant le remplissage avec de l'huile minérale propre). Cette conclusion est renforcée par l'effet de «remise en solution» (décrit à l'annexe A) par lequel les méthodes de décontamination par recirculation en circuit fermé simple entraînent une nouvelle contamination de 10 % du liquide du transformateur.

PROTOCOLES POUR LA RÉUTILISATION, LE RECYCLAGE ET L'ÉLIMINATION DES TRANSFORMATEURS À L'HUILE MINÉRALE CONTAMINÉE PAR DES BPC



NOTES

* Les propriétaires de transformateurs qui ont démontré aux autorités réglementaires que leur méthodologie de recirculation en circuit fermé assure :
i) l'élimination d'au moins 90 % du liquide original par un drainage soigneux; et
ii) la concentration du liquide de remplacement à inclure dans le calcul de la concentration de BPC finale du liquide du transformateur,
sont autorisés à procéder (par un permis spécial) directement à la déclassification sans essai de 90 jours pour les transformateurs dont les concentrations de BPC initiales sont supérieures ou égales à 500 ppm.

** Les propriétaires de transformateurs qui ont démontré aux autorités réglementaires que leurs méthodes de décontamination donnent ≤50 ppm dans les matières poreuses et ≤10 µg/100 cm² sur les surfaces métalliques devraient être autorisés (par un permis spécial) à procéder directement à l'envoi à la casse sans autre essai pour les transformateurs ayant des concentrations de BPC initiales de 200 à 500 ppm.

FIGURE 5.1

Puisque l'essai des transformateurs après la recirculation en circuit fermé (essai de 90 jours) représente un coût considérable pour les propriétaires ayant de grandes quantités de ces transformateurs, on devrait renoncer à l'essai de 90 jours pour les transformateurs à l'huile minérale de <=500 ppm (concentration originale) si le propriétaire a démontré, par des études contrôlées, l'efficacité de la technique de recirculation en circuit fermé. Le processus de recirculation en circuit fermé approuvé devrait être assujetti à un certificat d'approbation ou à un permis remis par une autorité réglementaire et faire l'objet d'une vérification interne et d'une vérification externe.

Le présent rapport ne recommande pas l'établissement d'une procédure de recirculation en circuit fermé standard par les organismes de réglementation à cause des limitations que cela imposerait aux entreprises de services publics et aux entrepreneurs; on croit plutôt que des critères de rendements et une capacité démontrée sont des approches préférables.

Il vaut la peine de noter qu'avec ou sans l'essai de 90 jours, certains transformateurs à l'huile minérale n'auront pas <=50 ppm un certain temps après le processus de recirculation en circuit fermé. Cela est attribuable à la grande variété de dimensions des transformateurs, aux conceptions, aux quantités de matériel poreux et aux méthodes de recirculation en circuit fermé inadéquates. Des études ont indiqué que pendant la période de 90 jours, la charge électrique (EPRI, 1989) et la température élevée (Husain et al., 1991) accélèrent la désorption des BPC du noyau de transformateur et contribuent par conséquent à atteindre un équilibre des BPC dans le transformateur au cours de la période de 90 jours. Ces mesures d'aide sont particulièrement importantes pour les transformateurs à l'huile minérale de plus de 500 ppm afin de déterminer les échecs de décontamination au cours de la période d'essai de 90 jours.

Pour les propriétaires qui veulent décontaminer des transformateurs de <=500 ppm sans l'essai de 90 jours, il est absolument important que leurs méthodes de recirculation en circuit fermé ainsi que leur programme d'assurance de la qualité soient adéquats afin de garantir relativement peu d'échecs. Plus particulièrement, si les propriétaires utilisent de l'huile minérale pour la recirculation en circuit fermé qui est contaminée par des BPC (sauf <=50 ppm), la concentration de BPC de ce nouveau liquide de remplissage doit être incluse dans le calcul de la concentration finale de BPC dans le liquide.

Éventuellement, tous les transformateurs décontaminés atteindront la fin de leur durée d'usage et seront envoyés à la casse. La question qui se pose est de savoir si nous pouvons prendre pour acquis que les transformateurs à l'huile minérale qui ont été décontaminés (à moins de 50 ppm) pour réutilisation pourraient respecter un critère de 10 ug/100 cm^2 pour la contamination de surface et de moins de 50 ppm pour le matériel poreux (bois et papier). Les données de l'industrie (EPRI, 1989) indiquent que le processus d'équilibre (entre le liquide du transformateur et les autres matières internes) pour les surfaces métalliques se déroule très rapidement (en quelques jours). Le processus est plus lent pour le papier et le bois, mais de moins de 90 jours pour les transformateurs à l'huile minérale (Husain et al., 1991).

Puisque les composantes métalliques du transformateur à l'huile minérale décontaminé respecteront le critère recommandé de contamination de surface de <=10 ug/100 cm^2 et que

les matières de bois et de papier respecteront le critère de <=50 ppm pour les matières solides sans BPC, ces transformateurs devraient être acceptés pour le recyclage du métal ou l'enfouissement. Le recyclage est préféré puisqu'on récupère une ressource et que les températures élevées du processus de fonte décontamineront complètement le métal.

5.1.2 Protocoles de recyclage et d'élimination des transformateurs à l'huile minérale contaminée

Les méthodes de décontamination des vieux transformateurs sont décrites à l'annexe A et conviennent à la décontamination des transformateurs à l'huile minérale à condition que les résultats indiquent que la contamination de surface est de <=10 ug/100 cm^2 pour les matières imperméables et que la concentration de BPC est de <=50 ppm pour les matières poreuses.

Quant au protocole de réutilisation, il est important de considérer si des mesures peuvent être prises pour réduire le coût de gestion de ces transformateurs.

Les données de l'Hydro-Ontario (Husain, 1992) indiquent qu'en général, le niveau de contamination de surface de 10 ug/100 cm^2 correspond à peu près à une concentration de 400 ppm de BPC dans le liquide diélectrique (bien qu'il y ait une dispersion considérable dans les données) et une concentration de 50 ppm dans les matières poreuses correspond à une concentration d'environ 200 ppm de BPC dans le liquide diélectrique.

Par conséquent, il peut être raisonnable que la réglementation envisage de permettre que les transformateurs à l'huile minérale de <=200 ppm soient drainés puis envoyés à la casse sans autre essai pour les surfaces métalliques ou les matières poreuses. Cette considération est recommandée par Proctor et Redfern et présentée à la figure 5.1.

Pour les transformateurs contenant plus de 200 ppm de BPC, une certaine forme de procédé de décontamination est requise pour réduire les matières poreuses à <=50 ppm et s'assurer que les concentrations de BPC des surfaces métalliques sont à 10 ug/100 cm^2 (voir le protocole d'essai par frottis à l'annexe B). Encore là, il semblerait pratique et rentable de permettre aux propriétaires de grandes quantités de transformateurs de renoncer aux exigences relatives à la vérification des surfaces et des matières poreuses (pour les transformateurs contenant de 200 à 500 ppm de BPC) s'ils peuvent démontrer une méthode de décontamination qui donne des résultats fiables de <=50 ppm dans les matières poreuses et de <=10 ug/100 cm^2 sur les surfaces métalliques. La méthode de décontamination approuvée et les aspects relatifs au contrôle de la qualité devraient être assujettis à un certificat d'approbation ou à un permis. Encore là, comme dans la section 5.1.1, le présent rapport ne recommande pas l'établissement d'une procédure réglementée standard pour la décontamination mais on croit plutôt que des critères de rendement et une capacité démontrée offrent la souplesse que les propriétaires et les entrepreneurs voudront.

5.2 Protocoles pour la décontamination des transformateurs à l'askarel pour réutilisation, recyclage et élimination

La figure 5.2 illustre les protocoles recommandés pour la décontamination des transformateurs à l'askarel pour réutilisation, recyclage et élimination.

5.2.1 Protocoles de réutilisation des transformateurs à l'askarel

Tel que décrit précédemment dans la section 2.0 et comme on le verra à l'annexe A, les transformateurs à l'askarel en usage peuvent être décontaminés (sur une période de traitement de 12 à 24 mois) pour donner un liquide diélectrique contenant moins de 50 ppm de BPC à 90 jours après la fin du traitement. Toutefois, les études (Myers et al., 1991) sur les premières tentatives de décontaminer ces transformateurs ont démontré que le liquide diélectrique ne peut pas demeurer à cette concentration de BPC à 90 jours pour le reste de la durée d'usage du transformateur. Ces premiers échecs semblent être le résultat de la cessation du procédé de décontamination avant que l'équilibre entre le liquide et les matières poreuses soit atteint.

Cette augmentation de la concentration de BPC dans le liquide diélectrique après 90 jours est attribuable à la lente remise en solution des BPC dans le liquide diélectrique à partir des matières poreuses du transformateur. Pour certains anciens transformateurs à l'askarel décontaminés, les concentrations de BPC dans le liquide diélectrique étaient aussi élevées que 500 ppm et dans le bois, aussi élevées que 26 000 ppm au moment de l'envoi à la casse (Myers et al., 1991).

À la lumière de ces données, le présent rapport recommande une modification de l'essai après 90 jours d'usage pour les transformateurs à l'askarel, modification qui stipulerait un autre essai du transformateur en usage chaque année pendant trois ans après la fin du procédé

de décontamination. Si pour quelque raison le transformateur n'est pas en usage (énergisé) pendant la période de 90 jours, il devrait être entreposé à des températures internes comparables pendant la période d'essai de 90 jours. Contrairement à la situation des transformateurs à l'huile minérale contaminée (voir la section 5.1), les exigences relatives à la vérification des transformateurs à l'askarel (précisées ci-dessus) ne sont pas onéreuses financièrement pour les propriétaires en raison de la quantité relativement réduite de transformateurs à l'askarel (comparativement aux transformateurs à l'huile minérale) et par rapport au coût considérable de décontamination des transformateurs à l'askarel en usage.

En outre, si le silicone est utilisé comme liquide diélectrique final après la décontamination (plutôt que de le laisser dans le liquide d'extraction) la vérification du liquide au silicone devrait alors se faire pendant dix ans à des intervalles de cinq ans. Le statut de transformateur sans BPC reviendrait au statut de transformateur contenant des BPC si les essais à n'importe quel moment indiquent que la concentration de BPC dans le liquide diélectrique est supérieure à 50 ppm.

À la fin de leur durée d'usage, les vieux transformateurs à l'askarel qui ont été décontaminés (ex., s'ils ont passé le test de trois ou dix ans recommandé ci-dessus) pendant qu'ils étaient

PROTOCOLES POUR LA RÉUTILISATION, LE RECYCLAGE ET L'ÉLIMINATION DES TRANSFORMATEURS À L'ASKAREL

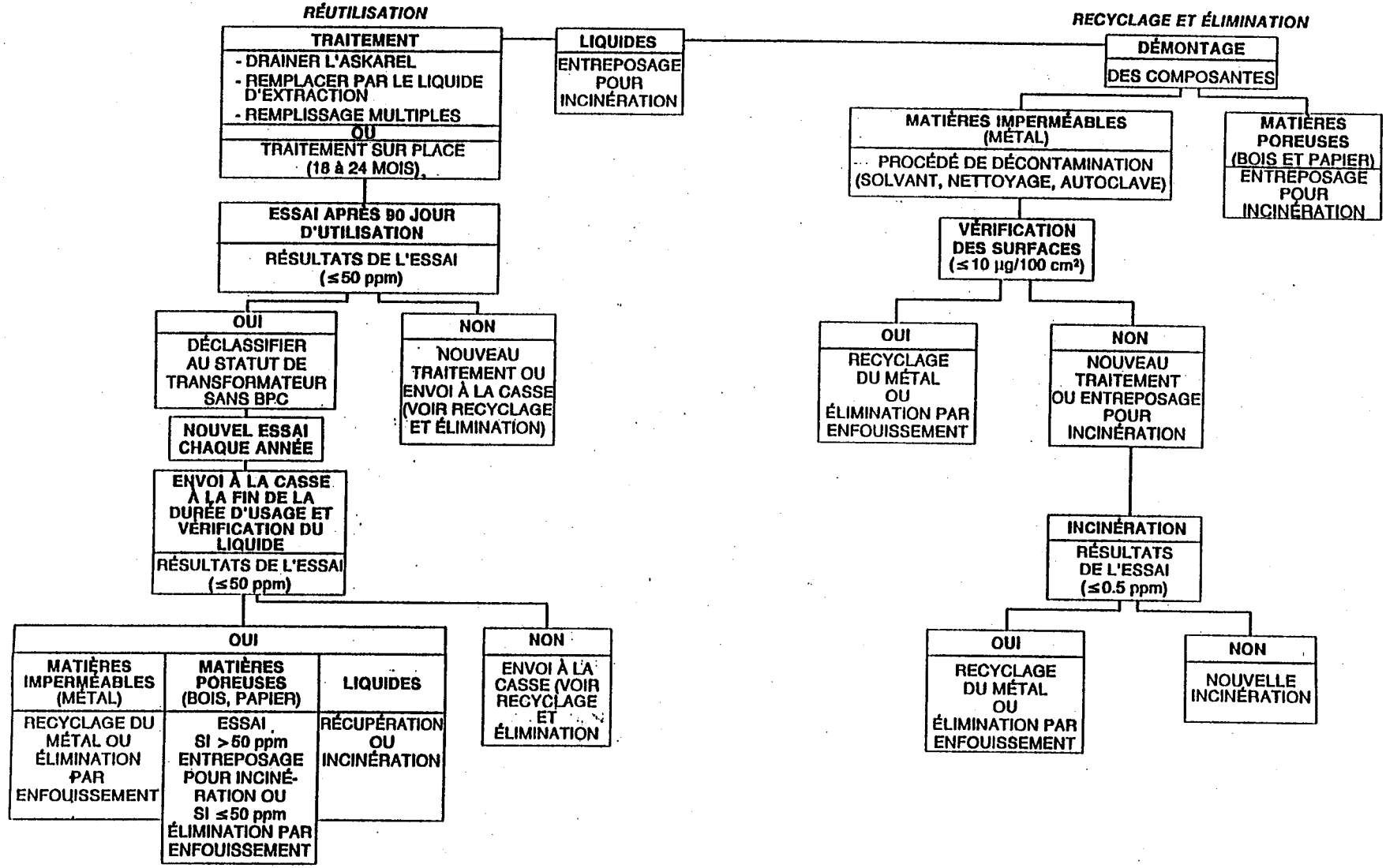


FIGURE 5.2

en usage, seront enlevés du service et pourraient être envoyés à la casse. Devant le problème susmentionné, le présent rapport recommande que le liquide diélectrique de ces transformateurs fasse l'objet d'essais visant à vérifier la situation des transformateurs quant aux BPC. Si la concentration est inférieure ou égale à 50 ppm, ils pourraient servir au recyclage du métal puisque l'expérience de l'industrie a démontré que la contamination des surfaces métalliques sera inférieure à 10 ug/100 cm^2. Toutefois, on manque de données empiriques sur les matières poreuses. À moins d'une démonstration du contraire, ces matières devraient être considérées comme des déchets contenant des BPC (i.e., >50 ppm) et être séparées et entreposées correctement, ou détruites par des méthodes approuvées.

5.2.2 Protocoles de recyclage des transformateurs à l'askarel

Les méthodes de décontamination permettant de préparer les transformateurs à l'askarel pour le recyclage sont décrites à l'annexe A. En raison de la concentration élevée de BPC dans l'askarel et de la décontamination plus difficile des surfaces imperméables et des matières poreuses, une vérification des surfaces et des matières poreuses est nécessaire.

Les surfaces métalliques doivent être échantillonnées par frottis selon la méthodologie d'échantillonnage figurant à l'annexe B. Les matières poreuses (bois et papier) doivent être considérées comme des déchets contenant des BPC (i.e, >50 ppm) à moins d'une démonstration du contraire.

5.3 Enfouissement des transformateurs à l'huile minérale

Le recyclage des transformateurs pour la récupération du métal devrait toujours être encouragé comme solution appropriée pour l'environnement. Si cette solution n'est pas possible, la dernière recours est l'élimination des carcasses de transformateurs par enfouissement. Bien que l'EPA des États-Unis autorise l'élimination des transformateurs contenant moins de 500 ppm de BPC en drainant simplement les liquides puis en enfouissant la carcasse intacte, une approche plus conservatrice est adoptée dans le présent rapport. Il est recommandé que les transformateurs contenant plus de 200 ppm de BPC destinés à l'enfouissement soient assujettis aux mêmes méthodes de nettoyage que les transformateurs contenant des BPC destinés au recyclage et aux mêmes limites de contamination, c'est-à-dire >=10 ug/100 cm^2 pour les parties imperméables et <=50 ppm pour les matières poreuses. On devrait autoriser l'enfouissement des transformateurs ayant <=200 ppm de BPC après un drainage complet des liquides diélectriques.

6.0 RÉFÉRENCES

Haut Commissariat britannique, 1991, communication personnelle avec M. Dorg, section économique et commerciale, Ottawa, 22 mars 1991.

Forum canadien de l'électricité, 1987, Solutions pratiques aux problèmes de BPC de l'industrie.

CCME, 1989, Lignes directrices pour la gestion des déchets contenant des biphényles polychlorés (BPC), CCME-TS/WN-TRE008, Manuel EPS 9/HA/1 (révisé), septembre 1989.

Deschênes, D., 1991, Ministère de l'Environnement du Québec, Québec, communication personnelle.

ENSR, 1988, Caractérisation de la distribution des BPC dans un transformateur reclassifié de système 50, août 1988.

Environnement Canada, 1992, Inventaire national des BPC en usage et des déchets contenant des BPC en entreposage au Canada, rapport sommaire.

EPRI, 1989, PCB Residues in Transformer Carcasses, Electric Power Research Institute, EL-6237, août 1989.

Federal Register, 1987, Polychlorinated Biphenyls Spill Cleanup Policy; Final Rule, Vol. 52, No 63, jeudi le 2 avril 1987, Rules and Regulations.

Frey, P., 1986, PCB Contaminated Distribution Transformer Reclassification Study, Baltimore Gas and Electric Company, Electric Test Department.

Guimond, P., 1994, Lettre de P. Guimond, directeur des relations gouvernementales, Association canadienne de l'électricité, à D. Campbell, Environnement Canada, 10 janvier 1994.

Husain, A. et Mowat, R., 1991, Inventory of BPCs in Pole Top Transformers, Division de la recherche de l'Hydro-Ontario.

Husain, A., 1992, Lettre à R.W. Glass, 28 octobre 1992, intitulée PCB Contamination in Pole Top Transformers, Division de la recherche de l'Hydro-Ontario.

Myers, D. et Kelly, J., Why Not Retrofill PCB Transformers?, exposé présenté à la 58e conférence internationale annuelle des clients de Doble.

U.S. EPA, 1978, Microeconomic Impacts of the Proposed PCB Ban Relulations, EPE 560/6-77-035 (Washington, 1978).

U.S. EPA, 1986, Cleanup of PCB Spills Located Indoors, Correspondance de K.A. Hammerstrom, Direction de l'évaluation des expositions, à Jane Kim, Direction de la réglementation des produits chimiques, 5 février 1986.

U.S. EPA, 1991, communication personnelle avec J. Canterbury, EPA, Washington, 13 novembre 1991.

ANNEXE A

Technologies de décontamination

ANNEXE A

A.0 TECHNOLOGIES DE DÉCONTAMINATION

A.1 Méthodes de décontamination des transformateurs à l'huile minérale en usage

Les méthodes de décontamination des transformateurs à l'huile minérale demandent la recirculation en circuit fermé ou un traitement chimique sur place. Le transformateur pourrait aussi être remplacé, mais s'il est en bon état de fonctionnement et si les charges du système peuvent demeurer les mêmes, l'option du remplacement est habituellement exclue en faveur de l'une des méthodes de décontamination.

Le choix de la méthode de la recirculation en circuit fermé dépend:

- de la concentration initiale de BPC dans l'huile;
- de la nécessité, s'il y a lieu, de maintenir le système énergisé (aucune interruption);
- du nombre et de la taille des transformateurs en question; et
- de la question de savoir si la réutilisation de l'huile est souhaitée.

La reclassification d'un transformateur à un statut de transformateur sans BPC (conformément à la plupart des normes provinciales et des règlements américains, 40 CFR 761.30 (édition du 7-1-90)) nécessite que la concentration de BPC dans le liquide diélectrique du transformateur soit <=50 ppm, un minimum de 90 jours après que la décontamination a été faite. La raison du minimum de 90 jours de période d'attente est qu'il faut tenir compte de la «remise en solution» des BPC du noyau du transformateur dans le liquide diélectrique du transformateur. Des BPC résiduels se retrouvent absorbés dans le bois, le papier et les espaces intérieurs des structures laminées et des enroulements du transformateur. Avec le temps, ces résidus sortent et se mélangent avec l'huile minérale propre ou traitée. Le procédé d'extraction est continu mais il est presque complet après 90 jours de fonctionnement du transformateur. Les pourcentages approximatifs de remise en solution (de la concentration originale de BPC avant la décontamination) associés aux diverses méthodes de décontamination des transformateurs à l'huile minérale ayant des concentrations initiales de BPC de 500 ppm sont les suivants:

- En direct dans une unité mobile de traitement des produits chimiques en mode énergisé ou non énergisé, on peut s'attendre à une remise en solution d'environ 3 à 5 %.

- Dans le cas de la recirculation en circuit fermé avec un volume de 1,5 d'huile minérale chaude propre, on peut s'attendre à une remise en solution d'environ 5 %.

- Dans le cas de la recirculation en circuit fermé à froid avec un volume d'huile minérale propre à trois reprises, on peut s'attendre à une remise en solution d'environ 10 %.

- Dans le cas du remplissage avec un volume d'huile minérale propre, on peut s'attendre à une remise en solution d'environ 15 %.

Après ces considérations techniques, la méthode de traitement employée est grandement influencée par des facteurs économiques. Par exemple, il est préférable d'utiliser de l'huile minérale propre)< =2 ppm) dans le procédé de recirculation en circuit fermé puisque c'est la concentration différentielle de BPC entre le liquide de remplissage et les composantes internes du transformateur qui, en grande partie, détermine la rapidité du processus de décontamination; toutefois, pour des raisons économiques, certaines entreprises d'électricité préfèrent utiliser de l'huile minérale à < =50 ppm pour la recirculation en circuit fermé. La concentration de BPC de cette huile minérale doit être incluse dans le calcul de la concentration finale du liquide du transformateur.

Les transformateurs ayant un contenu de BPC initial dans l'huile minérale de plus de 1 000 ppm peuvent nécessiter plusieurs traitements (espacés de plusieurs mois) avant qu'on puisse atteindre une décontamination inférieure à 50 ppm.

La recirculation en circuit fermé des transformateurs doit se faire selon des conditions contrôlées afin de prévenir les dommages au transformateur et d'optimiser l'enlèvement efficace des BPC.

A.2.1 Décontamination des transformateurs à l'askarel en usage

La décontamination des transformateurs à l'askarel en usage, ayant des concentrations de BPC de 40 à 80 %, se réalise normalement par une série de remplissages ou par des méthodes de traitement sur place. En raison du problème de la remise en solution, le remplissage avec de l'huile minérale n'est pas économique (et produit de grandes quantités de liquide d'extraction contaminé) pour la décontamination des transformateurs à l'askarel.

Ces dernières années, de nouvelles approches novatrices de recirculation en circuit fermé ont été introduites, basées sur le remplacement de l'askarel original par un liquide d'extraction de BPC spécial qui sert en même temps de liquide diélectrique. Les détails de ces diverses méthodes ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients figurent ci-après.

<u>Recirculation en circuit fermé en série</u>: Dans le cas de l'option de la recirculation en circuit fermé en série, le procédé se déroule comme suit:

- Le transformateur est désénergisé et retiré du service.

- L'askarel est ensuite drainé, entreposé ou envoyé pour destruction (incinération si possible).

- Les joints d'étanchéité du transformateur sont changés.

- L'unité est nettoyée avec un solvant.

- L'unité est rempli d'un liquide provisoire qui sert de solvant de BPC et de liquide diélectrique.

- L'unité est réénergisée et remise en service. Avec le temps, les BPC passent des composantes internes dans le liquide.

- Après une certaine période (habituellement quelques mois), l'unité est désénergisée, le liquide provisoire est drainé et l'unité est remplie.

- Le procédé est répété de trois à sept fois au besoin pour atteindre un niveau de BPC final dans le liquide de moins de 50 ppm (habituellement beaucoup moins, soit moins de 10 ppm).

- Le transformateur est reclassifié comme transformateur sans BPC si, après un minimum de 90 jours, le liquide diélectrique est encore à moins de 50 ppm.

- Le liquide final (silicone ou, souvent, liquide d'extraction) est placé dans le transformateur.

Ce procédé peut demander de 12 à 24 mois ou plus. Le liquide contaminé par des BPC résultant de l'opération doit être entreposé ou incinéré. Au Canada, l'incinération du liquide contaminé n'est offerte qu'en Alberta.

L'expérience de l'industrie a démontré que certains transformateurs décontaminés par cette méthode peuvent ne pas continuer à demeurer sous les 50 ppm après la période d'essai de 90 jours (voir la section 5.2.1).

Traitement sur place: Selon cette option, on emploie un processeur pour enlever les BPC du liquide diélectrique par distillation. Le procédé initial est semblable à celui de la méthode de la recirculation en circuit fermé en série par laquelle le transformateur est retiré du service pendant environ 24 heures, drainé de son askarel et muni de nouveaux joints d'étanchéité. Il est ensuite rempli avec le liquide d'extraction de BPC spécial, relié au processeur et remis en service. Le processeur a deux fonctions. Il fait circuler le liquide dans le transformateur, favorisant l'extraction des BPC des composantes internes tout en distillant le liquide qui circule et en séparant les BPC. Le procédé de distillation continue maintient le liquide d'extraction à des niveaux de concentration de BPC faibles. C'est la concentration de BPC différentielle entre le liquide et les parties internes du transformateur qui entraîne le processus d'extraction. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que la concentration de BPC résiduels dans le liquide d'extraction demeure bien en-deçà de 50 ppm. Un moniteur à distance peut servir à suivre l'évolution de l'enlèvement des BPC. À la fin de la période de traitement, habituellement de 18 à 24 mois, le processeur est débranché et le transformateur commence une période d'usage de 90 jours. Après vérification à la fin de la période de 90 jours, si la concentration de BPC est inférieure à 50 ppm, le transformateur est reclassifié pour devenir un transformateur sans BPC. Toutefois, l'expérience de l'industrie a démontré

que certains transformateurs peuvent ne pas demeurer sous 50 ppm après la période d'essai de 90 jours en raison de la cessation prématurée du processus (voir la section 5.2.1).

Selon le choix initial du liquide d'extraction, un deuxième drainage pour le remplacer par un liquide diélectrique permanent peut s'avérer nécessaire ou non. Si un liquide ininflammable approuvé par Factory Mutual ayant des propriétés de refroidissement semblables à celles de l'askarel est utilisé pour le traitement, ce liquide peut rester dans le transformateur de façon permanente. Dans ce cas, le seul drainage requis sera celui effectué pour le premier remplissage. Si on ne choisit pas un liquide de ce genre, un bref drainage est nécessaire pour le remplacer par un liquide diélectrique comme le silicone.

Pour le moment au Canada seulement Rondar (franchisé de ENSR) et Westinghouse offrent la décontamination des transformateurs à l'askarel en usage.

A.3 Décontamination des vieux transformateurs contenant des BPC

A.3.1 Généralités

Aux fins du présent rapport, un vieux transformateur contenant des BPC est défini comme tout transformateur qui a été retiré du service en permanence et qui contient ou a contenu avant son drainage pour l'entreposage des liquides contenant plus de 50 ppm de BPC. Par conséquent, cette définition comprend les carcasses de transformateurs qui ont contenu de l'askarel ou de l'huile minérale contaminée. Au Canada, on estime qu'il y a environ 3 750 transformateurs à l'askarel et 3 100 transformateurs à l'huile minérale contaminée en entreposage (Environnement Canada, 1992).

La décontamination des transformateurs à l'huile minérale contaminée par des BPC en usage aura probablement pour résultat un nombre de beaucoup inférieur de ces transformateurs nécessitant un traitement pour les déchets contenant des BPC.

Il existe deux solutions pratiques pour l'élimination d'un transformateur (ou de ses composantes) après sa décontamination: les pièces métalliques peuvent être recyclées par fusion ou le transformateur peut être enfoui. Les règlements concernant l'utilisation finale ou l'élimination des transformateurs décontaminés varient d'un pays à un autre et d'une province à une autre.

A.3.2 Méthodes de décontamination des vieux transformateurs contenant des BPC

Fondamentalement, ces méthodes de décontamination consistent en une forme de nettoyage par solvant du transformateur démonté ou en une forme de procédé de chauffage et d'incinération utilisé pour vaporiser et détruire ensuite les BPC. Ces technologies et ces méthodes sont décrites plus en détail dans les sous-sections suivantes.

A.3.2.1 Décontamination par solvant des vieux transformateurs

Il existe diverses méthodes de décontamination par solvant, dont certaines reposent lourdement sur des moyens relativement peu sophistiqués ou manuels comme le trempage et

le drainage des pièces démontées, et d'autres nécessitant des installations plus sophistiquées comme les autoclaves. Actuellement aux États-Unis, on a tendance à compter davantage sur les méthodes manuelles qui supposent habituellement les étapes suivantes:

i) Le transformateur contenant des BPC est habituellement d'abord drainé de son liquide diélectrique là où il est installé. Le liquide diélectrique est ensuite entreposé ou envoyé dans un incinérateur approuvé pour être détruit.

ii) La carcasse du transformateur est ensuite transportée à l'installation de décontamination par solvant.

iii) À son arrivée, le transformateur est correctement étiqueté à des fins de suivi et on procède à un premier dégraissage ou drainage par solvant afin d'enlever les liquides contenant des BPC résiduels et réduire l'exposition des travailleurs.

iv) Le dessus du transformateur est ensuite enlevé en le coupant à froid et le noyau est enlevé de l'enveloppe et séparé en ses diverses composantes, par exemple le noyau laminé, les enroulements, les fils, les douilles, le bois, le plastique et les isolateurs.

v) Les composantes métalliques destinées à la fonte font l'objet d'une série de rinçages vigoureux au solvant afin de respecter les critères de décontamination de surface établis par l'organisme de réglementation.. Le solvant est normalement régénéré par distillation.

vi) Les liquides contenant des BPC récupérés et les éléments combustibles (principalement le bois, le papier et le plastique) sont expédiés dans un incinérateur de déchets dangereux approuvé pour élimination.

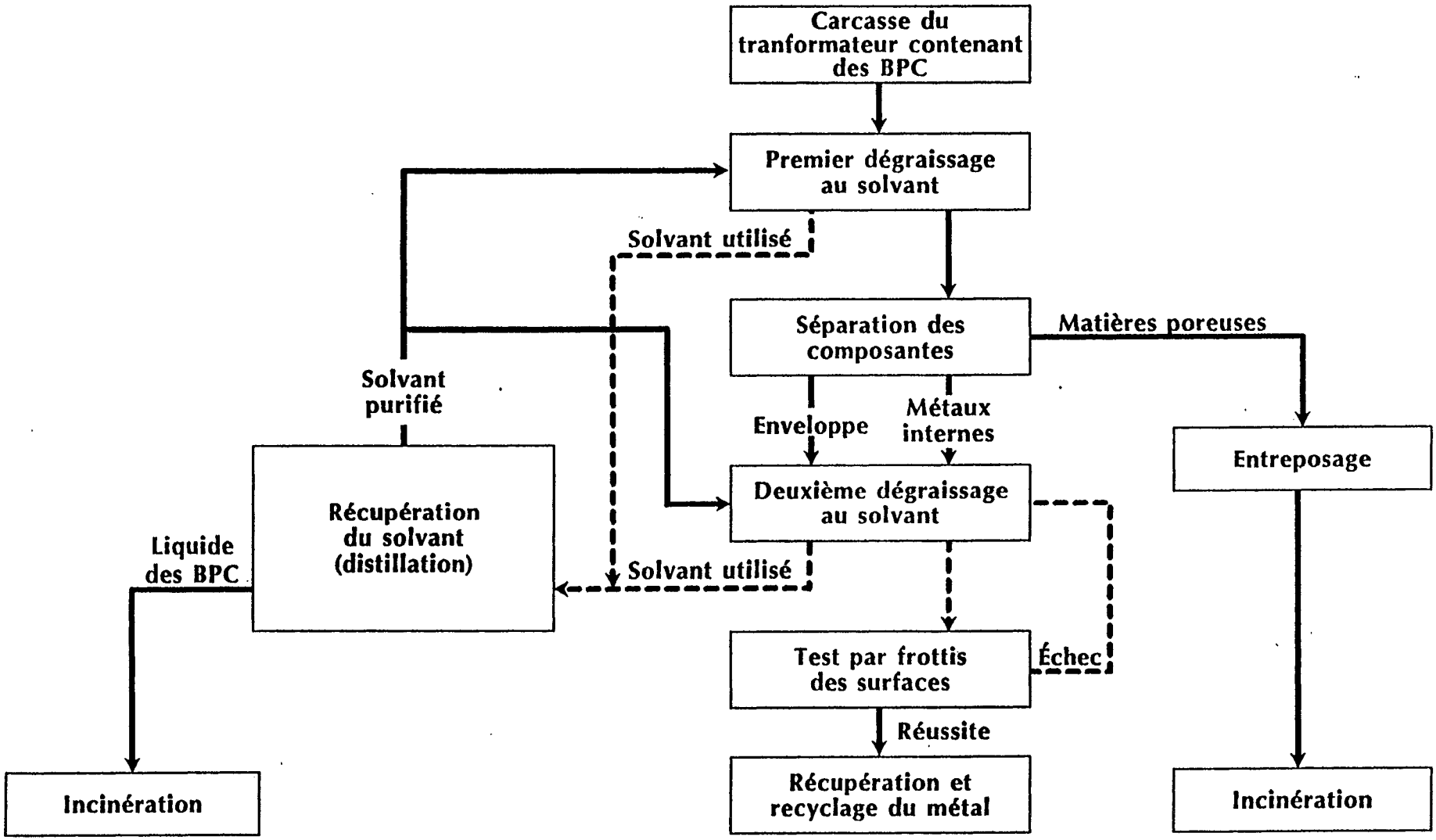
vii) Des tests par frottis sont ensuite effectués sur les composantes métalliques nettoyées. Dans certains cas, la concentration de BPC est évaluée en fonction du poids.

viii) Les composantes métalliques qui respectent les critères de décontamination de surface des BPC sont ensuite expédiées dans une installation de recyclage du métal pour être fondues.

Le nombre de rinçages au solvant nécessaire pour la décontamination des composantes du transformateur dépend en grande partie de la teneur en BPC du liquide diélectrique original. Par exemple, les transformateurs ayant des liquides du genre de l'askarel nécessitent plus de rinçages intensifs que ceux qui contenaient de l'huile minérale contaminée par des BPC.

La figure A-1 illustre un schéma représentant le procédé de décontamination au solvant employé par des entreprises des États-Unis. Dans ce pays, trois entreprises ont un permis de l'EPA pour exploiter des installations de décontamination au solvant pour les transformateurs de >=500 ppm destinés au recyclage du métal. Toutes les installations sont stationnaires, soit:

FIGURE A.1 Décontamination des transformateurs par PROCÉDÉS DE DÉGRAISSAGE AU SOLVANT aux États-Unis - Installations stationnaires



- Union Transformer Services Inc., Ashtabula, Ohio; Yarington, Névada; Kansas City, Kansas;

- Aptus Inc., Coffeyville, Kansas;

- Transformer Consultant Ltd. (S.D. Myers), Akron, Ohio.

Pour les propriétaires de BPC qui s'intéressent aux responsabilités futures associées aux transformateurs de 50 à 499 ppm, ces entreprises offrent également la décontamination de ces transformateurs selon les mêmes exigences relatives au recyclage que pour les transformateurs de >=500 ppm (i.e., <=10 ug/100 cm^2).

Au Canada, Chem-Security (Alberta) Ltd. a entrepris des études pilotes sur la décontamination au Centre de traitement des déchets spéciaux albertain de Swan Hills, mais n'a pas commercialisé le procédé en raison de la difficulté à contrôler les émissions fugitives. Un procédé de décontamination au solvant est utilisé par Sanexen Service Environnementaux Inc. de Montréal. Le procédé de Sanexen («Decontaksolv») pour les transformateurs contenant des BPC est illustré à la figure A-2. En plus du fait que le système Sanexen est mobile, la principale différence par rapport à la technologie stationnaire américaine est l'utilisation d'un autoclave vapeur-liquide qui sert au dégraissage secondaire. Sanexen a constaté que le chauffage, la circulation et la vaporisation combinés du solvant constituent un moyen efficace l'enlever les BPC du noyau métallique complexe et très emmêlé d'un transformateur.

Par le processes de ENSR, la décontamination sur place des transformateurs à l'askarel en usage peut également être utilisé pour décontaminer les transformateurs à l'askarel usages.

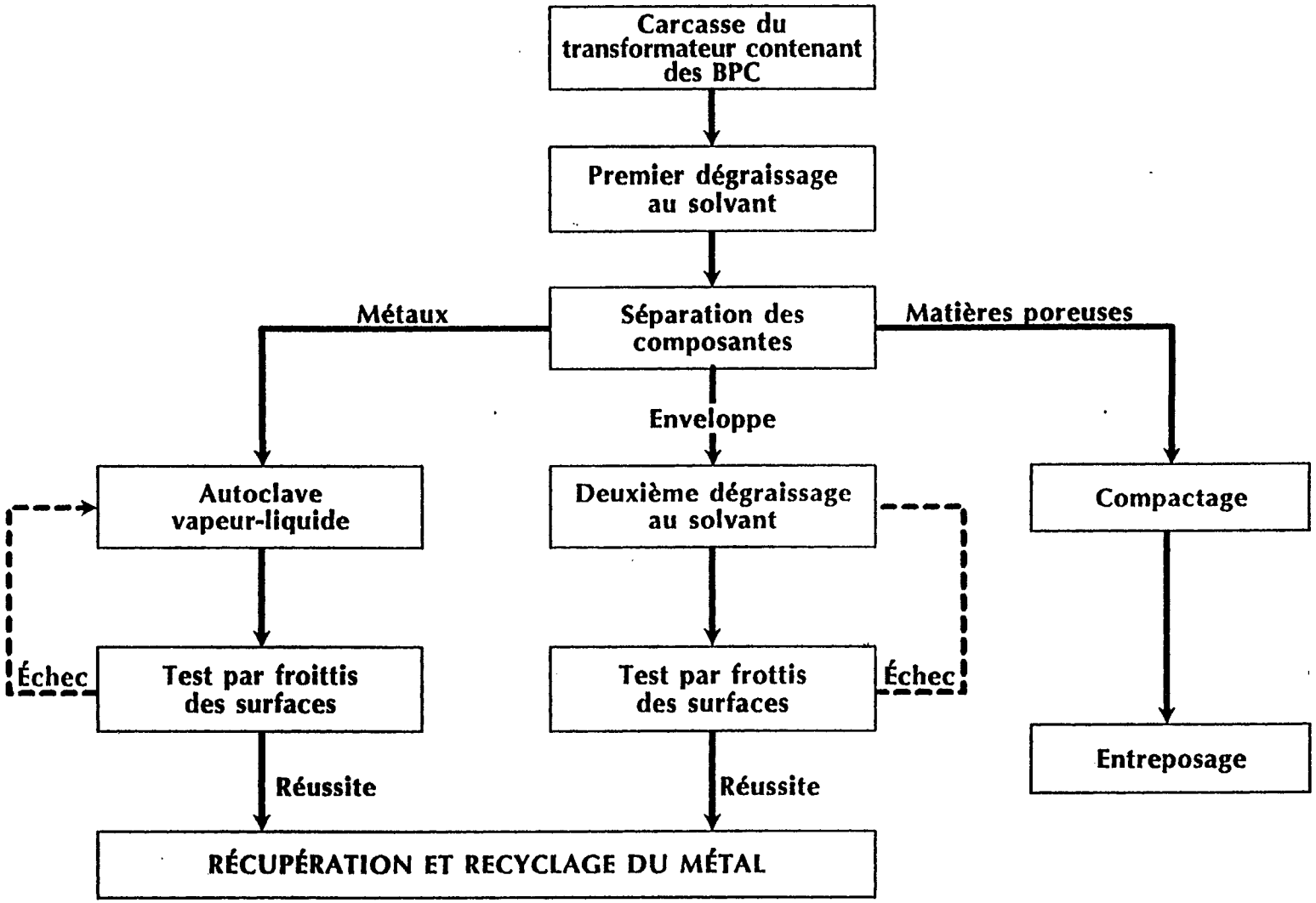
L'Hydro-Ontario décontamine les vieux transformateurs à l'huile minérale à l'aide de techniques standard de recirculation en circuit fermé avec de l'huile minérale. L'Hydro-Ontario disposant de son installation de décontamination à l'huile minérale, cette méthode est pratique pour elle. Lorsque cette méthode est utilisée, il est préférable d'employer de l'huile minérale propre (<=2 ppm) puisque c'est la différence entre la concentration de BPC dans le liquide de remplissage et les concentrations dans les composantes internes du transformateur qui détermine, en grande partie, la rapidité du procédé de décontamination. Toutefois, si de l'huile minérale de <2ppm mais de >=50 ppm est utilisée pour des raisons économiques, la concentration de BPC du liquide de remplissage doit être incluse dans le calcul de la concentration finale de BPC dans le liquide.

A.3.2.3 Incinération et autres procédés de chauffage pour la décontamination des vieux transformateurs

Incinérateurs sans scorification

Les procédés d'incinération supposent normalement le brûlage direct à des températures élevées des déchets de BPC en présence d'oxygène. Les transformateurs sont habituellement déchiquetés avant l'incinération. Dans les fours sans scorification, les pièces du transformateur déchiqueté sont soumises à des températures de l'ordre de 800 à 900 ° C. Par

FIGURE A.2 PROCÉDÉ DÉCONTAMINATION AU SOLVANT DE SANEXEN - Installation mobile



exposition, les BPC résiduels et les composantes combustibles (papier, bois) sont vaporisés. Les gaz de combustion passent normalement par une chambre de combustion secondaire (à environ 1 200 ° C) afin d'assurer la combustion complète des BPC (nécessitant habituellement une destruction et une efficience d'élimination de 99,9999 %). Le métal incinéré peut être recyclé ou enfoui.

Au Canada, au Centre de traitement des déchets spéciaux de Swan Hills (Alberta), Chem-Security (Alberta) Ltd. exploite un four rotatif pour la destruction des déchets dangereux, y compris les solides et les liquides contenant des BPC. Chem-Security utilise également un four pour les transformateurs qui les décontamine entièrement. Les gaz du four sont envoyés dans la chambre de combustion secondaire d'un incinérateur existant. Plus de 1 600 transformateurs ont été traités par ce système. Au Canada, aucun autre incinérateur n'est autorisé à brûler des BPC, sauf les deux incinérateurs mobiles de BPC, l'un étant un four à infra-rouge (O.H. Materials of Canada, propriétaire-exploitant) qui a été autorisé par le ministère de l'Environnement et des Terres de Terre-Neuve et par Environnement Canada à fonctionner à Goose Bay (Labrador) au cours de l'année 1990, et l'autre étant un four rotatif (Ensco Inc., propriétaire-exploitant) autorisé par le ministère ontarien de l'Environnement et de l'Énergie à fonctionner à Smithville (Ontario) au cours de la période 1991-1992. Les deux incinérateurs mobiles ont incinéré des quantités de transformateurs et de condensateurs déchiquetés.

Vesta Technologies de Fort Lauderdale (Floride) a mené avec succès un brûlage de démonstration de matières contenant des BPC à l'aide de son four rotatif de modèle Vesta 200 sur un site de l'Hydro-Québec en 1992.

Aux États-Unis, quatre entreprises (Pyrochem, Rollins Environmental Services, General Electric et Aptus) exploitent un four rotatif commercial et des installations stationnaires de destruction des BPC approuvés en vertu de la TSCA.

Incinérateurs avec scorification

Les incinérateurs avec scorification fonctionnent à des températures plus élevées que les incinérateurs sans scorification et les composantes métalliques du transformateur sont fondues et forment des scories; le métal ne peut pas être récupéré pour le recyclage. Les scories sont habituellement enfouies. Les BPC et toutes les matières combustibles sont détruites à cette température. Rechem exploite un incinérateur avec scorification stationnaire à Pontypool, South Wales. L'incinérateur peut détruire les transformateurs en entier. Les scories sont enfouies.

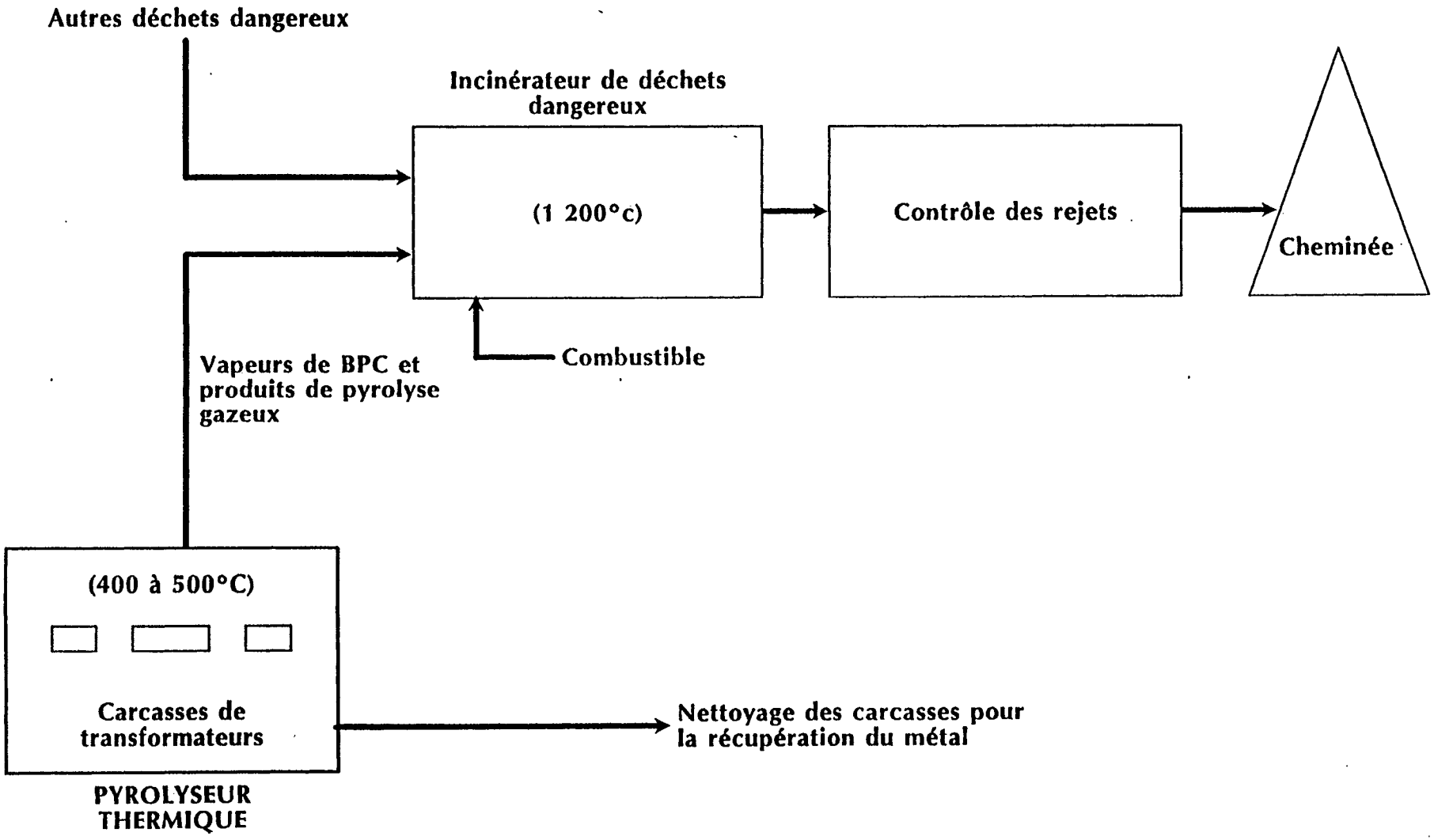
Pyrolyseurs

L'autre type de dispositif de chauffage couramment utilisé (en Europe) pour la décontamination des vieux transformateurs contenant des BPC est le pyrolyseur thermique à faible température qui chauffe les déchets à des températures inférieures (400 à 500 ° C) à celles de l'incinération en l'absence d'oxygène (figure A-3). À ces températures, les BPC résiduels des surfaces du transformateurs sont volatilisées et retirées dans une chambre de combustion secondaire à haute température (1 200 ° C) ou dans une chambre de réaction

chimique (bain d'hydroxyde de sodium en fusion) pour la destruction finale des BPC. Les pièces non métalliques du transformateur (bois, papier) sont également décontaminées dans la chambre de pyrolyse. Celle-ci acceptera normalement un transformateur entier ou démantelé selon la taille de la chambre et celle du transformateur.

W+E Umwelttechnik AG de Zurich (Suisse) a commandé récemment un réacteur de recyclage à faible température de 3 mètres de diamètre qui acceptera des vieux transformateurs contenant des BPC jusqu'à 630 KVA de dimension. Dans ce procédé de pyrolyse, le noyau et (ou) la carcasse du transformateur sont placés dans une chambre qui est purgée avec de l'azote et placée sous un vide léger. La chambre est ensuite chauffée à 400 ° C. Les gaz produits seront passés par un réacteur au NaOH pour la déchlorination, ou passés directement dans un incinérateur de déchets dangereux.

FIGURE A.3 Décontamination thermique des transformateurs contenant des BPC avec récupération du métal



ANNEXE B

Méthodologie d'échantillonnage par frottis recommandée pour les surfaces métalliques des transformateurs

Méthodologie d'échantillonnage par frottis recommandée pour les surfaces métalliques des transformateurs

But

Le protocole d'échantillonnage par frottis est recommandé pour la vérification des concentrations de BPC de surface sur les métaux qui sont envoyés aux entreprises de recyclage de métaux pour être fondus. Plus particulièrement, il porte sur l'échantillonnage des transformateurs électriques, y compris l'emplacement des échantillons et le nombre d'échantillons par emplacement.

Préparation à l'échantillonnage

1. Dans des pots de verre de 250 ml nettoyés au préalable, placer dans chacun un tampon de gaze stérilisée 12 plis de 10 cm par 10 cm. Les pots sont ensuite scellés avec un couvercle nettoyé à l'hexane et revêtu de papier aluminium ou de teflon.

2. Des gabarits jetables sont préparés de sorte que les bords intérieurs représentent une superficie d'au moins 100 cm^2. Le gabarit peut être de toute forme appropriée pour la vérification de la surface (ex., carré ou rectangulaire) mais devrait avoir au moins 100 cm^2. Des superficies plus petites peuvent être échantillonnées si les circonstances l'imposent; toutefois, cette option présente le risque de ne pas détecter de BPC en raison de la petite taille de l'échantillon et des limitations du matériel d'analyse. Les gabarits sont normalement faits de papier épais ou de carton.

Matériel d'échantillonnage nécessaire

1. Pots d'échantillonnage préparés contenant un tampon de gaze.
2. Gabarits jetables.
3. Gants de latex.
4. Marqueurs et étiquettes.
5. Contenant pour jeter les gabarits et les gants usagés.
6. Série de feuilles d'entretien.
7. Forceps de métal.
8. Solvant - bouteille d'hexane de catégorie pesticide.

Méthodologie d'échantillonnage

1. À l'aide d'un gabarit jetable et de gants de latex, marquer avec un morceau de craie un secteur de 100 cm2 sur la surface du métal à vérifier. Jeter le gabarit et les gants. Le gabarit peut aussi être maintenu sur la surface à l'aide de ruban gommé.

2. Ouvrir un pot d'échantillonnage. En portant une paire de gants de latex propres, enlever le tampon de gaze du pot. Ajouter 4 ou 5 millilitres d'hexane sur le tampon de gaze à l'aide d'une burette de pompage dans la bouteille de solvant.

3. En commençant par un coin, essuyer le secteur marqué préalablement avec le tampon de gaze en rangées en s'assurant que toute la surface est frottée. Exercer une pression uniforme et régulière.

4. Ouvrir le tampon de gaze et le replier pour exposer de nouvelles surfaces.

5. Essuyer le secteur marqué en rangées perpendiculaires aux précédentes. S'assurer d'essuyer tout le secteur également. Exercer une pression uniforme et régulière.

6. Remettre le tampon de gaze dans le pot. Visser le couvercle et étiqueter l'échantillon correctement.

7. Jeter les gants

8. Remplir une série de feuilles d'entretien avant de prendre les échantillons pour l'analyse.

Variations de la méthodologie d'échantillonnage

Dans le cas d'échantillons composites, les tampons de gaze qui composent l'ensemble peuvent être placés (après avoir essuyé les surfaces appropriées) dans le même pot d'échantillonnage qui est ensuite étiqueté comme échantillon composite. Par exemple, si quatre secteurs doivent être réunis, les tampons de gaze de quatre pots d'échantillonnage préparés seront utilisés, un pour chaque secteur. Plutôt que de retourner chaque tampon de gaze dans le pot d'où il vient, les tampons de gaze sont tous placés dans un même pot après les frottis.

Pour échantillonner des fils, une longueur représentant 100 cm^2 est marquée et frottée en passant un tampon de gaze aller-retour huit fois afin d'entourer complètement le fil. Le tampon de gaze est ouvert pour exposer une nouvelle surface et le frottis est répété jusqu'à ce que toute la surface marquée soit échantillonnée.

Emplacements des échantillonnages

1. Les emplacements des échantillonnages de chaque transformateur seront les suivants:

   Premier échantillon composite:

   - surface plate adjacente ou sous une ailette de borne,
   - surface du côté,
   - joint soudé, et
   - surface du fond (si elle est accessible).

   Deuxième échantillon composite:

   - intérieur de l'ailette,
   - surface du côté ou du fond
   - joint soudé, et

- coin d'une surface de côté.

2. Pour les fils, deux échantillons composites seront soumis pour chaque transformateur décontaminé. Chaque échantillon composite sera constitué de leurs longueurs de fil choisies au hasard dont chacune représente une surface de 100 cm^2.

3. Pour les structures laminées, deux échantillons composites seront soumis pour chaque transformateur décontaminé. Chaque échantillon composite sera constitué de deux secteurs choisis au hasard, chacun de 100 cm^2.

4. Pour les douilles, un échantillon composite sera soumis pour chaque transformateur décontaminé. L'échantillon composite sera constitué de deux secteurs choisis au hasard, chacun de 100 cm^2.

Pour chaque série de 10 échantillons ou moins, un seul blanc de gaze et un seul blanc d'hexane doivent être soumis.

Analyse

L'analyse se fera normalement par GC-ECD capillaire à l'aide des normes Aroclor pour établir la quantité. D'autres méthodes d'analyse comprennent le GC-ELCD ou le CG-MS.

Considérations relatives aux grandes quantités

Pour les entreprises d'électricité et les entrepreneurs utilisant des méthodes de décontamination de transformateurs éprouvées sur de grandes quantités de transformateurs, le nombre d'échantillons prélevés et analysés peut être réduit en établissant un plan d'échantillonnage réduit qui offre un degré de confiance de 95 %.

Matériel déchiqueté

Si le transformateur a subi un procédé de décontamination demandant le déchiquetage de toutes les pièces du transformateur, l'échantillonnage des surfaces peut s'avérer impossible. Dans ce cas, une extraction des BPC du matériel déchiqueté peut être effectuée et l'analyse subséquente peut s'exprimer en ppm par poids.