



**INITIATIVE POUR UN PARTENARIAT SUR LES
TÉLÉPHONES PORTABLES
(MPPI) - PROJET 3.1**

**DIRECTIVE SUR LA RÉCUPÉRATION DES MATÉRIAUX ET LE
RECYCLAGE DES TÉLÉPHONES PORTABLES EN FIN DE VIE**

**Texte révisé et approuvé
25 mars 2009**

Avant-propos La directive précédemment approuvée sur la récupération et le recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables usagés a été révisée dans le contexte d'une installation afin de refléter la situation dans la pratique. Le Groupe de travail sur les téléphones portables souhaite exprimer sa reconnaissance à UMICORE et HOBİ International qui ont évalué la directive et proposé des révisions à apporter à la version précédemment approuvée. En outre, de vifs remerciements sont adressés au président du groupe de projet 3.1, M. Robert Tonetti de l'Agence américaine de protection de l'environnement, qui a veillé à ce que toutes les modifications proposées et les observations formulées par les membres du groupe de projet 3.1 soient examinées et incorporées dans la directive révisée.

TABLE DES MATIÈRES MEMBRES ACTIFS DU GROUPE DE PROJET 3.1	
.....5 RÉSUMÉ ANALYTIQUE	6
RECOMMANDATIONS.....	10
1. OBJET DU PROJET (la manière dont le projet 3.1 aborde le recyclage des téléphones portables).....	13
2. CARACTÉRISATION DES TÉLÉPHONES PORTABLES	13
2.1 Substances contenues dans les téléphones portables.....	13
3. PRÉOCCUPATIONS EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT ET DE SANTÉ LIÉES À LA GESTION DES TÉLÉPHONES PORTABLES EN FIN DE VIE.....	15
3.1 Substances potentiellement préoccupantes liées à la gestion des téléphones portables en fin de vie.....	15
3.2 Exposition à des substances préoccupantes lors de la gestion des téléphones portables en fin de vie.....	22
3.2.1 Mise en décharge.....	22
3.2.2 Incinération des déchets.....	22
3.2.3 Récupération des métaux.....	23
3.2.4 Récupération des matières plastiques.....	25
3.3 Recommandations relatives à la section 3	25
4. PRATIQUES ÉCOLOGIQUEMENT RATIONNELLES DE RÉCUPÉRATION ET DE RECYCLAGE DES MATÉRIAUX.....	26
4.1 Directives générales relatives aux installations.....	27
4.2 Schéma opérationnel – Récupération des métaux précieux et autres matériaux pouvant être extraits des téléphones portables.....	30
4.3 Récupération potentielle de matériaux pouvant être extraits des téléphones portables par comparaison avec la production mondiale de constituants	32
4.4 Séparation.....	32
4.4.1 Séparation manuelle des composants, accessoires et matériaux.....	32
4.4.2 Séparation mécanique des composants.....	33
4.4.3 Séparation mécanique des matériaux.....	34
4.4.4 Disponibilité de marchés	34
4.4.5 Récupération et recyclage des matières plastiques.....	35
4.5 Recyclage des batteries.....	36
4.5.1 Séparation des batteries des combinés.....	36
4.5.2 Recyclage de l'électrolyte et des matières plastiques.....	37
4.5.3 Recyclage de types mélangés de batteries.....	37
4.5.4 Recyclage des batteries triées.....	37
4.5.5 Disponibilités de marchés.....	38
4.6 Récupération et recyclage des métaux.....	39
4.6.1 Fusion et raffinage.....	39
4.6.2 Procédés hydrométallurgiques.....	41
4.6.3 Disponibilité de marchés.....	41
4.7 Éco-efficacité des pratiques de gestion écologiquement rationnelles.....	42
4.8 Recommandations relatives à la section 4.....	43
5. CAPACITÉ DE RÉCUPÉRATION ET DE RECYCLAGE DES MATÉRIAUX.....	44
5.1 Recommandations relatives à la section 5	45
6. PROPOSITION À L'INTENTION DES AUTORITÉS GOUVERNEMENTALES DÉSIGNÉES CONCERNANT LA GESTION ÉCOLOGIQUEMENT RATIONNELLE DES TÉLÉPHONES PORTABLES EN FIN DE VIE LORS DE LEUR RECYCLAGE	45
6.1 Renforcement de l'utilisation des systèmes de gestion internationaux (ISO 14000/EMAS)	46

6.2 Système de gestion écologiquement rationnelle pour les installations de prétraitement des téléphones portables en fin de vie.....	47
6.3 Mise en œuvre d'un cadre réglementaire pour la gestion écologiquement rationnelle au stade du recyclage dans les pays en développement et les pays à économie en transition.....	47
6.4 Recommandations relatives à la section 6	48

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Résumé de l'étude suédoise de 2004 sur l'éco-efficacité.....	49
Annexe II : Glossaire.....	52

MEMBRES ACTIFS DU GROUPE DE PROJET 3.1 Christian Hagelueken - UMICORE, Belgique Cindy Thomas - Noranda, Canada Daniel Cheret - UMICORE, Belgique Françoise Salame - SECO, Suisse Gareth Rice - Panasonic, R.-U. Gerry Straus - ReCellular, États-Unis Gordon Shields - Shields Environmental, R.-U. Gregor Margetson - Samsung, R.-U. Helena Castren - Nokia, Finlande Ingrid Sinclair - Noranda, États-Unis Jack Rowley - GSMA, R.-U. John Bullock - IPMI, États-Unis Mats Pellback-Scharp - Sony Ericsson, Suède Peter Hine - Sharp, R.-U. Robert Tonetti - EPA, États-Unis Ross Bartley - BIR, Belgique Stephane Burban - Noranda, Suisse Wen-Ling Chiu – IER, Taïwan Milton Catelin – SCB, Suisse John Myslicki - Consultant auprès du SCB

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

1. Objet du projet Le Project 3.1 a pour principal objectif de fournir des orientations sur les meilleures pratiques en matière de récupération et de recyclage écologiquement rationnels des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie. La présente directive ne couvre pas la réutilisation, ni la remise à neuf (Projet 1.1), ni non plus la collecte et le transport des téléphones portables en fin de vie (Projet 2.1), car ces questions sont traitées par d'autres groupes de projet de l'Initiative pour un partenariat sur les téléphones portables. Toutefois, une collecte énergique des téléphones portables usagés est fortement recommandée en tant que première étape indispensable à la valorisation matière. En effet, les téléphones portables qui ne sont pas collectés, et la vaste majorité ne l'est pas, ne peuvent pas s'utiliser pour la récupération des matériaux. Par conséquent, la présente directive présume que la collecte sélective des téléphones portables et leur tri aux fins de réutilisation et de remise à neuf ont déjà eu lieu. Elle traite du recyclage des trois composants fondamentaux des téléphones portables, à savoir 1) le combiné, 2) la batterie et 3) le chargeur de la batterie et autres accessoires. La directive aborde également la question de l'adéquation des infrastructures actuelles de recyclage et de leur aptitude à traiter le nombre croissant de téléphones portables qui vont devenir obsolètes. Enfin, la directive comprend des recommandations à l'intention des autorités nationales concernant les programmes et les politiques qui peuvent être mis en œuvre pour s'assurer que la récupération de matériaux et le recyclage des téléphones portables en fin de vie soient effectués d'une manière à la fois écologiquement rationnelle et efficace du point de vue économique.

2. Caractérisation des téléphones portables Bien que les téléphones portables soient constitués de matériaux qui diffèrent d'un fabricant à l'autre et d'un modèle à l'autre, la directive fournit des données qui caractérisent le contenu d'un téléphone portable. Les substances identifiées comprennent les constituants principaux, les constituants d'importance secondaire et les microconstituants ou constituants trouvés à l'état de traces. D'une manière générale, environ 40 % du poids d'un téléphone portable (y compris le combiné, la batterie et les accessoires) est constitué de matières plastiques, 20 % de verre et 10 % de cuivre.

3. Préoccupations en matière d'environnement et de santé liées à la gestion des téléphones portables en fin de vie Comme tous les autres produits électroniques, les téléphones portables contiennent diverses substances nécessitant une manutention et un traitement écologiquement rationnels lors de la récupération et du recyclage des matériaux, afin de prévenir les risques pour les travailleurs, le public et l'environnement. Le rapport identifie divers métaux, plastiques et autres matières organiques, ainsi que des substances corrosives qui exigent une gestion rationnelle lors de la récupération et du recyclage des matériaux.

Cette section de la directive traite de l'exposition à des substances préoccupantes et des risques pour la santé humaine et l'environnement que présentent les divers procédés de récupération et de recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables – et plus précisément des risques d'exposition qui peuvent survenir au cours de la récupération des métaux et des matières plastiques. Le rapport souligne qu'il convient d'être particulièrement vigilant afin d'éviter toute exposition des travailleurs et du public aux substances préoccupantes lors de la récupération des matériaux et du recyclage, processus qui produisent des poussières et des émanations. Des poussières peuvent se dégager lors du déchiquetage des appareils, lors de la manutention subséquente des résultats de cette opération, et lors de la manutention et du traitement des scories provenant des fours. Des techniques de réduction de l'émission de poussières devraient être employées afin d'assurer la protection des travailleurs. Des émanations peuvent être émises lors de l'échantillonnage et de la fusion des métaux, et également au cours de certaines étapes de la récupération et du recyclage des matières plastiques comme, par exemple, celle de la granulation. Il est observé dans le rapport que l'exposition à un certain nombre de substances, dont le béryllium qui peut se mêler aux poussières et émanations précitées et les dioxines et furanes qui peuvent apparaître lors de la combustion des matières plastiques, est particulièrement inquiétante.

Cette section traite aussi brièvement de l'exposition potentielle à des substances préoccupantes lors de la mise en décharge et de l'incinération des téléphones portables. Cet aspect est particulièrement pertinent étant donné que les procédés de récupération et de recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables, à l'exemple de la fusion, peuvent produire des résidus qui doivent être éliminés.

4. Pratiques écologiquement rationnelles en matière de récupération et de recyclage

Dans le cas des combinés de téléphones portables en fin de vie, les opérations de récupération et de recyclage écologiquement rationnels des matériaux sont axées sur la récupération des métaux. Le cuivre et les métaux précieux comme l'or, l'argent et le palladium sont toujours récupérés en raison de leur grande valeur. Un certain nombre de processus de récupération et de recyclage permettent également de récupérer, entre autres, des matériaux tels que l'acier, l'aluminium et le magnésium, l'étain, le cobalt, le plomb, et les matières plastiques. Les batteries, qui doivent toujours être retirées des appareils au cours des premières étapes de tout processus de récupération et de recyclage écologiquement rationnels des matériaux, peuvent être traitées en toute sécurité pour en récupérer, suivant leur type et le procédé de récupération utilisé, le fer, l'aluminium, le cuivre, le nickel, le cobalt et le cadmium.

La présente directive fournit des orientations générales pour tous les types d'installations intervenant dans le prétraitement, la récupération des matériaux et le recyclage des téléphones portables en fin de vie, ainsi que des orientations plus spécifiques sur la séparation des composants et des matériaux, le recyclage des batteries, la récupération de métaux par la fusion et le raffinage et l'utilisation de procédés hydrométallurgiques.

Toutes les installations de prétraitement, de récupération des matériaux et de recyclage des téléphones portables devraient avoir un système de management environnemental (SME) permettant de contrôler adéquatement l'impact de leurs opérations, non seulement sur l'environnement, mais également sur la santé des travailleurs et du public. Ce SME pourrait inclure, sans toutefois s'y limiter, des systèmes de gestion certifiés à la norme ISO 14000. Les installations devraient opérer selon des procédures écrites concernant les méthodes de travail et d'exploitation du matériel, le système de gestion, le contrôle des activités menées sur le site, les mesures et la conservation des enregistrements, ainsi que l'application des règles de sécurité sur le site. Elles doivent se conformer à toutes les réglementations en matière de santé et d'environnement qui leur sont applicables, et posséder toutes les autorisations gouvernementales nécessaires. Elles devraient en outre disposer de plans écrits d'intervention en cas d'urgence et de garanties financières pour l'exécution des mesures à prendre en cas d'urgence ou de fermeture. Les directives traitent également de la nécessité de former convenablement le personnel de l'installation et de mettre à sa disposition des équipements de protection individuelle appropriés.

Il est indispensable d'enlever les batteries des téléphones portables en fin de vie, opération qui se fait manuellement, pour réduire au minimum les risques de contamination des autres matériaux lors des étapes suivantes de récupération et de recyclage, ainsi que pour pouvoir en extraire un maximum de substances. Certains accessoires et, parfois, certaines pièces recyclables en matières plastiques peuvent aussi s'enlever à la main. La séparation mécanique, qui comprend des phases de déchiquetage, broyage, et fragmentation, suivies de plusieurs étapes de séparation utilisant diverses méthodes, peut également être utilisée. Toutefois, dans le cas des procédés mécaniques, seuls des dispositifs conçus pour les rebuts électroniques devraient être utilisés afin de réduire au minimum les pertes de métaux précieux ainsi que la production de poussières en général.

L'extraction des matières plastiques contenues dans les téléphones portables en fin de vie aux fins de récupération et de recyclage n'est, pour l'instant, pas pratiquée sur une grande échelle en raison de l'absence de techniques viables permettant de séparer une fraction dont la qualité soit commercialisable. Toutefois, le recyclage des matières plastiques en provenance de déchets électroniques fait actuellement l'objet de recherches qui pourraient rendre cette option techniquement réalisable et économiquement viable à l'avenir.

La récupération et le recyclage écologiquement rationnels des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie (sans les batteries et accessoires) peuvent s'effectuer, après séparation manuelle ou mécanique des composants ou des matériaux, dans des fours spécialisés ou par fusion directe dans des fonderies spécialisées. La séparation mécanique comprend des phases de déchiquetage et de fragmentation, suivies de différentes techniques de séparation qui permettent la séparation des matières plastiques, ainsi que

la séparation du fer et de l'aluminium ou du magnésium. Après séparation de ces composants, ce qui reste des combinés, et notamment le circuit imprimé, sera recyclé le plus efficacement dans une fonderie, où les métaux précieux et la plupart des autres métaux contenus dans les téléphones portables seront récupérés. La fusion directe des téléphones portables en fin de vie permet de récupérer des matériaux comme le cuivre, les métaux précieux (comme l'or, l'argent et le palladium) et la plupart des autres métaux (à l'exception du fer, du magnésium et de l'aluminium) ; les matières plastiques peuvent être utilisées comme source de chaleur et, également, comme agents de réduction. La fusion des produits électroniques, dont les téléphones portables, nécessite un équipement spécialisé. La plupart des fours n'ont pas les systèmes anti-pollution nécessaires pour la récupération et le recyclage écologiquement rationnels des matériaux contenus dans les rebuts électroniques. Ces derniers, y compris les téléphones portables, contiennent des matières plastiques et des halogènes (chlore et brome) qui, lorsqu'ils brûlent, peuvent provoquer la formation de dioxines et de furanes hautement toxiques et carcinogènes. Toutefois, avec les méthodes et le matériel de fusion ainsi que l'équipement anti-pollution adéquats, il est possible de mettre en place des contrôles permettant d'assurer la récupération et le recyclage écologiquement rationnels des métaux contenus dans les téléphones portables.

Bien que la gestion écologiquement rationnelle des téléphones portables en fin de vie comprenne la récupération des matériaux, en particulier du cuivre et des métaux précieux, elle ne nécessite pas la récupération de chaque substance. Les téléphones portables sont petits, leur désassemblage est coûteux et, même en grandes quantités, ils ne contiennent pas un nombre important de substances qui peuvent être récupérées de manière efficace dans des proportions économiquement significatives. La recherche sur l'écocfficacité, qui examine les dimensions environnementales et économiques du processus de récupération, se poursuit.

5. Capacités de récupération de matériaux et de recyclage

Il n'existe dans le monde qu'un nombre relativement restreint de fonderies et de raffineries (qu'il s'agisse de petites ou de grandes installations) disposant d'équipements de traitement spécialisés et de systèmes anti-pollution qui sont adéquats pour la récupération et le recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie. La construction de nouvelles fonderies exigerait d'énormes investissements. En outre, selon les estimations, le recyclage annuel des téléphones portables ne fournit pas plus de 65 000 tonnes au niveau mondial, ce qui soulève la question de savoir s'il convient de construire de telles installations dans la plupart des pays. Les téléphones portables ne constituent qu'un type particulier de déchets électroniques parmi d'autres et la quantité totale de ces déchets (s'ils sont collectés en vue d'un recyclage) justifierait peut-être le développement de capacités supplémentaires de fusion ou de raffinage. Toutefois, nous ne jugeons pas que cela soit nécessaire, étant donné les capacités existantes des fonderies et raffineries actuelles qui disposent des équipements spécialisés voulus pour assurer d'une manière écologiquement rationnelle la récupération et le recyclage des matériaux contenus dans les produits électroniques.

Les installations qui ne disposent pas de capacités de prétraitement (par ex. séparation et/ou déchiquetage) peuvent s'en doter, en fonction de la quantité de téléphones portables collectés et de la demande sur ce plan au niveau national. Comme pour les installations de fusion, les autres produits électroniques en fin de vie peuvent accroître la demande au niveau local d'une telle capacité de traitement.

Comme il est peu probable que des installations de prétraitement et de fusion se construisent dans tous les pays, de nombreux pays devront, pour assurer une gestion écologiquement rationnelle, exporter les téléphones portables en fin de vie destinés à une récupération des matériaux et un recyclage vers d'autres pays disposant d'installations appropriées.

6. Proposition à l'intention des autorités gouvernementales désignées concernant la gestion écologiquement rationnelle (GER) des téléphones portables en fin de vie au cours du recyclage.

Afin de renforcer la gestion écologiquement rationnelle des téléphones portables par les installations de récupération et de recyclage des matériaux, il convient de mettre en place un cadre réglementaire établissant un équilibre entre la nécessité d'une gestion écologiquement rationnelle et l'efficacité économique. Ainsi, lors de l'élaboration du cadre réglementaire approprié pour les installations de récupération et de recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables, les Parties devraient tenir compte de la taille de l'entreprise, du type et de la quantité de déchets ou de rebuts, ainsi que de la nature des opérations. De plus, le cadre réglementaire devrait :

- être élaboré à un niveau gouvernemental approprié et comprendre des exigences juridiques comme par exemple des autorisations, licences, permis ou normes. Les exigences juridiques devraient couvrir l'exploitation de l'installation, la santé et la sécurité des travailleurs, le contrôle des rejets dans l'atmosphère, le sol et l'eau, et la gestion des déchets. La licence ou le permis devrait définir et autoriser des capacités, des procédés et des expositions potentielles spécifiques ;
- exiger que les installations utilisent les meilleures techniques disponibles, en tenant compte de la faisabilité technique, opérationnelle et économique de leur exploitation ;
- promouvoir l'élaboration et l'application d'un régime de responsabilité environnementale pour les installations de récupération et de recyclage des matériaux afin de prévenir les dommages écologiques ;
- encourager les échanges d'informations entre les directeurs des installations et les autorités gouvernementales afin d'optimiser les opérations de récupération ;
- s'orienter vers une internalisation des coûts de la gestion écologiquement rationnelle des téléphones portables en fin de vie ;
- encourager les installations à utiliser des systèmes de gestion de l'environnement tels que la série ISO 14000, le Système de management environnemental et d'audit (EMAS) européen, ou d'autres programmes similaires ;
- recommander que les installations de récupération et de recyclage des matériaux élaborent des programmes adéquats de suivi, conservation des enregistrements et communication des informations ;
- encourager les installations de récupération et de recyclage des matériaux à mettre en place des programmes adéquats de formation des employés ;
- exiger que les installations de récupération et de recyclage des matériaux possèdent des plans d'urgence adéquats ;
- exiger que les installations de récupération et de recyclage des matériaux établissent un plan approprié de fermeture et de suivi ultérieur garantissant la disponibilité de moyens financiers pour un tel arrêt des opérations.

Il est reconnu que les pays en développement, et ceux à économie en transition, doivent affronter les défis les plus difficiles à relever pour la mise en place des infrastructures gouvernementales et industrielles nécessaires à la gestion écologiquement rationnelle des téléphones portables en fin de vie. À cet égard, une assistance technique cruciale peut être apportée par les Parties et les signataires qui représentent les pays développés, ainsi que par le Secrétariat de la Convention de Bâle et ses centres de formation régionaux et sous-régionaux.

RECOMMANDATIONS

Buts et objectifs

1. Les Parties à Convention de Bâle et les signataires de cette Convention sont encouragés à mettre en

œuvre des politiques et/ou programmes qui favorisent la récupération et le recyclage écologiquement et économiquement rationnels des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie.

2. Conformément à la Déclaration ministérielle de Bâle pour une gestion écologiquement rationnelle, il convient de soustraire les téléphones portables usagés et en fin de vie, par le biais d'un programme énergétique de collecte, à l'élimination définitive par mise en décharge, incinération ou autre et de leur appliquer des solutions plus écologiques telles que la réutilisation, la remise à neuf ou la récupération et le recyclage des matériaux.

3. Il importe au plus haut point d'assurer une collecte efficace des téléphones portables en fin de vie (ce qui n'est généralement pas le cas actuellement, même dans les pays industrialisés) en tenant compte de la directive sur la collecte des téléphones portables usagés et en fin de vie élaborée par le groupe de projet 2.1 de l'Initiative pour un partenariat sur les téléphones portables. La récupération et le recyclage écologiquement rationnels de leurs matériaux exigent la mise en place d'une chaîne de recyclage efficace comprenant diverses étapes, à savoir : la collecte énergétique des téléphones, leur vérification, remise en état ou, le cas échéant, réutilisation, la préparation et le démontage des appareils ou pièces non réutilisables, et le recyclage des combinés et des batteries.

4. Pour la récupération et le recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables et leurs accessoires tels que les chargeurs, prises, adaptateurs pour prise allume-cigare, périphériques Bluetooth, écouteurs, kit mains libres, étuis de protection et housses ou clips de ceinture, il convient de se conformer aux pratiques écologiquement rationnelles préconisées dans le présent document. Toutes les mesures possibles devraient être prises pour éviter les pratiques non rationnelles comme, par exemple, celles qui consistent à ne pas appliquer la réglementation sur la protection adéquate des travailleurs et de l'environnement (cas des méthodes « primitives » et « d'amateur »), ou à ne faire aucun effort pour maximiser la quantité de matériaux récupérés.

5. La priorité devrait être accordée aux procédés éco-efficaces de valorisation matière et de recyclage permettant de récupérer un taux élevé des divers matériaux contenus dans les appareils et accessoires précités, de réduire au minimum les pertes de matériaux précieux et d'alléger l'impact environnemental de la production des téléphones portables.

Mise sur pied d'une infrastructure de recyclage

6. Il convient de tenir compte des principes d'autosuffisance, de proximité et de réduction des mouvements transfrontières de la Convention de Bâle ainsi que du besoin d'efficacité économique lors de la planification des investissements dans des installations ou des opérations de récupération et de recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables ainsi que lors de l'élaboration de politiques nationales de récupération et de recyclage écologiquement rationnels des matériaux.

7. Étant donné que l'adhésion à la présente directive peut se traduire par une augmentation des coûts, il faudrait que les Parties, l'industrie et les autres parties intéressées travaillent ensemble à assurer l'existence d'un financement adéquat pour les initiatives de récupération des matériaux et de recyclage des téléphones portables.

Directives concernant le fonctionnement des installations

8. Les installations de récupération et de recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables devraient être certifiées par un système de gestion écologiquement rationnelle indépendant, tel que la série

ISO 14000, le Système de management environnemental et d'audit (EMAS) européen, ou un autre système équivalent. Les procédures que les installations de prétraitement doivent suivre pour obtenir la certification ou l'homologation à des systèmes internationaux de gestion écologiquement rationnelle devraient être simplifiées.

9. Les directives générales relatives aux installations présentées dans la section 4.1 de la présente directive devraient être mises en œuvre par toutes les installations qui effectuent des opérations de prétraitement, de fusion ou de raffinage, et par les autres installations de traitement engagées dans un quelconque aspect de la récupération et du recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables.

10. Si le déchiquetage est utilisé, les batteries des téléphones portables devraient être retirées au préalable. Elles devraient également être retirées avant toute opération de fusion ou de raffinage, et envoyées à une entreprise agréée de recyclage de batteries.

11. Dans les endroits où les téléphones portables, ou leurs composants, sont déchiquetés ou chauffés, il est particulièrement important de mettre en place des mesures appropriées pour protéger les travailleurs, le public en général, et l'environnement, des poussières et des émissions. De telles mesures devraient inclure des adaptations au niveau de la conception des équipements ou des pratiques opérationnelles, des contrôles de l'écoulement d'air, des équipements de protection individuelle pour les travailleurs, des dispositifs anti-pollution, ou une combinaison de ces mesures.

12. Les entreprises qui disposent de capacités de prétraitement, fusion, ou raffinage, ou qui peuvent effectuer d'autres opérations faisant partie du processus de récupération et de recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables devraient se faire connaître auprès des autorités compétentes. Ces dernières devraient inspecter ces compagnies et vérifier qu'elles pratiquent une gestion écologiquement rationnelle, en accord avec la présente directive.

13. Les entités chargées de la collecte et du prétraitement des téléphones portables devraient, par souci de diligence, vérifier par elles-mêmes que celles chargées de la manutention et du traitement ultérieurs opèrent conformément à la présente directive.

Conception facilitant le recyclage

14. Les fabricants de téléphones portables devraient, lors de la conception de leurs produits, penser à la récupération et au recyclage ultérieurs des matériaux de ces derniers et envisager d'améliorer la recyclabilité et de réduire la toxicité de ces matériaux (voir la directive du groupe de projet 4.1 pour plus de détails).

15. Le béryllium et certains ignifugeants ont été identifiés dans la présente directive comme des substances particulièrement préoccupantes lors du traitement des téléphones portables en fin de vie. Les fabricants devraient envisager d'utiliser des matériaux de substitution remplissant la même fonction.

16. Les fabricants de téléphones portables devraient collaborer pour accroître le potentiel de recyclage des matières plastiques dans les téléphones portables. Plus précisément, ils devraient envisager la possibilité d'une plus grande cohérence dans le choix des matériaux lors de la conception de tous les appareils, mesure qui permettrait aux entreprises de recyclage des matières plastiques d'éliminer les opérations de triage nécessaires pour regrouper les divers types de matières plastiques compatibles.

Mesures collaboratives futures

17. Les Parties à la Convention de Bâle sont encouragées à élargir le rôle joué par les centres régionaux de la Convention de Bâle dans le développement de la formation et du transfert de technologie dans le domaine de la récupération et du recyclage écologiquement rationnels des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie afin d'aider les pays en développement et les pays à économie en transition à mettre en place des cadres réglementaires pour la gestion écologiquement rationnelle des téléphones portables en fin de vie.

18. Une liste de pointage des divers éléments d'un audit ou d'autres outils similaires devraient être élaborés pour aider les Parties et autres entités concernées à effectuer des inspections, et des audits par souci de diligence, conformément à la présente directive.

19. D'autres analyses de l'éco-efficacité devraient également être faites pour permettre aux Parties et autres intéressés de prendre des décisions en meilleure connaissance de cause sur les approches optimales de récupération et de recyclage des matériaux des téléphones portables en fin de vie.

1. OBJET DU PROJET (la manière dont le projet 3.1 aborde le recyclage des téléphones portables)

Le projet 3.1 a pour principal objectif de fournir des orientations sur les meilleures pratiques en matière de récupération et de recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie. Comme d'autres projets de l'Initiative pour un partenariat sur les téléphones portables portent sur la réutilisation, la remise à neuf (projet 1.1), la collecte et le transport des téléphones portables usagés (projet 2.1), la présente directive ne fournit pas d'orientations sur les meilleures pratiques dans ces domaines. Toutefois, une collecte énergique des téléphones portables usagés est fortement recommandée en tant que première étape indispensable à la valorisation matière. Par conséquent, la présente directive présume que la collecte sélective des téléphones portables et leur tri aux fins de réutilisation et de remise à neuf ont déjà eu lieu.

Les téléphones portables sont généralement séparés des autres flux de déchets d'équipements électriques et électroniques pour des raisons économiques. Cela n'est pas nécessaire pour des raisons écologiques.

Le rapport traite de la récupération et du recyclage des matériaux de tous les composants des téléphones portables en fin de vie. Les trois principaux éléments d'un téléphone portable sont les suivants : 1) le combiné qui comporte un boîtier (généralement en plastique), un écran d'affichage, un clavier, une antenne, un circuit imprimé, un microphone et un écouteur ; 2) la batterie et 3) le chargeur et autres accessoires (tels que housse, écouteurs externes et cordons de raccordement).

La présente directive examine également la question de l'adéquation des infrastructures actuelles de récupération et de recyclage des matériaux quant à leur aptitude à traiter le nombre croissant de téléphones portables qui vont devenir obsolètes et vont, espère-t-on, leur être envoyés au lieu d'être acheminés vers les décharges, les incinérateurs ou une quelconque autre forme d'élimination inappropriée.

Enfin, la présente directive propose des recommandations à l'intention des autorités nationales concernant les programmes et politiques qui peuvent être mis en œuvre pour s'assurer que la récupération et le recyclage des matériaux des téléphones portables en fin de vie soient menés d'une manière à la fois écologiquement rationnelle et efficace du point de vue économique.

2. CARACTÉRISATION DES TÉLÉPHONES PORTABLES

2.1 Substances contenues dans les téléphones portables

Les téléphones portables peuvent différer d'un fabricant à l'autre et d'un modèle à l'autre. En conséquence, les substances présentes dans un certain modèle seront quelque peu différentes de celles qui se trouvent dans un autre, en fonction de leur conception, du fabricant et de l'âge du produit. Par exemple, dans la plupart des cas, le boîtier d'un téléphone portable, qui est le composant le plus volumineux, est en plastique, bien que certains fabricants utilisent parfois de l'aluminium ou du magnésium. En ce qui concerne les composants microélectroniques, des substances assez différentes pourraient avoir été ajoutées, en quantités extrêmement faibles, par le fabricant. Toutefois, la composition générale est similaire pour tous les téléphones portables et semblable à celle d'autres types de petits équipements électroniques. Le tableau ci-dessous présente les substances utilisées, réparties en trois catégories qui peuvent être utiles : les constituants principaux, les constituants mineurs et les microconstituants ou constituants trouvés à l'état de traces. (Il convient de noter que comme ces substances ne sont pas toutes utilisées dans chaque téléphone portable, certains modèles pouvant, par exemple, avoir une batterie au nickel et d'autres une batterie lithium, le total ne fait pas 100 % et que les quantités peuvent être différentes de celles qui sont présentes dans un téléphone portable typique plus récent et sont signalées par les fabricants participant au projet 4.1 dans la directive sur la sensibilisation aux questions de conception, annexe I).

Substance	Parties du téléphone portable concernées	Participation typique, en pourcentage, à la composition de l'appareil (batterie incluse)
Constituants principaux		
Plastique	Boîtier, circuits imprimés	~ 40 %
Verre, céramiques	Écran à cristaux liquides, puces	~ 20 %
Cuivre, composés	Circuits imprimés, fils, connecteurs, batterie	~ 10 %
Nickel, composés	Batterie (type NiCd ou NiMH)	~ 2-10 %*
Hydroxyde de potassium	Batterie (type NiCd, NiMH)	< 5 %*
Cobalt	Batterie (type lithium-ion)	1-5 %*
Carbone	Batterie	< 5 %
Aluminium	Boîtier, châssis, batterie	~ 3 %**
Acier, métaux ferreux	Boîtier, châssis, chargeur, batterie	~ 10 %
Étain	Circuits imprimés	~ 1 %
		* Ne fait partie des constituants principaux que si l'appareil utilise le type de batterie indiqué, sinon à classer parmi les constituants mineurs ou les micro-constituants
		** Lorsque le boîtier est en aluminium, la proportion est beaucoup plus importante (~ 20 %).
Constituants mineurs		(Pourcentage généralement inférieur à 1 % mais supérieur à 0,1 %)
Brome	Circuits imprimés	
Cadmium	Batterie (type NiCd)	
Chrome	Boîtier, châssis	
Plomb	Circuits imprimés	
Polymères à cristaux liquides	Écran à cristaux liquides	
Lithium	Batterie (type lithium-ion)	
Manganèse	Circuits imprimés	
Argent	Circuits imprimés, clavier	
Tantale	Circuits imprimés	
Titane	Boîtier, châssis	
Tungstène	Circuits imprimés	
Zinc	Circuits imprimés	
Microconstituants ou constituants trouvés à l'état de traces		Pourcentage généralement inférieur à 0,1 %
Antimoine	Boîtier ; circuits imprimés	
Arsenic	Diodes électroluminescentes (LED) à l'arséniure de gallium	

Baryum	Circuits imprimés	
Béryllium	Connecteurs	
Bismuth	Circuits imprimés	
Calcium	Circuits imprimés	
Fluor	Batterie (lithium-ion)	
Gallium	Diodes électroluminescentes (LED) à l'arséniure de gallium	
Or	Connecteurs, circuits imprimés	
Magnésium	Boîtier	Note : lorsque le boîtier contient du magnésium, la proportion est beaucoup plus importante (~ 20 %).
Palladium	Circuits imprimés	
Ruthénium	Circuits imprimés	
Strontium	Circuits imprimés	
Soufre	Circuits imprimés	
Yttrium	Circuits imprimés	
Zirconium	Circuits imprimés	

3. PRÉOCCUPATIONS EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT ET DE SANTÉ LIÉES À LA GESTION DES TÉLÉPHONES PORTABLES EN FIN DE VIE

3.1 Substances potentiellement préoccupantes liées à la gestion des téléphones portables en fin de vie

■ Plomb

Les appareils électriques et électroniques contiennent généralement du plomb. Il est utilisé en très petites quantités dans les soudures à l'étain pour assurer l'assemblage efficace de certains dispositifs électroniques intégrés. Les soudures étain-plomb ont été utilisées dans pratiquement tous les dispositifs électroniques des téléphones portables, généralement à raison de moins d'un gramme par appareil. Néanmoins, les principaux fabricants de téléphones portables parrainent depuis longtemps des activités de recherche fondamentale ainsi que des travaux menés en coopération avec des fournisseurs pour trouver des produits de remplacement sans plomb permettant d'obtenir la qualité et la fiabilité requises par les appareils électroniques portables. Comme les soudures à base de plomb sont maintenant interdites en Europe (et sont en cours de suppression dans d'autres régions du monde), la plupart des nouveaux téléphones portables ne contiennent pas de soudures à base de plomb ; cependant, les téléphones portables plus anciens qui sont orientés vers une récupération des matériaux peuvent contenir des soudures à base de plomb.

Le plomb présent dans les déchets de soudure peut être récupéré, mais le recyclage des soudures étain-plomb peut être extrêmement dangereux si l'on ne dispose pas d'une technologie appropriée car il risque de donner lieu à des rejets de dioxines, de béryllium, d'arsenic, d'isocyanates et de plomb. Certaines fonderies intégrées récupèrent le plomb.

De petites quantités de composés du plomb sont utilisées dans certaines matières plastiques, bien que cette utilisation soit en voie de suppression. Le plomb est encore largement utilisé dans les fils recouverts d'une gaine en PVC (2 – 5 %) et cette utilisation du plomb n'est pas encore en voie de suppression. Ce plomb, qui n'est pas recyclé, est rejeté si l'on brûle les fils ou l'isolation. L'on peut également trouver du plomb dans les batteries plomb/acide « gel » utilisées dans les téléphones portables plus volumineux et plus vieux. Ce plomb peut être récupéré lors du recyclage des batteries.

Plomb : (Y31 Plomb ; composés du plomb, annexe I, Convention de Bâle PNUE) (n° CAS 7439-92-1). Le plomb est un poison neurologique cumulatif et une substance probablement cancérigène pour l'être humain (EPA B2). L'agence américaine de protection de l'environnement (EPA) exige que la concentration de plomb dans l'air ambiant extérieur ne dépasse pas 1,5 microgrammes par mètre cube ($1,5\mu\text{g}/\text{m}^3$) en moyenne sur 3 mois. L'EPA a fixé la teneur limite du plomb dans l'eau potable à 15 μg par litre (15 ppb). L'administration américaine de la sécurité et de la santé au travail (OSHA) a fixé la valeur limite d'exposition au plomb en suspension dans l'air à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, et exige une surveillance accrue lorsque les travailleurs sont exposés à des concentrations de plomb dans l'air supérieures à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

■ Cadmium

Environ les trois quarts du cadmium sont utilisés dans les batteries nickel-cadmium. Le plaquage au cadmium comme agent anticorrosif et l'utilisation du cadmium dans les pigments et les stabilisants sont maintenant interdits dans les pays d'Europe du Nord, bien que le cadmium soit toujours utilisé à ces fins dans d'autres pays. Le cadmium est également utilisé dans les composants électroniques. Comme les batteries au nickel-cadmium sont faciles à collecter pour la récupération et le recyclage des matériaux qu'elles contiennent, la majeure partie du cadmium secondaire provient de ces batteries usagées. La récupération du cadmium présent dans les batteries est un procédé complexe et dangereux et doit être effectuée dans une installation spécialisée.

Certains téléphones portables comportent une batterie nickel-cadmium, qui contient du cadmium et de l'hydroxyde de cadmium, généralement à une concentration inférieure à 25 % du poids de la batterie. On assiste depuis le milieu des années 1990 à un rapide abandon des batteries nickel-cadmium en faveur de l'utilisation de batteries NiMH et Li-ion dans tous les appareils électroniques. Le cadmium est également utilisé en très faibles quantités dans les produits électroniques comme traitement de surface des circuits imprimés, ainsi que dans les alliages de contacts électriques pour les relais et les interrupteurs. Du cadmium peut être utilisé dans ces applications électroniques dans certains téléphones portables.

Cadmium : (Y26 Cadmium ; composés du cadmium, annexe I, Convention de Bâle PNUE) (n° CAS 7440-43-9). Le cadmium est toxique, notamment par inhalation, pour les voies respiratoires, ainsi que pour les reins et le foie, et est une substance probablement cancérigène pour l'être humain (EPA B1). L'agence américaine pour la protection de l'environnement (EPA) a fixé la teneur limite autorisée du cadmium dans l'eau potable à 5 ppb. L'administration américaine de la sécurité et de la santé au travail (OSHA) a fixé la valeur limite d'exposition au cadmium présent dans l'atmosphère des lieux de travail à 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lorsqu'il se présente sous forme de vapeur et à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lorsqu'il se présente sous forme de poussière.

■ Mercure

D'après ce que l'on sait, le mercure n'est pas utilisé actuellement dans la fabrication des téléphones portables. Toutefois, certains anciens appareils peuvent avoir contenu des batteries à l'oxyde de mercure ou des piles boutons oxyde d'argent contenant du mercure.

Mercure : (Y29 Mercure ; composés du mercure, annexe I, Convention de Bâle PNUE) (n° CAS 7439-97-6). Le mercure est un poison neurologique et considéré comme non classable parmi les produits cancérigènes pour l'être humain. L'EPA a fixé la teneur limite autorisée du mercure dans l'eau potable à 2 ppb. Les vapeurs de mercure présentent un danger pour la santé. L'OSHA a fixé la valeur limite d'exposition aux vapeurs de mercure métallique à 0,05 mg/m^3 , sur une journée de travail de 8 heures et une semaine de 40 heures. Le mercure élémentaire peut se transformer dans la nature en méthylmercure, qui est une des substances toxiques les plus préoccupantes connues. Il engage une lourde responsabilité et présente un risque sérieux pour les éliminateurs et les recycleurs de déchets de mercure.

■ Chrome

Le chrome est utilisé pour le placage du métal, généralement de l'acier, pour le protéger contre la corrosion et de lui donner un aspect brillant.

Pratiquement tous les téléphones portables ont un boîtier en plastique qui n'exige pas de protection contre la corrosion.

Chrome : (Y21 Composés du chrome hexavalent, annexe I, Convention de Bâle PNUE). La teneur limite autorisée (niveau maximal admissible de contaminants (MCL)/objectif de contamination maximale (OCM)) du chrome dans l'eau potable a été fixée aux États-Unis à 0,1 mg/l. En très petites quantités, le Cr (III) est un nutriment essentiel dans notre régime alimentaire. Il permet de maintenir une métabolisation normale du glucose, du cholestérol et des matières grasses dans l'organisme humain. Toutes les formes de chrome peuvent être toxiques à fortes doses, mais le Cr (VI) est le plus toxique. À des niveaux d'exposition à court terme supérieurs au MCL, le chrome cause une irritation, ou une ulcération, de la peau et de l'estomac. Une exposition à long terme à des concentrations supérieures au MCL peut causer une dermatite, des lésions au foie, une atteinte à la circulation rénale, des lésions des tissus nerveux et, à fortes doses, la mort. Un contact cutané avec des liquides contenant du Cr (VI) peut entraîner des réactions allergiques.

■ Béryllium

Le béryllium est utilisé comme élément d'alliage ajouté au cuivre et au nickel (jusqu'à un maximum de 2 %) dans la fabrication des ressorts et des contacts électriques. L'oxyde de béryllium, ou glucine, est utilisé dans certains équipements électroniques comme dissipateur de chaleur. De petites quantités d'oxyde de béryllium peuvent se rencontrer lors du recyclage des produits électroniques, dans quel cas elles devraient être récupérées ou isolées de quelque manière de l'environnement.

Les téléphones portables peuvent contenir du béryllium dans un alliage cuivre-béryllium (98 % de cuivre, ≤ 2 % de béryllium) utilisé aux points de connexion avec les fils et dispositifs externes, en quantités généralement inférieures à 0,1 g par appareil. Du béryllium est présent dans un alliage cuivre-béryllium dont les propriétés élastiques sont utiles dans les connecteurs. Un téléphone portable moderne contient environ 3 mg de béryllium par appareil, soit environ 40 parties par million. Au cours de la fusion, ce béryllium peut s'échapper de la masse fondue sous forme de fines particules. Par conséquent, il convient d'être particulièrement vigilant et de veiller à éviter que les travailleurs n'inhalent ces particules en installant un système de ventilation permettant de les extraire de l'air ambiant et de les collecter. Les fonderies de cuivre les plus compétentes ont mis en place un système de contrôle du béryllium dans l'air ambiant dès qu'il atteint une concentration de 0,01 µg/m³, ce qui est 200 fois moins élevé que la valeur limite actuelle d'exposition fixée par l'OSHA. Pour réduire la concentration à ce niveau, ces fonderies ont non seulement installé des systèmes de réduction des émissions convenablement élaborés, mais aussi fixé une limite de 200 ppm pour la concentration de béryllium dans la matière brute entrante. Tout téléphone portable fabriqué selon les exigences de conception actuelles répond à cette norme, et par conséquent la présence de béryllium ne constitue pas un véritable obstacle à la récupération et au recyclage écologiquement rationnels des matériaux. Il s'agit toutefois d'un élément à prendre en compte lors du choix des procédés et des installations de récupération appropriés.

Béryllium : (Y20 Béryllium ; composés du béryllium, annexe I, Convention de Bâle PNUE) (n° CAS 7440-41-7). L'inhalation de poussières, de vapeurs ou de fumées contenant de la glucine ou du béryllium peut provoquer une maladie pulmonaire chronique, appelée béryllose, chez les personnes sensibles, et le béryllium est une substance probablement cancérigène pour l'être humain (EPA B1). L'EPA limite la quantité de béryllium que les industries sont autorisées à rejeter dans l'atmosphère à 0,01 µg/m³, en moyenne sur une période de 30 jours. L'OSHA a fixé la concentration limite autorisée de béryllium à 2 µg par mètre cube d'air sur les lieux de travail, sur une journée de travail de 8 heures. Cette limite, qui est en cours de réexamen, est

largement considérée comme inadéquate pour assurer une protection contre les très petites particules, comme les fumées.

■ Antimoine

L'antimoine n'est pas utilisé sous sa forme pure mais comme élément mineur (mais néanmoins important) ajouté dans les alliages. Le métal s'utilise dans les soudures. Le trioxyde d'antimoine, le composé de l'antimoine le plus important, est utilisé principalement dans les retardateurs de flamme et peut également être présent dans les boîtiers en plastique et les circuits imprimés des téléphones portables.

Lors de la récupération d'alliages contenant de l'antimoine, les petites quantités d'antimoine sont susceptibles de rester dans le métal de base de l'alliage. Par exemple, si un alliage antimoine-plomb est fondu, il y a beaucoup plus de chances que l'équipement de contrôle de la pollution de l'air capte le plomb que l'antimoine. Le plomb fond à 327 °C et l'antimoine à 630 °C. Certaines fonderies intégrées récupèrent l'antimoine en tant que produit.

Antimoine : (Y27 Antimoine ; composés de l'antimoine, annexe I, Convention de Bâle PNUE). La teneur limite autorisée (niveau maximal admissible de contaminants (MCL)/objectif de contamination maximale (OCM)) de l'antimoine dans l'eau potable a été fixée aux États-Unis à 0,006 mg/l. À des niveaux d'exposition à court terme supérieurs au MCL, l'antimoine provoque des troubles gastrointestinaux, nausées, vomissements et diarrhées. L'antimoine peut causer une irritation lorsqu'il séjourne sur la peau. À des niveaux d'exposition à long terme supérieurs au MCL, on peut s'attendre à une diminution de la longévité, à des problèmes cardiovasculaires et à une altération des taux de glycémie et de cholestérol dans le sang. L'antimoine est bénéfique lorsqu'utilisé à des fins médicales. Il est utilisé comme médicament pour traiter les personnes souffrant d'une infestation parasitaire. L'antimoine n'est pas connu pour être cancérigène, ni classé comme tel.

■ Arsenic

En quantités infimes, l'arsenic assure diverses fonctions dans l'industrie électronique. Il est utilisé dans le traitement des cristaux d'arséniure de gallium (employés dans les téléphones portables, lasers, etc.), comme agent de dopage dans les plaquettes de silicium et pour la fabrication de l'arsine gazeux, qui sert à produire les matériaux des superréseaux et les circuits intégrés hautes performances. L'arsenic métallique accroît également la résistance à la corrosion et la résistance à la traction des alliages de cuivre. Les téléphones portables contiennent généralement une quantité infime d'arséniure de gallium dans leurs circuits microélectroniques, dont la teneur en arsenic est inférieure à un milligramme. Certaines fonderies intégrées récupèrent l'arsenic en tant que produit.

Arsenic : (Y24 Arsenic ; composés de l'arsenic, annexe I, Convention de Bâle PNUE) (n° CAS 7440-38-2). L'arsenic est classé comme substance cancérigène (EPA A). L'EPA a fixé la teneur limite autorisée de l'arsenic dans l'eau potable à 0,01 ppm. L'OSHA a fixé la valeur limite d'exposition à l'arsenic présent dans l'atmosphère des lieux de travail à 10 µg/m³, sur une journée de travail de 8 heures et une semaine de 40 heures.

■ Cuivre

Le cuivre est le métal le plus communément utilisé dans les circuits électroniques des téléphones portables. Il peut être assez facilement récupéré par des procédés métallurgiques appropriés.

Le cuivre provenant de rebuts électroniques peut contenir du béryllium (voir béryllium) qui, en raison des risques qu'il pose pour la santé doit être capté dans les équipements de contrôle de la pollution atmosphérique. Si la récupération du cuivre contenu dans les rebuts électroniques est justifiée, les poussières doivent être

Directive sur la récupération des matériaux et le recyclage des téléphones portables en fin de vie contrôlées et captées. Le broyage peut libérer des poussières contenant du béryllium.

Cuivre (n° CAS 7440-50-8). Le cuivre est un nutriment nécessaire pour l'être humain. Il ne pose pas de risques significatifs pour la santé et n'est pas classé comme cancérigène. À fortes doses, il peut causer une irritation respiratoire et intestinale, et à très fortes doses il peut provoquer des lésions hépatiques et rénales. L'EPA a fixé à 1,3 ppm la teneur limite autorisée du cuivre dans l'eau. L'OSHA a fixé des valeurs limites d'exposition de 0,1 mg/m³ pour les fumées de cuivre et 1 mg/m³ pour les poussières et les vapeurs de cuivre dans l'atmosphère des lieux de travail, sur une journée de travail de 8 heures et une semaine de 40 heures.

■ Nickel

Les téléphones portables peuvent contenir du nickel utilisé comme élément d'alliage dans les composants en acier. Ils peuvent également contenir du nickel s'ils ont une batterie de type nickel-cadmium, ou nickel-hydrure métallique, le nickel se présentant dans ce dernier cas sous la forme d'hydroxyde de nickel. Le nickel est généralement récupéré dans des fonderies intégrées ou par des procédés spécialisés de recyclage des batteries.

Nickel (7440-02-0) ; hydroxyde de nickel (12054-48-7). Les poussières provenant de l'affinage du nickel dans les raffineries et les fonderies sont classées comme cancérigènes pour l'être humain (EPA A). L'OSHA a fixé la valeur limite d'exposition au nickel sur les lieux de travail à 1 mg/m³, sur une journée de travail de 8 heures et une semaine de 40 heures.

■ Étain

Les téléphones portables contiennent généralement une petite quantité d'étain dans les soudures de leurs circuits imprimés. Certaines fonderies intégrées récupèrent l'étain en tant que produit.

Étain (n° CAS 7440-31-5). L'étain inorganique ne présente pas de risque significatif pour la santé et n'est pas classé comme cancérigène. L'OSHA a fixé la valeur limite d'exposition sur les lieux de travail à 2,0 mg/m³ pour l'étain et les composés de l'étain inorganique.

■ Zinc

La batterie et les circuits électroniques des téléphones portables peuvent contenir du zinc. Il peut être récupéré par des procédés métallurgiques appropriés.

Zinc (n° CAS 7440-66-6). Le zinc est un nutriment nécessaire pour l'être humain. Il ne présente pas de risques significatifs pour la santé et n'est pas classé comme cancérigène. Après le fer, le zinc est le deuxième métal trace le plus couramment rencontré dans le corps humain. L'oxyde de zinc est utilisé comme médicament. L'OSHA a fixé à 5 mg/m³ la valeur limite d'exposition aux fumées d'oxyde de zinc dans l'atmosphère des lieux de travail, sur une journée de travail de 8 heures et une semaine de 40 heures.

■ Cobalt

Le cobalt a des propriétés généralement similaires à celles du fer et du nickel. Il peut être récupéré par des procédés spécialisés.

Les batteries lithium-ion des téléphones portables peuvent contenir du cobalt.

Cobalt (n° CAS 7440-48-4). Le cobalt est bénéfique pour l'être humain et la vitamine B12 en contient. Les fumées et les poussières de cobalt sont irritantes pour les poumons en cas d'inhalation, et le cobalt est classé comme potentiellement cancérigène pour l'être humain (CIRC 2B). L'OSHA a fixé à 0,1 mg/m³ la valeur

limite d'exposition au cobalt dans l'atmosphère des lieux de travail, sur une journée de travail de 8 heures et une semaine de 40 heures.

■ Argent

L'argent est utilisé principalement dans les applications industrielles, y compris dans des produits électriques et électroniques.

Les téléphones portables contiennent généralement plusieurs grammes d'argent, sous forme élémentaire, dans les parties électroniques et les contacts du clavier. Il est récupéré au moyen de traitements métallurgiques appropriés.

Argent (n° CAS 7440-22-4). L'argent n'est pas toxique pour l'être humain et il est non classable parmi les substances cancérigènes (D) pour l'être humain. Toutefois, s'il est biodisponible sous la forme ionique, il peut être toxique pour certaines espèces animales. L'OSHA a fixé à 0,01 mg/m³ la valeur limite d'exposition à l'argent dans l'atmosphère des lieux de travail, sur une journée de travail de 8 heures et une semaine de 40 heures.

Préoccupations liées à la combustion de matières organiques

■ Plastiques

Le boîtier des téléphones portables est généralement en plastique composite PC/ABS, un mélange de polycarbonate (PC) et d'acrylonitrile butadiène styrène (ABS). Le boîtier de la station de charge est généralement en polycarbonate. Si ces plastiques ne sont pas sources de préoccupation en eux-mêmes, ils produisent des hydrocarbures au cours du processus de combustion et nécessitent une oxydation complète. Le circuit imprimé est généralement en résine époxy ou en fibre de verre. Du brome est susceptible d'être présent dans les composés organiques utilisés comme substances ignifuges dans les boîtiers et les circuits imprimés, ce qui peut contribuer à la formation d'hydrocarbures bromés dans les flux de gaz d'échappement mal brûlés et contrôlés.

■ Cristaux liquides

L'écran des téléphones portables est à affichage à cristaux liquides. Les cristaux liquides ne sont pas des liquides dans le sens courant ou scientifique du terme car ils ne coulent pas, ni ils ne changent de forme. Il s'agit d'une forme solide d'hydrocarbure aromatique polycyclique (HAP, n° CAS 130498-29-2) dans laquelle les molécules internes ont une mobilité limitée leur permettant de se dérouler sous l'effet d'une stimulation électrique. Un téléphone portable typique contient plusieurs milligrammes de « cristaux liquides » entre de minces plaques de verre. Le brûlage ou la fusion d'un écran à cristaux liquides sans système approprié de nettoyage des gaz soulève des inquiétudes quant aux produits d'une combustion incomplète, qui peut donner lieu à des rejets de HAP et, en présence d'halogènes, à une production de dioxines et de furanes. Les HAP ont causé des cancers chez les animaux de laboratoire. L'OSHA a fixé la valeur limite d'exposition aux HAP dans l'atmosphères des lieux de travail à 0,2 mg/m³.

■ Halogènes/retardateurs de flamme

Deux retardateurs de flamme bromés sont couramment utilisés dans les téléphones portables actuels. Il s'agit du tétrabromobisphénol-A (TBBPA) et du décabromodiphényléther (déca-BDE). Le TBBPA est intégré par réaction chimique dans les résines utilisées pour la fabrication des substrats des circuits imprimés, et soit du TBBPA, soit du déca-BDE peuvent être ajoutés au boîtier en plastique d'un téléphone portable. Les retardateurs de flamme sont utilisés dans les téléphones portables en raison de la possibilité d'un

dysfonctionnement électrique, notamment au niveau de la batterie, si le téléphone est mal utilisé et un courant électrique plus fort que la normale est libéré, causant un feu. Un retardateur de flamme n'empêche pas nécessairement que le téléphone prenne feu, mais il ralentit la combustion et sécurise par conséquent l'utilisation de l'appareil. Les téléphones portables fabriqués conformément aux exigences actuelles de conception contiennent environ 2 g de retardateur de flamme.

Il est peu probable qu'un retardateur de flamme bromé soit rejeté dans l'environnement lors d'opérations de recyclage, y compris lors du déchiquetage des boîtiers en plastique des téléphones portables. Lorsqu'il est utilisé comme réactif dans un circuit imprimé, le TBBPA se combine chimiquement au plastique du circuit imprimé et il est peu probable qu'il soit rejeté sous sa forme originale. Toutefois, que l'on utilise l'un ou l'autre de ces deux retardateurs de flamme bromés, du brome se dégage lorsque, au cours de la fusion, les téléphones portables sont oxydés. Le brome rejeté peut alors, dans certaines conditions, se recombinaison avec le carbone non oxydé présent dans les émissions de fonderie pour former des dioxines et des furanes bromés. Les fonderies qui utilisent les téléphones portables comme charge d'alimentation doivent par conséquent accorder une attention particulière aux conditions de combustion et à la réduction des émissions, et installer des systèmes qui empêchent la formation de dioxines et de furanes. Le risque que de telles substances se forment dans les fonderies est bien connu, tout comme le sont le processus de prévention et les procédés de réduction des émissions, et ces fonderies sont réglementées par leurs autorités compétentes spécifiquement pour ce qui est des émissions de dioxines et de furanes.

Des composés fluorés sont utilisés dans les batteries lithium-ion. Ces halogènes sont préoccupants en raison de la possibilité que des dioxines et des furanes se forment et soient rejetés au cours d'opérations de combustion ou de fusion inadéquatement contrôlées.

Certains fabricants cherchent depuis longtemps des produits ignifuges de remplacement sans halogènes, ainsi que des conceptions qui ne nécessitent pas de retardateurs de flamme. Ces premiers travaux ont débouché sur la mise au point de téléphones portables qui ne contiennent ni plomb, ni retardateurs de flammes bromés.

■ Préoccupations suscitées par les substances corrosives

La batterie d'un téléphone portable est enfermée dans son propre boîtier scellé en plastique et peut être retirée de l'appareil. Les batteries peuvent être de trois types, chacune désignée par la chimie de leurs substances actives :

- le type lithium-ion, qui utilise un composé lithium-cobalt, ou lithium-polymère, utilisant une chimie de batterie similaire mais un électrolyte différent.
- le type nickel-hydrure métallique, qui utilise un composé d'hydroxyde de nickel.
- le type nickel-cadmium, qui utilise du cadmium. Ce type de batterie plus ancien est aujourd'hui rarement, voire jamais, utilisé dans les téléphones portables, mais on peut le trouver dans les plus vieux appareils qui sont encore en circulation.

Les batteries lithium-ion contiennent du lithium et du manganèse, du cobalt et nickel. Pour les batteries nickel-hydrure métallique, on utilise un alliage basé sur le système lanthane/nickel, LaNi₅, ou, moins souvent, un alliage vanadium-titane-zirconium-nickel. Les matériaux utilisés dans ces deux types de batteries, bien qu'ils ne soient pas exempts de considérations environnementales, sont moins dangereux que le plomb ou le cadmium.

Le déchiquetage ou le concassage des téléphones portables avec leur batterie peut susciter des préoccupations en raison des constituants corrosifs des batteries, tels que l'hydroxyde de potassium ou le lithium-ion.

Hydroxyde de potassium (n° CAS 1310-58-3). De la pâte d'hydroxyde de potassium peut être utilisée comme

électrolyte dans les batteries des téléphones portables. L'hydroxyde de potassium réagit avec l'eau ; il s'agit d'une substance fortement caustique qui cause des brûlures chimiques en cas de contacts cutanés.

Lithium-ion (n° CAS 12190-79-3). Cette substance très corrosive cause des brûlures chimiques en cas de contacts cutanés. Le lithium-ion n'est pas aussi réactif que le lithium élémentaire, mais il pourrait également s'enflammer au cours du déchetage et produire alors des fumées toxiques.

3.2 Exposition à des substances préoccupantes lors de la gestion des téléphones portables en fin de vie

3.2.1 Mise en décharge

La mise en décharge des téléphones portables peut les faire entrer en contact avec des acides déposés au même endroit. Il est alors possible qu'à long terme, les substances qui sont solubles dans ces acides subissent une lixiviation. Apparemment, aucune recherche n'a été faite pour savoir lesquelles des substances présentes dans un téléphone portable peuvent être transportées de cette manière. Seul le plomb a fait l'objet de plusieurs études montrant que les circuits imprimés en laissent échapper lorsqu'on leur applique la procédure TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) de l'Agence américaine pour la protection de l'environnement, qui simule les conditions existant dans une décharge¹.

Si la décharge ne comporte pas de barrière imperméable permettant de les y confiner, certaines de ces substances peuvent s'infiltrer dans les eaux souterraines et, de là, passer dans les lacs, les cours d'eau et les puits, donnant ainsi lieu à la possibilité d'une exposition de la population humaine et animale. Toutefois, cela ne s'applique pas au plomb qui, au lieu de se déplacer dans le sol, a tendance à rester fixé sur des particules de terre². Le risque de contamination de l'eau potable par du plomb infiltré dans les eaux souterraines est donc minime.

Dans le cas de la mise en décharge non contrôlée, l'ingestion directe de contaminants ou de sol et d'eau contaminés constituent un risque plus important. Certaines décharges, en particulier dans les régions pauvres, sont visitées par des groupes pouvant comprendre de jeunes enfants, qui les fouillent à la recherche d'objets monnayables. L'exposition a alors lieu presque entièrement par ingestion, soit directement, par la consommation d'eau polluée, soit par le biais d'aliments contaminés par absorption de substances préoccupantes.

3.2.2 Incinération des déchets

L'incinération provoque une oxydation des matières plastiques du boîtier et des circuits imprimés des téléphones portables. Selon les conditions dans lesquelles elle se déroule, il peut arriver que l'oxydation se fasse incomplètement. La combustion peut alors conduire à un dégagement de particules d'hydrocarbures et de suie. C'est notamment le cas lorsque l'incinération est effectuée de manière non professionnelle et totalement incontrôlée, par exemple dans un fût métallique ou à l'air libre, ce qui peut se produire dans les régions pauvres. En effet, certaines personnes y font parfois brûler les circuits imprimés de la manière précitée afin de concentrer les métaux qu'ils renferment, en vue de leur récupération ou de leur recyclage ultérieurs, et vendent les cendres ainsi obtenues.

¹ Environment Australia, Hazard Status of Waste Electrical and Electronic Assemblies or Scrap, Guidance Paper, octobre 1999, paragraphe 46

² Lorsqu'il est rejeté dans le sol, le plomb se fixe à la terre et ne se diffuse pas dans les eaux souterraines. Dans l'eau, il s'attache aux sédiments. Il ne s'accumule pas dans les poissons mais dans certains crustacés comme, par exemple, la moule. US EPA, National Primary Drinking Water Regulations, Consumer Fact Sheet on Lead

Certains métaux, dont le cadmium et le plomb, qui possèdent un point de fusion relativement bas peuvent fondre durant l'incinération et produire des vapeurs ou de minuscules particules d'oxyde métallique qui s'échappent avec les autres gaz de combustion par les conduits d'évacuation de l'incinérateur. Si la température d'incinération est insuffisante pour les faire fondre, ces métaux, et tous les autres métaux contenus dans les appareils incinérés, se retrouvent dans les cendres lourdes. Ces dernières peuvent, au cas où on les mettrait en décharge, donner lieu à des préoccupations concernant la possibilité d'une exposition à des substances dangereuses, comme décrit plus haut. En outre, il est possible que la lixiviation se fasse alors beaucoup plus rapidement que dans le cas d'appareils encore entiers.

Par ailleurs, si la température d'incinération n'est pas maintenue à un niveau suffisamment élevé pendant suffisamment longtemps, il peut arriver que les plastiques et autres hydrocarbures contenus dans les appareils ne s'oxydent pas complètement en dioxyde de carbone et en eau et se combinent avec des halogènes pour former des hydrocarbures halogénés, en particulier des dioxines et des furanes.

Les téléphones portables dégagent, en brûlant, des substances préoccupantes qui, lorsque l'incinération est effectuée de manière non professionnelle et totalement incontrôlée, et même dans les cas où l'opération est un peu mieux contrôlée, sont rejetées dans l'atmosphère et, lors de la gestion ultérieure des cendres volantes et lourdes, se propagent dans les autres milieux³.

3.2.3 Récupération des métaux

Les téléphones portables sont de bonnes sources de métaux, en particulier lorsque les volumes traités permettent des économies d'échelle. Les métaux les plus intéressants à récupérer sont, d'une part, le cuivre, qui est le plus abondant, et l'or, ainsi que le palladium et l'argent, qui sont les plus précieux. Le cobalt des batteries au lithium ionique présente également un intérêt économique, de même que l'aluminium et le magnésium dont sont constitués certains boîtiers.

Le traitement en vue de la récupération des métaux peut commencer par un passage dans des déchiqueteuses spécialisées réservées aux déchets électroniques pour réduire les appareils en morceaux plus petits, d'environ 2 cm, qui conviennent mieux pour alimenter les fours de fusion. Le déchiquetage fait beaucoup de bruit et génère des poussières qui peuvent contenir n'importe laquelle des substances présentes dans les téléphones portables. Si ces particules ne sont pas contrôlées, les travailleurs risquent d'être exposés, par inhalation ou ingestion, à ces substances. Toutefois, en déchiquetage normal, seules de faibles quantités de substances sont dégagées⁴. Les batteries, au cas où on ne les aurait pas enlevées avant le déchiquetage, peuvent libérer des substances caustiques. Elles peuvent également provoquer des courts-circuits et prendre feu, donnant ainsi lieu à leurs propres émissions toxiques.

Le déchiquetage peut être suivi d'une séparation en plusieurs étapes des différents types de métaux et de matériaux non métalliques. Diverses méthodes sont employées pour ce faire, celles-ci faisant appel, entre autres, à des aimants, aux courants de Foucault, à la flottation, etc. Les poussières générées lors du

³Stewart, E. et Lemieux, P., Emissions from the Incineration of Electronic Industry Waste, IEEE Symposium on Electronics and the Environment, 2003, pp. 271–275. Ce document décrit les expériences faites par l'EPA avec un système de combustion contrôlée doté d'un dispositif de post-combustion de capacité insuffisante et ne disposant d'aucun autre procédé de réduction des émissions.

⁴ Du TBBPA et d'autres retardateurs de flamme bromés présents dans les rebuts électroniques ont été détectés dans l'environnement de travail dans une installation de déchiquetage suédoise à des concentrations extrêmement faibles. Se reporter à Sjödin, A., Carlsson, H., Thuresson, K., Sjölin, S., Bergman, A., Ostman, C., *Flame Retardants in Indoor Air at an Electronics Recycling Plant and at Other Work Environments*, Environmental Science and Technology, 35, 448-454 (2001).

déchetage continuent d'être présentes et doivent être contrôlées pour éviter d'exposer les travailleurs. Après triage, les matériaux sans valeur marchande doivent être éliminés par mise en décharge ou incinération autorisées, selon le cas.

La fusion, qui permet de séparer le cuivre ainsi que les métaux précieux et moins précieux de la masse des autres matériaux, est une opération qui se fait sur des volumes importants et à des températures élevées. Elle peut libérer des vapeurs de métaux et des particules d'oxydes métalliques qui, à moins d'être contrôlées, peuvent affecter les travailleurs et les communautés qui se trouvent sous le vent par rapport à l'installation de traitement. A cet égard, le métal le plus problématique est peut-être le béryllium mais les quantités utilisées dans les téléphones portables sont suffisamment faibles pour permettre une limitation des émissions à des niveaux très inférieurs aux concentrations atmosphériques stipulées dans les normes⁵. Lorsque les matériaux traités par fusion contiennent des hydrocarbures, des particules incomplètement brûlées peuvent se dégager, de même que des dioxines et des furanes dans les cas où des halogènes sont également présents. Il est possible de contrôler ces émissions au moyen de processus et de systèmes convenablement conçus, mais il faut veiller à avoir une infrastructure adaptée et à pratiquer une gestion rationnelle⁶.

La récupération des métaux contenus dans les batteries se fait selon un processus qui, comme la fusion, fait intervenir des volumes importants et des températures élevées et peut générer des vapeurs de métaux ainsi que des particules d'oxyde métallique susceptibles d'affecter les travailleurs et les communautés environnantes. Le cadmium trouvé dans certaines batteries est un métal à faible température de fusion qui peut se mélanger facilement aux effluents gazeux, le plus souvent sous forme de particules d'oxyde. Comme dans le cas de la fusion, il est possible de contrôler ces émissions au moyen de processus et de systèmes convenablement élaborés, mais il faut veiller à avoir une infrastructure adaptée et à pratiquer une gestion rationnelle⁷.

La fusion est suivie d'un certain nombre d'opérations d'électroraffinage, de dissolution et de précipitation (procédés hydrométallurgiques) différentes pour chacun des métaux visés, le but étant de purifier ces derniers jusqu'à ce qu'ils parviennent à la qualité commerciale. Ces traitements peuvent générer des effluents aqueux contenant de fortes concentrations de métaux toxiques. De tels effluents exigent, au cas où ils ne seraient pas entièrement réutilisés à l'intérieur de l'installation de raffinage, qu'on accorde une attention particulière à l'existence d'une infrastructure adaptée et à la pratique d'une gestion rationnelle.

Les scories obtenues à l'issue de la fusion contiennent également des substances préoccupantes. Celles qui contiennent des concentrations relativement élevées de métaux présentant un intérêt économique devraient être réintroduites dans le four, ou intégrées à d'autres flux devant subir un traitement par fusion, aux fins de récupération de ces métaux. Cette deuxième fusion peut provoquer des dégagements renouvelés de vapeurs et de particules mais permet d'améliorer le taux de récupération et d'éviter la mise en décharge. Il est également possible de réduire les scories en poudre pour les préparer à un traitement supplémentaire afin d'en récupérer d'autres métaux par lixiviation sélective et précipitation. Ces étapes additionnelles peuvent conduire à une exposition des travailleurs à des poussières contenant des métaux et à des effluents aqueux à forte teneur en métaux toxiques. Il convient de les contrôler en utilisant des procédés convenablement élaborés et en pratiquant une gestion rationnelle.

Généralement constituées de verre de silice, les scories, une fois stabilisées et rendues insolubles par

⁵ Ibidem.

⁶ OECD ENV/EPOC/WMP(97)4/REV2, Rapport sur l'incinération des produits contenant des retardateurs de flamme bromés, 1998. Voir également, par ex. Lehner, Theo, E&HS Aspects on Metal Recovery from Electronic Scrap, IEEE Symposium on Electronics and the Environment, 2003, pp. 318-322.

⁷ Voir note 3

traitement à haute température, sont insensibles à la lixiviation et peuvent s'utiliser en toute sécurité comme agrégat pour la construction de routes et de bâtiments. Si elles ne sont pas stabilisées et rendues insolubles, leur utilisation à terre ou leur élimination définitive par mise en décharge présente le même potentiel de libération de substances préoccupantes que celui décrit plus haut.

3.2.4 Récupération des matières plastiques

La récupération des matières plastiques contenues dans les téléphones portables reste, à ce jour, une opération peu courante en raison de la rareté des installations capables d'assurer un triage efficace permettant de produire des flux nettoyés ne comportant qu'un seul type de plastique. Dans les fours de fusion dotés d'un système approprié de traitement des gaz de combustion dont on se sert dans le processus de récupération des métaux, il est possible d'utiliser les plastiques comme combustible, à la place des hydrocarbures usuels, ou comme agent réducteur. Si les boîtiers des téléphones portables étaient conçus de telle sorte qu'ils puissent s'enlever facilement et soient dépourvus de substances contaminantes étrangères du genre peinture, étiquettes ou métaux, et s'ils pouvaient être collectés en quantités suffisamment importantes, il serait possible de recycler rentablement les plastiques spéciaux dont ils sont constitués, qui sont en général des mélanges d'ABS (acrylonitrile butadiène styrène) et de polycarbonate. Le désassemblage manuel des téléphones portables avant récupération des métaux précieux peut produire des flux raisonnablement propres de tels plastiques. Des recherches sur l'identification et le triage des plastiques sont en cours et il est possible que cette option devienne, à l'avenir, économiquement viable. De fait, le célèbre Institut Fraunhofer⁸ d'Allemagne a démontré dans le cadre de son projet pilote « RegioPlast » lancé en 2001-2002 que le recyclage du plastique des déchets électriques et électroniques est techniquement faisable et économiquement viable si les pièces traitées sont d'assez grande taille et propres⁹.

Le processus de récupération commence par le triage des différentes sortes de plastiques, étape qui ne comporte aucun risque d'exposition à des substances dangereuses. À l'issue du triage, on granule les matériaux. Cette opération peut générer de la chaleur et, si elle n'est pas convenablement gérée, de la fumée et du feu.

Le plastique des boîtiers peut contenir un retardateur de flamme bromé, le plus souvent du décabromodiphényléther. Des dégagements de cet additif ignifugeant peuvent se produire lors de la granulation mais des études ont montré que les quantités libérées sont peu importantes.

Une fois réduit en granules, le plastique peut être moulé à haute pression et à une température élevée pour lui donner la forme voulue. Un risque d'exposition aux substances qu'il renferme existe évidemment, mais il ne diffère en rien de celui que présentent les plastiques du même type provenant d'autres sources.

3.3 Recommandations relatives à la section 3

1. Conformément à la Déclaration ministérielle de Bâle pour une gestion écologiquement rationnelle, il convient de soustraire les téléphones portables usagés et en fin de vie à l'élimination définitive par mise en décharge, incinération ou autre et de leur appliquer des solutions plus écologiques telles que la réutilisation, la remise à neuf ou la récupération et le recyclage des matériaux.

2. Pour la récupération et le recyclage des matériaux, il convient de se conformer aux pratiques écologiquement rationnelles préconisées dans le présent document. Toutes les mesures possibles devraient être

⁸ Institute on Techniques of Production and Automation (IPA), Stuttgart

⁹ Pour de plus amples informations, se reporter à la section 4.4.5

prises pour éviter les pratiques non rationnelles comme, par exemple, celles qui consistent à ne pas appliquer la réglementation sur la protection adéquate des travailleurs et de l'environnement (cas des méthodes « primitives » et « d'amateur »), ou à ne faire aucun effort pour maximiser la quantité de matériaux récupérés et recyclés.

3. La priorité devrait être accordée aux procédés éco-efficaces de valorisation matière et de recyclage permettant de récupérer un taux élevé des divers matériaux contenus dans les appareils et accessoires précités, de réduire au minimum les pertes de matériaux précieux et d'alléger l'impact environnemental de la production des téléphones portables. Par exemple, il pourrait être plus efficace d'un point de vue écologique de récupérer une petite quantité d'or qu'une quantité importante de fer ou de matières plastiques/résines organiques. Toutefois, le processus de récupération ne devrait pas empêcher la récupération efficace d'autres substances, énumérées dans le tableau de la section 3.1.

4. Le béryllium et certains ignifugeants ont été identifiés dans le présent document comme des substances particulièrement problématiques lors du traitement des téléphones portables en fin de vie. Les fabricants devraient envisager d'utiliser des matériaux de substitution remplissant la même fonction.

5. Afin d'éviter que les travailleurs soient exposés à des substances préoccupantes au cours des opérations de récupération et de recyclage des matériaux qui produisent des poussières et des vapeurs, des techniques appropriées de réduction des émissions devraient être employées (se reporter à la section 4.1 Santé et sécurité au travail).

6. Si les matériaux sont d'abord déchetés puis triés, il faut veiller tout particulièrement à éviter les pertes de métaux précieux présentant une grande importance économique et écologique. Il est recommandé d'enlever les circuits imprimés avant déchetage et triage, et de les vendre aux fins de réutilisation ou d'assurer leur valorisation matière par un traitement métallurgique approprié¹⁰.

4. PRATIQUES ÉCOLOGIQUEMENT RATIONNELLES DE RÉCUPÉRATION ET DE RECYCLAGE DES MATÉRIAUX

Lorsqu'ils sont collectés en quantités suffisantes, les téléphones portables en fin de vie sont une source utile de métaux, dont entre autres le cuivre, l'or, l'argent et le palladium. De plus, d'un point de vue environnemental, la récupération et le recyclage de ces métaux constitue la pratique qui a l'impact le plus positif (éco-efficacité) actuellement. Toutefois, des recherches sur le recyclage des matières plastiques présentes dans les déchets électroniques sont en cours et il est possible que cette option devienne, à l'avenir, économiquement viable. La fraction de matières plastiques contenues dans les téléphones portables peut également contribuer à des processus de recyclage économes en énergie si l'on fait usage de ses propriétés réductrices et de son pouvoir calorifique en tant que combustible de substitution dans les fonderies et les raffineries.

La chaîne de récupération et de recyclage des matériaux comprend les principales étapes suivantes :

- Collecte (pas traitée dans le cadre de ce projet)
- Ségrégation, c'est-à-dire triage des déchets (électroniques) pour en retirer les téléphones portables et éventuelle réutilisation (pas traité dans le cadre de ce projet)
- Séparation des composants des téléphones portables
 - Séparation des accessoires
 - Retrait des batteries

¹⁰ On peut trouver des métaux précieux non seulement dans les alliages métalliques des circuits imprimés (contacts, soudures, etc.) mais aussi dans leurs pièces et éléments en céramique (circuits intégrés, condensateurs multicouches) et en plastique ou résine (finitions, couches, etc.)

- Démontage manuel ou mécanique des autres pièces (facultatif)
- Recyclage des batteries
- Recyclage des accessoires
- Recyclage des combinés
- Déchiquetage (facultatif) ou déchiquetage et séparation des matériaux (facultatif)
- Échantillonnage et analyse afin de déterminer la composition de chaque matériau particulier
- Fusion, c'est-à-dire valorisation des métaux contenus
- Raffinage des métaux, c'est-à-dire séparation et purification des métaux pour en faire des produits commercialisables.

4.1 Directives générales relatives aux installations

Le traitement des téléphones portables et de leurs accessoires se fait généralement dans des installations de récupération de matières premières, ce qui exige de la part des gouvernements concernés un plus grand degré de supervision environnementale en rapport avec les risques écologiques liés aux systèmes de traitement utilisés. Les systèmes de gestion de l'environnement deviennent dès lors un aspect important de ces installations.

■ Système de gestion de l'environnement :

L'installation de récupération et de recyclage des matériaux devrait avoir et entretenir un système documenté de gestion de l'environnement afin de pouvoir assurer un contrôle approprié de son impact sur l'environnement. Cela peut inclure, entre autres, des systèmes de gestion certifiés ISO 14001.

Ce système devrait comprendre également l'archivage des documents de transport, connaissances et informations relatives aux chaînes de responsabilité permettant d'assurer le suivi des matériaux récupérés destinés à être mis sur le marché.

L'installation devrait opérer selon des normes ou procédures écrites concernant les méthodes de travail, l'utilisation du matériel, les systèmes de gestion, le contrôle des activités menées sur le site, les règles et exigences en matière de sécurité, et les méthodes d'observation et de surveillance (c'est-à-dire, un manuel général d'opération, d'exploitation du matériel et de sécurité).

■ Autorisations/Permis :

L'installations doit se conformer à toutes les réglementations environnementales applicables aux niveaux international, fédéral, provincial et municipal.

À cet égard, les installations de récupération et de recyclage des matériaux sont tenues d'obtenir préalablement l'autorisation de toutes les autorités gouvernementales appropriées.

Les autorisations et permis doivent être en conformité avec les exigences réglementaires gouvernementales, régionales et locales. Des permis spécifiques pourraient, par exemple, être requis dans les domaines suivants : stockage, émissions atmosphériques, eau, déchets dangereux, mise en décharge et autres opérations ayant trait à l'élimination. Des processus permettant d'assurer le respect continu des exigences liées à ces permis devraient être en place.

■ Surveillance et conservation des données :

Un programme de suivi devrait être maintenu pour surveiller :

- les principaux paramètres d'exploitation

Directive sur la récupération des matériaux et le recyclage des téléphones portables en fin de vie

- les éléments présentant des risques sanitaires, tels que le béryllium
- le respect des réglementations en vigueur
- la production d'émissions ou d'effluents
- Les mouvements ainsi que l'entreposage des déchets et, plus particulièrement, des déchets dangereux.

Afin de se conformer aux exigences, l'installation devrait être dotée de systèmes adéquats de conservation des données et posséder des archives sur la formation du personnel, en particulier dans les domaines de la santé et de la sécurité, les manifestes, connaissements et chaînes de responsabilité pour tous les matériaux transportés, les plans d'intervention en cas d'urgence, les plans de clôture (en cas de fermeture d'une usine ou d'arrêt d'une activité), les politiques de conservation des données, les procédures de prévention et de suppression des incendies, le plan de rechange en cas de défaillance du matériel, et les plans de sécurité.

■ Planification des interventions en cas d'urgence :

L'installation devrait disposer d'un plan régulièrement mis à jour fournissant des orientations sur la manière de faire face aux incendies, explosions, accidents, émissions imprévues, phénomènes météorologiques tels que tornades et ouragans, et autres urgences. Ce plan devrait indiquer également les mesures de notification et de surveillance nécessaires dans certaines situations précises.

Il devrait être communiqué aux autorités locales chargées des interventions en cas d'urgence.

■ Santé et sécurité au travail (meilleures pratiques en matière de santé des travailleurs) :

L'installation doit être conforme à toutes les réglementations applicables (normes fédérales, provinciales/nationales et industrielles) en matière de santé et de sécurité.

Elle doit garantir la santé et la sécurité des employés sur les lieux de travail et, pour ce faire :

- a) offrir au personnel des stages de formation continue en matière de santé et de sécurité,
- b) veiller à l'ergonomie des postes de travail et à la sûreté ainsi qu'à l'efficacité de l'outillage,
- c) éviter aux employés, dans la mesure du possible, de soulever de lourds fardeaux et leur apprendre les techniques de levage sans danger. Dans certains cas, des appareils de levage peuvent être nécessaires,
- d) mettre des équipements de protection individuelle à la disposition du personnel et veiller à leur utilisation,
- e) étiqueter tous les matériaux dangereux,
- f) sécuriser les processus mécaniques dangereux,
- g) éviter l'exposition des employés à des risques professionnels inacceptables, tels que ceux présentés par les poussières et vapeurs en suspension dans l'air, en utilisant des systèmes de dépoussiérage,
- h) surveiller périodiquement la qualité de l'air afin de détecter la présence éventuelle de plomb, cadmium, béryllium et autres éléments présentant des risques,
- i) fournir du matériel et des systèmes de lutte anti-incendie appropriés,
- j) envisager la mise en place de règles interdisant de manger ou de fumer dans les zones de traitement.

Dans certaines conditions, les employés doivent porter un équipement de protection individuelle (EPI) pour assurer leur sécurité. Le niveau de protection requis dépendra des risques auxquels chaque employé peut être amené à s'exposer et du type de matériel avec lequel il travaille.

■ Équipement de protection individuelle :

- Protection des yeux – il convient de porter des lunettes de protection pour éviter les lésions oculaires. Des stations de lavage oculaire devraient être disponibles dans des zones facilement accessibles par les employés ainsi qu'aux endroits stipulés par la législation locale.

Directive sur la récupération des matériaux et le recyclage des téléphones portables en fin de vie

- Protection de la tête – le port d'un casque peut être requis dans certaines zones comme, par exemple, aux alentours des râteliers suspendus en hauteur, des machines de désassemblage automatique et des fours de fusion.
- Protection des mains – des gants peuvent être requis lors de l'ouverture d'emballages, de l'emploi de couteaux de sécurité, de la manutention d'objets tranchants, de l'utilisation de transpalettes, etc. Le port de gants est également recommandé lors du démontage manuel d'appareils et de la manutention de produits chimiques. Les gants protègent les mains des coupures, abrasions, brûlures chimiques et infections par des pathogènes véhiculés par le sang.
- Protection de la peau – dans certaines conditions, par exemple quand on travaille à proximité de fours, d'équipements chimiques ou de certains types de matériel automatique, le port d'une blouse de travail ignifugée peut être nécessaire pour protéger les parties exposées de la peau contre les brûlures et les éclaboussures de substances caustiques.
- Protection des pieds – il convient de porter des chaussures à bouts munis de coques en acier pour protéger les pieds contre les blessures causées par les chutes d'objet, les transpalettes, les déversements de produits chimiques, etc.
- Protection auditive – des bouchons d'oreille devraient être utilisés dans les zones de travail où le niveau de bruit est tel qu'une exposition prolongée conduirait à des lésions auditives.
- Protection respiratoire – le port d'un masque anti-poussière ou d'un masque de protection est indiqué dans les endroits présentant des risques d'inhalation de poussières.

■ Formation :

L'installation devrait offrir des stages périodiques de formation à la santé et à la sécurité au travail. Ces derniers devraient porter sur les pratiques de travail sans danger, les précautions à prendre en matière de sécurité et les équipements de protection individuelle requis. Les employés devraient être formés de façon à être en mesure d'identifier et de manipuler correctement tout matériau dangereux pouvant se trouver dans un arrivage de déchets.

La formation devrait être documentée et les dossiers correspondants archivés et actualisés suivant les évolutions de la situation.

■ Garantie financière :

Il convient de garder en réserve un instrument financier permettant d'assurer un nettoyage approprié en cas :

- de rejets importants de polluants ou d'erreur grave de gestion des équipements et composants électroniques en fin de vie et des rebuts électroniques,
- de fermeture définitive de l'installation.

4.2 Schéma opérationnel – Récupération des métaux précieux et autres matériaux pouvant être extraits des téléphones portables

[Translation of wording for Flow diagram 4.2 – Recovery of Precious Metals and Other Materials from Mobile Phones, which cannot be overwritten]

English	French
Mobile phone collection	Collecte des téléphones portables
Manual separation	Séparation manuelle
Batteries	Batteries
Battery recycling	Recyclage
Usable components	Éléments utilisables
Used parts markets	Marchés des pièces détachées d'occasion
Mobile phone handsets	Combinés
Direct smelting (A) or shredding (B)	Fusion directe (A) ou déchiquetage (B)
Electronic scrap shredding	Déchiquetage des rebuts électroniques
Separation systems: e.g., magnetic, eddy currents, flotation, others	Séparation (par voie magnétique, courants de Foucault, flottation et autres méthodes)
Aluminium and/or magnesium	Aluminium et/ou magnésium
Ferrous metal	Métaux ferreux
Plastics	Plastiques
Other	Autres
Aluminium recycling and/or magnesium recycling	Recyclage spécifique
Ferrous recycling	Recyclage spécifique
Plastics recycling	Recyclage spécifique
Other recycling	Autre recyclage
With ~40% plastic	Avec ~ 40 % de plastique
Precious metals, copper (with ~1-5% plastic)	Métaux précieux, cuivre (avec ~ 1-5 % de plastique)

Directive sur la récupération des matériaux et le recyclage des téléphones portables en fin de vie

Precious metal operation: remelt	Refusion des métaux précieux
Sampling, precious and other metals analysis*	Echantillonnage, analyse des métaux précieux et autres*
Secondary copper/precious metals facilities*	Installations de récupération du cuivre et métaux précieux secondaires*
Copper anode	Anode cuivre
Primary slag	Scories primaires
Copper electrolysis	Electrolyse
Various processes*	Divers procédés*
Copper	Cuivre
Anode slimes	Boues anodiques
Lead, nickel, tin, etc.	Plomb, nickel, étain, etc.
Precious metal refining*	Raffinage des métaux précieux*
Gold, palladium, silver	Or, palladium, argent
*These are processes that are coordinated at an "integrated copper smelter".	*Ces opérations font partie des activités d'une fonderie intégrée.
Non usable residues of all processes are finally disposed.	Note : Certaines d'entre elles génèrent des résidus non utilisables qui doivent alors être éliminés définitivement.

4.3 Récupération potentielle de matériaux pouvant être extraits des téléphones portables par comparaison avec la production mondiale de constituants

Matériau	Production primaire annuelle (approximative, en tonnes)	Contenu estimé 1,15 milliard de téléphones Vendus en 2007 (tonnes)	Pourcentage utilisé dans les téléphones
Acier, fer	1 300 000 000	11 500	0,00 %
Plastiques	100 000 000	46 000	0,05 %
Aluminium	22 000 000	3 450	0,02 %
Cuivre	16 000 000	11 500	0,07 %
Étain	265 000	1 150	0,43 %
Argent	20 000	400	2,00 %
Or	2 500	40	1,60 %
Palladium	220	16	7,27 %

4.4 Séparation

4.4.1 Séparation manuelle des composants, accessoires et matériaux

Préalablement à la récupération et au recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie, plusieurs éléments doivent être séparés et triés. Les batteries doivent être retirées avant tout traitement mécanique ou pyrométallurgique, c'est-à-dire avant tout déchiquetage et/ou fusion. Les accessoires doivent également être triés et séparés du combiné. Les parties en plastique peuvent être retirées manuellement, si possible et si nécessaire, et recyclées séparément du reste.

Les métaux présentant un intérêt économique et préoccupants sur le plan de l'environnement se trouvent principalement dans les circuits électroniques du combiné. Cependant, les accessoires ne doivent pas pour autant être négligés : la station de charge contient une petite quantité de cuivre, aux points de contact avec le combiné, et le transformateur contient du fil de cuivre. Les autres accessoires, tels que les écouteurs et les câbles de connexion, contiennent une petite quantité de cuivre. Ces dispositifs devraient être vérifiés en vue d'une prolongation éventuelle de leur utilisation avec un téléphone portable en état de marche, mais s'ils ne prêtent pas à un tel emploi, ils devraient être traités dans une installation de recyclage et/ou une fonderie contrôlée de manière appropriée, afin de tirer un profit économique et écologique des métaux récupérés.

La valeur métallique des accessoires est souvent inférieure à celle des téléphones portables. Dans ce cas, le tri préalable est une étape particulièrement importante du processus de récupération et de recyclage des matériaux. Parmi les accessoires des téléphones portables figurent entre autres les chargeurs, les prises, les adaptateurs pour prise allume-cigare, les périphériques Bluetooth, les écouteurs, les kit mains libres, les étuis de protection et les housses et clips de ceinture.

Même si les accessoires ont été séparés du combiné, ils peuvent être envoyés aux mêmes installations de récupération que celui-ci.

Les batteries doivent être retirées du combiné avant son recyclage, mais à part cela aucun démontage manuel ne sera probablement nécessaire, ou il sera très limité. Le plastique, qui constitue la matière principale, peut être recyclé pour la fabrication de nouveaux plastiques ou utilisé pour sa valeur énergétique dans le flux de fonderie. On peut recourir au déchetage afin de réduire la taille des accessoires, pour la préparation d'échantillons ou avant la séparation des métaux et des matériaux non métalliques. Les batteries utilisées dans les téléphones portables sont de divers types, dont nickel-cadmium (Ni-Cd), nickel-hydrure métallique (NiMH), lithium-ion (Li-ion) et lithium-polymère. Elles devraient être retirées avant de soumettre le combiné à quelque traitement que ce soit. Si elles sont retirées manuellement dans une installation de démontage spécialisée, l'on devra veiller à éviter les lésions résultant de gestes répétitifs. Une fois retirées, les batteries devraient être gérées de manière à éviter tous bris. Bien qu'elles ne soient pas fragiles, elles peuvent se briser lors d'une manipulation brutale et l'électrolyte, qui est caustique, ainsi que d'autres substances peuvent s'en échapper. Comme il est possible que les batteries aient conservé une charge électrique, il conviendra lors de leur manipulation de prendre les mesures voulues pour éviter qu'elles prennent feu suite à un court-circuit. Les batteries retirées doivent être envoyées à des installations de récupération et de recyclage des matériaux qui utilisent des procédés spécifiques à chaque type de batterie. Ces installations devront avoir obtenu des autorités locales les autorisations requises. Autres pièces : après le retrait de la batterie, le démontage des téléphones portables peut être poursuivi, manuellement, afin de récupérer certains composants potentiellement réutilisables. Toutefois, le démontage de petits dispositifs est une opération à forte intensité de main d'œuvre. La séparation manuelle des composants des téléphones portables a l'inconvénient de générer des coûts élevés (se reporter à la section 4.7 pour un examen plus détaillé de la question et des coûts). Il est par conséquent recommandé de limiter la séparation au minimum nécessaire pour permettre un recyclage ultérieur par des procédés éco-efficaces. Cela comprend :

- Séparation des accessoires : si possible, ceux-ci devraient être réutilisés. Bien qu'ils puissent être également traités dans une fonderie/raffinerie, ils doivent être isolés à des fins d'échantillonnage et pour éviter des problèmes d'ordre mécanique dans le flux d'alimentation de la fonderie (obstructions causées par les câbles).
- Séparation des batteries : un traitement particulier approprié, notamment dans le cas de batteries NiMH et Li-ion, permet d'obtenir de meilleurs rendements de récupération et de recyclage.

Dans les régions où l'on peut faire appel à une main d'œuvre qualifiée à un prix abordable, il peut être bénéfique de séparer manuellement les circuits imprimés des téléphones portables. Cela permet de réduire le coût de leur traitement métallurgique ultérieur, sans risque de pertes de métaux précieux au cours du processus de séparation, la condition préalable étant que les autres fractions démontées (y compris le boîtier) puissent être également dirigées vers des processus de réutilisation/recyclage écologiquement rationnels.

4.4.2 Séparation mécanique des composants

La séparation mécanique des composants, à l'aide de robots ou de procédés automatisés, est en cours d'étude, et sera peut-être possible lorsque les téléphones portables auront été conçus dans l'optique d'une telle séparation. À ce jour, aucune installation ne semble avoir mis en œuvre de procédé efficace de séparation mécanique des composants.

4.4.3 Séparation mécanique des matériaux

La séparation mécanique offre une option alternative à l'utilisation des combinés pour alimenter directement les fours de fonderie ou de raffinerie. Ce processus consiste à séparer les uns des autres les matériaux du combiné (après retrait de la batterie). Les matières plastiques doivent être séparées des métaux, les plastiques séparés les uns des autres et les métaux les uns des autres, si leurs propriétés permettent une telle séparation et en fonction des technologies employées.

Le prétraitement a l'avantage de faciliter la séparation et le recyclage des matières plastiques qui peuvent ensuite être récupérées, ainsi que la séparation du fer et de l'aluminium/magnésium qui seraient sinon perdus au cours de la fusion. Le prétraitement manuel des différentes fractions peut présenter un avantage en améliorant la séparation mécanique ultérieure des matières plastiques, du fer, de l'aluminium/magnésium et des circuits imprimés, en augmentant les rendements de récupération et en réduisant au minimum la perte potentielle de métaux précieux dans d'autres fractions obtenues, à partir desquelles ils ne peuvent pas être récupérés.

La séparation mécanique comprend le déchetage grossier, suivi d'un tri manuel et d'autres techniques de réduction de la taille des composants et de séparation. L'on procède à une réduction de la taille des produits, des résidus ou des matières premières de manière à ce qu'ils soient mieux adaptés à la vente ou à un traitement ultérieur. De nombreux types différents de broyeurs sont utilisés, y compris des concasseurs à cône et des broyeurs à boulets. Les composants électroniques, qui renferment plusieurs métaux non-ferreux, peuvent être broyés de manière à libérer les circuits imprimés et autres matériaux, lesquels peuvent alors être séparés des composants métalliques. Les techniques de séparation sont plus souvent utilisées pour les matières premières secondaires, la plus courante étant la séparation par voie magnétique. La séparation par flottation ou par densité est utilisée par le secteur de la transformation de la ferraille, mais on peut également y avoir recours dans le secteur des métaux non ferreux, comme par exemple pour le traitement des déchets de batteries en vue d'en retirer les matières plastiques. Dans ce cas, la différence de densité et de taille des diverses fractions est utilisée pour séparer les métaux, les oxydes métalliques et les composants en plastique dans une solution aqueuse. Les métaux peuvent également être séparés des matériaux moins denses, comme les plastiques et les fibres contenus dans les déchets électroniques, par séparation pneumatique. La séparation par voie magnétique est utilisée pour retirer les morceaux de fer et réduire la contamination des alliages. Les séparateurs magnétiques overband sont généralement disposés au-dessus de convoyeurs. Les champs magnétiques en mouvement (séparation par courants de Foucault) sont utilisés pour séparer l'aluminium des autres matériaux. D'autres techniques de séparation font intervenir l'usage de la couleur, d'UV, d'IR, de rayons X, de laser et autres systèmes de détection en association avec des trieurs mécaniques ou pneumatiques. Ces techniques sont utilisées par exemple pour séparer les batteries Ni/Cd des autres types de batteries ; on travaille à leur mise au point pour d'autres applications également.

Si l'on procède à un déchetage des combinés, cette opération devra s'effectuer uniquement dans un dispositif spécialement conçu pour traiter les déchets électroniques, de manière à réduire au minimum les pertes de métaux précieux.

4.4.4 Disponibilité de marchés

Il existe actuellement dans un certain nombre de pays des installations de prétraitement (traitement mécanique) spécifiquement conçues pour les équipements électriques et électroniques. L'implantation de la majorité de celles-ci a été encouragée par la législation nationale en place, et la plupart d'entre elles se trouvent, semble-t-il, dans les pays membres de l'OCDE, bien qu'il en existe plusieurs en dehors de la zone de l'OCDE. Ce secteur est en rapide expansion dans les pays où il est encouragé et appuyé par une législation du type Responsabilité élargie du producteur.

La technologie de prétraitement est facilement disponible, et la mise en place de telles installations, avec toutes les mesures appropriées de protection de la santé humaine et de l'environnement, n'exige pas nécessairement d'importants capitaux. Par conséquent, une demande accrue de ce type de services se traduira par l'implantation de nouvelles installations ou l'expansion des installations existantes.

4.4.5 Récupération et recyclage des matières plastiques

Comme il est décrit ci-dessus, dans le cas de petits appareils comme les téléphones portables, il est difficile de parvenir à séparer une fraction de matières plastiques de qualité marchande d'une manière économiquement viable. Toutefois, la séparation peut s'effectuer soit manuellement, soit mécaniquement. Il est nécessaire de recourir à un processus de démontage et de tri manuels à forte intensité de main d'œuvre pour obtenir des fractions de plastiques propres, bien que l'existence d'une demande suffisante de ces matières sur le marché reste encore discutable. Le prétraitement mécanique, qui est l'autre solution, génère actuellement une fraction de plastiques qui est contaminée par des métaux et risque fortement de ne pas pouvoir être commercialisée aux fins d'une réutilisation ou d'un recyclage. Ces fractions de plastiques contaminées par des métaux pourraient être traitées dans une fonderie et raffinerie intégrée, mais dans ce cas il serait plus (éco-)efficace d'y traiter le combiné tout entier et d'éviter ainsi l'étape de prétraitement mécanique. Le traitement des combinés entiers par un procédé pyrométallurgique présente l'avantage non seulement de pouvoir récupérer les métaux, mais aussi d'utiliser le plastique comme combustible de substitution et agent de réduction. Cela exige la présence d'installations extrêmement efficaces de traitement des effluents gazeux et aqueux, comme il a été décrit plus haut.

Des recherches sur l'identification et le triage des plastiques sont en cours et il est possible que cette option devienne, à l'avenir, économiquement viable. De fait, le célèbre Institut Fraunhofer¹¹ d'Allemagne a démontré dans le cadre de son projet pilote « RegioPlast » lancé en 2001-2002 que le recyclage du plastique des déchets électriques et électroniques est techniquement faisable et économiquement viable. La fraction de plastique obtenue des déchets électriques et électroniques¹² peut être utilisée sous forme de comprimés de plastique de qualité certifiée pour la production de nouveaux éléments de construction en plastique technique. Les types de plastique utilisés dans le projet pilote sont le polypropylène, l'acrylonitrile butadiène styrène (ABS), le polycarbonate (PC) et le polystyrène. Ils sont comparables aux types de plastiques utilisés dans les téléphones portables, ceux-ci étant constitués en majeure partie d'ABS et de PC.

L'ABS et le PC utilisés dans les téléphones portables pourraient avoir une valeur économique positive. Toutefois, il faudrait pour cela que certaines conditions soient remplies : tout d'abord, ils devraient être collectés en quantités raisonnablement importantes et, deuxièmement, ils devraient être dépourvus de substances les rendant inutilisables pour la récupération, tels que peintures, étiquettes et métaux, qui sont difficiles à enlever.

Comme l'a montré l'examen de la conception des téléphones portables¹³, l'élimination des dispositifs de fixation en métal et la coloration par injection de pigments dans la masse du plastique plutôt que par l'emploi de peintures pourraient améliorer la rentabilité de la récupération en fournissant un flux de plastiques ABS et PC plus propre. Les plastiques dépourvus de peinture peuvent être transformés en plastique noir, qui représente une importante part de marché. De plus, les plastiques ABS et PC propres récupérés des téléphones portables pourraient être combinés avec les mêmes types de plastiques retirés d'autres déchets électroniques, de manière à disposer de plus gros volumes, ce qui permettrait un recyclage des plastiques plus efficace du point de vue économique.

¹¹ Institute on Technik of Production and automation (IPA), Stuttgart.

¹² Les téléphones portables sont inclus dans la définition des déchets électriques et électroniques donnée dans le cadre de l'étude Fraunhofer.

¹³ Se reporter au rapport du groupe de projet 4.1 p.23-24.

4.5 Recyclage des batteries

De nos jours, comme les téléphones portables sont de plus en plus petits, les batteries constituent 1/3 de leur poids. On trouve trois types de batteries rechargeables dans les téléphones portables : NiCd, NiMH et Li-ion/Li-polymère. Un aperçu de la composition est donné dans le tableau ci-dessous (tous les chiffres sont indiqués en pourcentage du poids) :

Système	Plastiques (% pds)	Fe (% pds)	Al (% pds)	Cu (% pds)	Ni (% pds)	Co (% pds)	C (% pds)	Cd (% pds)	Électrolyte (% pds)
NiCd	5-15	45			20			15	15
NiMH	20	18	1		28	3		/	20
Li- polymère	/	16	13	16	1	20	15	/	/
Li-ion gaine Al	10-30	1	35	8	2	16	10	/	10-15
Li-ion gaine acier	10-30	35	5	8	1	15	10	/	10-15

L'on utilise principalement les batteries NiMH et Li-ion dans les téléphones portables. Le dernier type, NiCd est un ancien produit qui n'est probablement plus utilisé dans les nouvelles applications, Toutefois, on peut encore le trouver dans les vieux téléphones portables en fin de vie et, par conséquent, son recyclage est traité plus avant dans le présent document. Par ailleurs, il convient de mentionner que la gestion des batteries en fin de vie devrait prendre en considération les points suivants :

- les batteries devraient être séparées des combinés
- les batteries de composition différentes peuvent être traitées ensemble, mais cela n'est pas recommandé
- des processus spécialement conçus devraient être employés
- à ce jour, il n'est pas recommandé de démonter les batteries (aucune valorisation des plastiques ni de l'électrolyte).

4.5.1 Séparation des batteries des combinés

Les processus de récupération et de recyclage des matériaux sont totalement différents pour les combinés et les batteries, car les métaux contenus sont différents et ne peuvent pas être recyclés selon le même schéma de traitement. La séparation des batteries s'effectue dans l'objectif général de récupérer le nickel, le cobalt et/ou d'autres métaux. Par conséquent, séparer tout d'abord la batterie du combiné est une condition préalable. En raison de la composition des batteries, le broyage de l'ensemble des matériaux n'est pas non plus recommandé pour des raisons écologiques et de sécurité ; il convient donc de l'éviter.

À l'heure actuelle, il n'y a aucune solution autre que la séparation manuelle des batteries. Quelques procédés industriels de séparation mécanique existent, mais, dans le pire des cas, ils sont très négatifs d'un point de vue économique ou, dans le meilleur des cas, ils permettent tout juste d'atteindre le seuil de rentabilité. Une conception prenant mieux en compte le recyclage des téléphones portables pourrait fournir de meilleures possibilités de démontage automatique.

4.5.2 Recyclage de l'électrolyte et des matières plastiques

Les batteries renferment généralement un électrolyte à l'intérieur d'une gaine en plastique. Ceux-ci devraient être recyclés ou séparés avant de récupérer les métaux. Comme il n'existe pas de marché pour l'électrolyte recyclé (qui ne peut pas être récupéré sous une forme pure) ni pour la gaine en plastique, trois approches sont possibles :

- la séparation manuelle des plastiques : les plastiques récupérés sont théoriquement réutilisables dans le secteur du recyclage des plastiques, mais en raison de leur contamination par les métaux, ils sont soit incinérés séparément (la valeur ajoutée apportée par cette étape supplémentaire par rapport à l'incinération directe de la batterie tout entière est fortement discutable) soit, dans la plupart des cas, mis en décharge (aucune valorisation, aucune valeur ajoutée d'un point de vue écologique ou économique) ;
- le prétraitement thermique : étape de pyrolyse ou combustion de tous ces matériaux à base de carbone. Cela exige de l'énergie et une installation très pointue de nettoyage des gaz d'échappement pour éviter la production de dioxines et de furanes. Dans ce cas, la valorisation de ces éléments est nulle.
- la valorisation interne de ces matériaux à base de carbone par un procédé de pyrolyse en une seule étape : en fonction de l'installation de recyclage utilisée, le carbone peut être valorisé entièrement, partiellement ou pas du tout. Dans certains cas, il peut remplacer le combustible usuel qu'il aurait sinon fallu ajouter à ce processus.

Cette dernière méthode, avec une valorisation totale des matériaux à base de carbone, est fortement recommandée.

4.5.3 Recyclage de types mélangés de batteries

Le recyclage de types mélangés de batteries dans un même processus peut être étudié. Il ne peut s'effectuer que par traitement pyrolytique au cours duquel les batteries sont fondues ensemble, produisant un alliage qui contient tous les métaux (Fe, Cu, Ni, Co), une scorie avec des éléments réfractaires (CaO, SiO₂, Al₂O₃) et des poussières renfermant des substances volatiles (résidus de combustion des plastiques, du zinc et/ou du cadmium).

Étant donné le fait que le cadmium, et éventuellement le zinc, ne sont pas recyclés dans ces processus, et la question de savoir si les plastiques seront entièrement valorisés, le recyclage de types mélangés de batteries ne constitue pas la solution la mieux appropriée, d'autant plus qu'une opération de triage préalable est recommandée.

4.5.4 Recyclage de batteries triées

L'objectif consiste dans ce cas à choisir une technologie de recyclage en fonction du type ou de la chimie de la batterie. Par conséquent, il faut dans un premier temps séparer les batteries pour les regrouper en trois catégories : Li-ion, NiMh et NiCd.

Une fois les batteries triées, trois processus principaux peuvent être utilisés :

- pyrolyse partielle avec démontage préalable
- pyrolyse avec démontage préalable
- pyrolyse sans démontage préalable

Dans le cas d'une pyrolyse partielle avec démontage préalable, les batteries sont tout d'abord démontées : les gaines en plastique sont retirées et parfois même aussi les boîtiers en acier ou aluminium. Le reste est alors chauffé dans un four où tous les électrolytes et autres éléments « pyrolysables » sont éliminés. Les batteries

pyrolysées sont alors soit directement ouvertes ou déchiquetées pour en séparer ensuite les composants par voie magnétique et/ou par courants de Foucault. Le résidu est un produit à base de Fe/Ni qui peut être finalement purifié pour obtenir une fraction Fe (recyclée dans l'industrie de l'acier) et une fraction mélangée de Co et Ni récupérée par lixiviation sélective et précipitation. Parmi les autres matériaux produits figurent des poussières (qui doivent être mises en décharge), des plastiques (valorisés comme combustible ou dans la plupart des cas mis en décharge), et la gaine en acier (qui peut être valorisée en tant que ferraille). Ce processus génère des taux de recyclage faibles et peut être dangereux pour les travailleurs effectuant le démontage. En outre, il convient de disposer d'installations très pointues de nettoyage des gaz de combustion et de traitement des effluents aqueux, ainsi que d'une installation perfectionnée capable de déchiqueter et de séparer correctement tous les constituants (nécessaire pour une valorisation ultérieure).

Dans le cas du traitement pyrolytique avec démontage préalable, la gaine en plastique est tout d'abord retirée puis éventuellement le boîtier en acier ou aluminium. Ensuite, le reste de la batterie est fondu dans un four pour former un alliage (Fe) Ni/Co qui peut être valorisé ultérieurement dans une raffinerie de cobalt et de nickel. Ce processus, qui est efficace lorsqu'il est bien géré (traitement des gaz et des effluents aqueux), produit des taux de recyclage élevés. Toutefois, en général, les plastiques ne sont pas valorisés.

Le dernier type de traitement, pyrolyse sans démontage préalable, est semblable au processus décrit ci-dessus, mais sans les premières calcinations ni le démontage des gaines en plastique. Dans ce cas, les plastiques sont directement valorisés comme combustibles ou réactifs (en tant qu'agents de réduction) dans le procédé, et un alliage Fe/Ni/Co/Cu (dans le cas d'un four spécialisé) ou une matte (dans le cas d'une fonderie de nickel), qui doivent être ensuite raffinés, sont produits. Après raffinage, la totalité ou une partie des métaux sont récupérés sous une forme adaptée à une réutilisation dans des batteries ou d'autres applications. Ce processus, qui est le plus efficace (une seule étape), donne les taux de recyclage et de récupération les plus élevés possibles et une valeur d'éco-efficacité élevée (avec un échangeur de chaleur efficace, la majeure partie de l'énergie produite par la combustion des plastiques peut être récupérée).

Toutefois, dans tous les cas, on devra veiller tout particulièrement à utiliser les plastiques — que ce soit pour leur pouvoir calorifique ou en tant qu'agent de réduction dans le réacteur — d'une manière écologiquement rationnelle.

En fonction de leur composition réelle et de leurs caractéristiques de lixiviation, les scories devraient être soit mises en décharge, soit purifiées au cours d'une autre étape ou bien valorisées directement dans d'autres applications, telles que le secteur du bâtiment ou l'industrie du ciment (pour des processus dédiés). La fraction de poussières ne peut généralement pas être valorisée et devra être mise en décharge.

En général, ces traitements pyrolytiques sans démontage sont recommandés car ils permettent de recycler les batteries en fin de vie de la manière la plus éco-efficace.

4.5.5 Disponibilité de marchés

La présente directive a stipulé l'exigence de retirer les batteries des combinés. Les batteries séparées peuvent ensuite être envoyées à des installations de récupération et de recyclage des matériaux. D'après les informations actuelles, les installations de recyclage des batteries semblent avoir été implantées exclusivement dans les pays de l'OCDE : en Amérique du Nord, en Europe occidentale et en Asie.

4.6 Récupération et recyclage des métaux

4.6.1 Fusion et raffinage

Après séparation des composants, accessoires et matériaux qu'il peut être plus efficace de recycler par d'autres moyens, le reste du combiné, en particulier le circuit imprimé, sera recyclé le plus efficacement dans une fonderie, où les métaux précieux et la plupart des autres métaux qu'il contient seront captés. La fusion s'effectue dans divers fours, dont des fours électriques, des hauts fourneaux, des fours rotatifs, des fours à réverbère ou des convertisseurs rotatifs à soufflage par le haut. La forme la plus courante de fusion est la fusion du cuivre, mais la fusion du plomb est également possible. Certaines installations de récupération des métaux précieux utilisent aussi des fours de première fusion pouvant accepter les combinés de téléphones portables.

La fusion est un processus au cours duquel les métaux et/ou les matériaux contenant des métaux sont fondus à haute température, puis, une fois fondus, sont séparés par oxydation et/ou réduction¹⁴. À l'état fondu, le métal de base, généralement du cuivre mais parfois du plomb, dissout les métaux précieux (or, argent et palladium) alors que les autres métaux, comme le cadmium et le béryllium, sont oxydés au cours du processus. Ces oxydes métalliques ne sont pas très solubles dans le métal de base fondu et ont une masse volumique inférieure, ce qui fait que soit ils flottent à la surface (formant les scories primaires) soit, s'ils ont une pression de vapeur élevée aux températures de fusion, ils sont émis sous forme de fumées ou de particules. Dans les deux cas, les scories ou les particules sont captées et retraitées dans le même four, ou traités dans un autre four pour récupérer d'autres métaux.

Le métal de base fondu dans le four est versé dans des moules et forme en durcissant des lingots minces et plats qui peuvent être utilisés comme anodes dans l'étape suivante de récupération des métaux : l'affinage électrolytique. Une autre méthode consiste à granuler le métal sortant du four ; les granules de métal sont ensuite lixiviés par l'acide sulfurique dans une usine d'électrorécupération. Les métaux précieux et certains autres éléments restent pour traitement ultérieur dans les boues d'électrolyse.

Les fonderies traitent les substances préoccupantes à des températures très élevées et pourraient présenter des risques pour la santé humaine et l'environnement. Les gaz de combustion et les particules de métal qui se dégagent en divers endroits, y compris portes de chargement, goulotte d'évacuation du laitier, moules, cheminée du four, peuvent être contrôlés et doivent être captés pour les diriger vers un système de contrôle comprenant un ou plusieurs dispositifs, tels qu'épurateur de gaz acides, système venturi, séparateur à cyclone, précipitateur électrostatique et filtre en tissu (filtre à manches). La sécurité des travailleurs est un aspect particulièrement important et les sujets de préoccupation mentionnés ci-après doivent être très soigneusement pris en compte dans les fonderies.

Le contrôle précis de la pollution causée par les fonderies dépasse le cadre de la présente directive ; il convient de se reporter à des documents plus détaillés. La Banque mondiale, la Commission européenne (Directive relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (IPPC) et Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans l'industrie des métaux non ferreux¹⁵) et l'Agence américaine de protection de l'environnement ont publié des documents qui décrivent le processus de fusion du cuivre en plus grand détail, présentent des orientations spécifiques sur les dispositifs anti-pollution et fournissent des références supplémentaires.

¹⁴ De même que lors d'un prétraitement mécanique, au cours de la fusion il se produit une désintégration chimique à hautes températures qui libère les différents éléments contenus dans un combiné et permet une séparation métallurgique ultérieure des métaux.

¹⁵ http://europa.eu.int/comm/environment/ippc/brefs/nfm_bref_1201.pdf

Toutefois, un point spécifique à la fusion des téléphones portables doit être mentionné ici. Les systèmes anti-pollution doivent être modifiés spécifiquement pour la fusion des rebuts électroniques et des téléphones portables, car la présence de plastiques et d'halogènes (brome et chlore) soulève des préoccupations par rapport à l'éventuelle production de furanes et de dioxines. Ces substances chimiques sont considérées extrêmement neurotoxiques et cancérigènes. Pour éviter leur formation, l'oxydation des hydrocarbures devrait s'effectuer à une température de 850 °C (1 600 °F) ou plus, avec un temps de séjour de 2 secondes et excès d'oxygène. Ces conditions dans le four de fusion garantissent la destruction thermique des hydrocarbures et réduisent considérablement la possibilité de formation de furanes et de dioxines dans le flux d'émissions du four. Les halogènes sont convertis en acides, puis en sels dans un épurateur de gaz acides. En outre, les gaz d'échappement de la fonderie devraient être rapidement réduits à une température de 200° C (400° F) ou moins à l'entrée d'un système de dépoussiérage de haute efficacité, tel qu'un filtre à manche ou un précipitateur électrostatique¹⁶.

Lors de l'affinage électrolytique, l'anode se dissout dans l'acide sulfurique et le métal de base est simultanément déposé électrolytiquement à la cathode. La cathode ainsi obtenue, d'une pureté de 99,5 % ou plus, peut être vendue sur les marchés internationaux comme entièrement équivalente au métal produit à partir de sources primaires. Le bain d'acide sulfurique peut être réutilisé, mais doit finir par être remplacé. L'acide sulfurique usé peut être utilisé dans d'autres opérations métallurgiques, ou peut être neutralisé et nettoyé par précipitation et décantation ou filtration, puis évacué à un degré de pureté élevé. Les métaux précieux dissous à l'anode (or, argent, palladium) ne sont pas transportés à la cathode. Ils demeurent dans la cellule électrolytique, sous forme de sédiments insolubles appelés boues anodiques. Ces boues sont périodiquement retirées des cellules et traitées pour en récupérer les métaux désirés. Ce traitement peut inclure diverses étapes, y compris une fusion supplémentaire et une dissolution sélective et précipitation, qui purifient et/ou retirent sélectivement des métaux particuliers qui sont alignés sur les normes du marché et entièrement équivalents aux produits issus de sources primaires. Toutes ces opérations spécifiques aux métaux peuvent donner lieu à des émissions dans l'atmosphère ou des effluents aqueux et exigent que l'on accorde dans chaque cas une attention particulière à la mise en place de systèmes de contrôle appropriés.

Les scories qui sont retirées lors du processus de fusion contiennent généralement du plomb, du nickel, etc. et peuvent encore contenir du cuivre et des métaux précieux. Elles sont utilisées pour alimenter un autre processus de fusion, généralement dans un haut fourneau à plomb, dans lequel le plomb agit en tant que collecteur chimique pour les métaux précieux et autres métaux restants, tels que l'étain, le bismuth et l'antimoine. Le lingot de plomb provenant du haut fourneau est utilisé pour alimenter la raffinerie de plomb, généralement un procédé Harris, où du plomb et d'autres métaux affinés, dont le nickel, sont produits. Les scories provenant de la fusion du plomb contiennent de la silice, de l'alumine et d'autres constituants de la céramique ainsi que de l'oxyde de fer et d'autres métaux oxydés. Il s'agit généralement de scories vitreuses, chimiquement inertes, qui peuvent être utilisées à des fins de construction.

Les scories peuvent être réduites en poudre, à partir de laquelle la substance désirée peut être lixiviée. Les scories issues de la fusion des téléphones portables contiennent, entre autres substances, du plomb, du cadmium et de l'oxyde de béryllium, qui peuvent se concentrer dans ces scories. Par conséquent, le retraitement des scories de fusion, en particulier leur réduction en poudre fine, doit faire l'objet de la plus grande attention en raison de la présence potentielle de ces métaux dans l'air que respirent les travailleurs. Si les scories de fusion ne contiennent pas de concentrations de métaux présentant un intérêt, il se peut qu'elles soient utilisables comme agrégat pour la construction de bâtiments et de routes. Pour convenir à cet usage, elles doivent être stabilisées et rendues insolubles par un traitement à haute température de manière à ce que

¹⁶ Pour de plus amples informations, se reporter au Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans l'industrie des métaux non ferreux - Commission européenne, Prévention et réduction intégrées de la pollution (IPPC).

leurs constituants ne puissent pas être lixiviés. Leur solubilité devrait être contrôlée périodiquement. Si les scories de fusion ne peuvent pas être utilisées comme agrégat pour la construction, elles peuvent être mises en décharge industrielle contrôlée, où l'on devra accorder le même niveau d'attention à la possibilité de rejets de substances préoccupantes.

La priorité devrait être accordée aux procédés qui permettent de récupérer de manière éco-efficace un vaste éventail d'éléments de la charge d'alimentation, produisent en fin de procédé des scories qui peuvent encore être utilisées en tant que produits au lieu d'être mises en décharge, et assurent un traitement et un contrôle écologiquement efficaces des effluents gazeux et liquides. Certaines entreprises exploitent des fonderies et raffineries de cuivre intégrées et traitent les combinés selon un schéma aligné, qui intègre divers procédés de fusion et d'affinage du cuivre, du plomb, des métaux précieux et d'autres métaux¹⁷, tout en faisant usage de la valeur calorifique des fractions de plastiques contenues et de leur potentiel en tant qu'agents réducteurs.

4.6.2 Procédés hydrométallurgiques

Les procédés hydrométallurgiques utilisent du cyanure et/ou des acides forts tels que l'eau régale, l'acide nitrique, l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique, pour dissoudre sélectivement les métaux et les séparer des autres substances. Ces procédés sont couramment utilisés dans de nombreuses opérations de récupération et d'affinage des métaux. Toutefois, il n'existe pas de procédé métallurgique connu qui puisse directement traiter les combinés entiers des téléphones portables d'une manière écologiquement rationnelle et économiquement viable, en raison de leur masse solide et de leur teneur élevée en matières plastiques. Les procédés hydrométallurgiques exigent normalement une préparation préalable des substances : retrait des matières plastiques contenues, puis meulage ou broyage en particules de petite taille ayant une grande surface de contact. Ainsi, tout traitement des téléphones portables par un procédé hydrométallurgique rationnel s'effectuera à des stades ultérieurs de la récupération sélective des métaux pour en extraire les métaux spécifiques souhaités.

Dans certains cas, les procédés hydrométallurgiques sont actuellement utilisés dans le cadre d'opérations informelles non autorisées pour récupérer les métaux précieux contenus dans les circuits imprimés, en utilisant généralement du cyanure et/ou des acides forts comme l'eau régale, l'acide nitrique, l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique. Ces opérations sont à éviter. Elles présentent des risques élevés de blessures pour les travailleurs, ainsi que des problèmes environnementaux causés par les acides usés non traités. De plus, elles ne permettent de récupérer que certains métaux, alors que d'autres, de même que la fraction de plastiques, ne sont pas récupérés, ni stabilisés, ce qui rend leur mise en décharge encore plus préoccupante d'un point de vue environnemental et de sécurité.

4.6.3 Disponibilité de marchés

Il existe des fonderies, de petite et de grande taille, partout dans le monde, mais seul un nombre limité d'entre elles sont dotées de systèmes de contrôle des émissions capables de gérer d'une manière écologiquement rationnelle les plastiques et les halogènes présents dans les téléphones portables. Toutefois, ces fonderies équipées adéquatement ont une capacité plus que suffisante pour recycler tous les téléphones portables en circulation. Les gros investissements de capitaux nécessaires pour implanter une nouvelle fonderie présenteront probablement des obstacles à la création de nouvelles installations, à moins que de très gros volumes supplémentaires de matières premières compatibles ne soient disponibles.

¹⁷ Tels que l'étain, le nickel, le cobalt, le bismuth, l'arsenic, l'indium, le sélénium, le tellure, etc.

4.7 Éco-efficacité des pratiques de gestion écologiquement rationnelle

Les études sur l'éco-efficacité des pratiques de gestion écologiquement rationnelle restent encore relativement rares. Sur la question précise de la récupération et du recyclage des téléphones portables, seule une étude a été réalisée à ce jour. Cette étude, l'étude QWERTY, a été effectuée en 2004 en Suède.

Adoptant une approche d'éco-efficacité, l'étude examine l'efficacité écologique de plusieurs scénarios de gestion des déchets, de leur mise en décharge à leur utilisation directe dans une fonderie de métal. L'étude analyse les pertes environnementales pour chaque scénario, par exemple la mise en décharge des téléphones portables, et/ou les gains environnementaux, par exemple la récupération des métaux¹⁸. Ce faisant, elle prend en compte les différentes caractéristiques environnementales des matériaux contenus dans les téléphones portables et attribue à chaque matériau un « poids environnemental », et pas seulement un poids physique. Cette approche accorde, par exemple, une valeur environnementale élevée à la récupération de l'or contenu dans les déchets, parce qu'elle permet d'éviter les importants dommages causés à l'environnement par l'extraction d'or et la production d'or à partir du minerai¹⁹. Ainsi, elle considère la récupération d'une petite quantité d'or à partir des téléphones portables comme étant plus bénéfique pour l'environnement que la récupération, par exemple, d'une plus grande quantité d'acier ou de plastique. Après avoir appliqué ces « poids environnementaux », l'étude compare les pertes et les gains environnementaux globaux liés à chaque scénario de gestion des déchets avec les coûts et avantages économiques qu'il présente.

L'étude QWERTY conclut que, pour les téléphones portables, l'utilisation directe dans les fonderies est plus efficace écologiquement que les autres scénarios de gestion des déchets examinés. Spécifiquement, cette étude conclut que le démontage manuel des téléphones portables n'est pas suffisamment bénéfique pour l'environnement et que ses coûts dépassent les bénéfices économiques qui pourraient être réalisés grâce à une récupération efficace de métaux dans une fonderie. Toutefois, contrairement aux conclusions tirées pour le démontage manuel, l'étude a montré que la différence en matière d'éco-efficacité entre l'utilisation directe dans une fonderie et le scénario faisant intervenir un traitement mécanique préalable (déchiquetage, séparation mécanique, et recyclage séparé des matériaux dérivés) n'est pas particulièrement grande. En fait, l'étude indique que comme la teneur en métaux précieux des téléphones portables diminuera à l'avenir (ce à quoi l'on s'attend généralement), la différence en matière d'éco-efficacité entre ces deux options ne devrait plus être significative.

L'étude QWERTY sur l'éco-efficacité est citée dans le présent document comme un exemple d'approche utile pouvant permettre de tirer des conclusions quant aux meilleures pratiques de gestion écologiquement rationnelle et économiquement efficace. Cette étude ne parviendrait pas nécessairement à la même conclusion pour d'autres types de déchets électroniques, tels que les ordinateurs personnels, dont les coûts de démontage et les types et quantités de matériaux récupérés sont différents. Chaque type de déchet devrait être examiné en fonction de ses caractéristiques uniques (économiques et environnementales), afin de déterminer la manière la plus écologiquement efficace de le gérer. De plus, l'étude n'a pas examiné tous les scénarios de gestion des déchets et les résultats d'autres études varieront en fonction des différentes circonstances, y compris les pratiques de fusion et les recycleurs particuliers examinés. Dans cette étude, les pratiques de plusieurs installations suédoises spécifiques de récupération et de recyclage ont été examinées.

¹⁸ Pour plus de précisions sur les scénarios, voir l'annexe.

¹⁹ Pour plus de précisions, se reporter à : J. Huisman, *The QWERTY/EE concept, Quantifying recyclability and eco-efficiency for end-of-life treatment of consumer electronic products*, thèse de doctorat, ISBN 90-5155-017-0, Delft university of Technology, mai 2003, Delft, Pays-Bas.

L'étude QWERTY a été examinée par Ökopol²⁰, l'Institut allemand des stratégies environnementales. La critique d'Ökopol expose les limites de cette étude, y compris le fait qu'elle n'examine que les pratiques et conditions suédoises, plutôt qu'un ensemble plus complet de scénarios possibles de gestion des déchets. Cette critique met également en cause le manque de transparence concernant les données sur les coûts qui ont été utilisées pour l'étude QWERTY (données de propriété exclusive fournies par des entreprises suédoises spécifiques), ainsi que certains des calculs économiques et la saisie des données.

4.8 Recommandations relatives à la section 4

1. Les directives générales relatives aux installations présentées dans la section 4.1 devraient être mises en œuvre par toutes les installations qui effectuent des opérations de prétraitement, de fusion ou de raffinage, et par les autres installations de traitement engagées dans un quelconque aspect de la récupération et du recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables.
2. Si le déchiquetage est utilisé, les batteries des téléphones portables devraient être retirées au préalable. Elles devraient également être retirées avant toute opération de fusion ou de raffinage, et envoyées à une entreprise agréée de recyclage de batteries.
3. Sur les lieux où les téléphones portables, ou leurs composants, sont déchiquetés ou chauffés, des mesures appropriées devraient être mises en place pour protéger les travailleurs, le public en général, et l'environnement, des poussières et des émissions. De telles mesures devraient inclure des adaptations au niveau de la conception des équipements ou des pratiques opérationnelles ; des contrôles de l'écoulement d'air ; des équipements de protection individuelle pour les travailleurs ; des dispositifs anti-pollution ; ou une combinaison de ces mesures.
4. Les entreprises qui disposent de capacités de prétraitement, fusion, ou raffinage, ou qui peuvent effectuer d'autres opérations faisant partie du processus de récupération et de recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables devraient se faire connaître auprès des autorités compétentes. Ces dernières devraient inspecter ces compagnies et vérifier qu'elles pratiquent une gestion écologiquement rationnelle, en accord avec la présente directive.
5. Les entités chargées de la collecte et du prétraitement des téléphones portables devraient vérifier par elles-mêmes que celles chargées de la manutention et du traitement ultérieurs opèrent conformément à la présente directive.
6. Pour aider les Parties et autres entités concernées à effectuer, au titre de la diligence due, des inspections et des audits conformément à la présente directive, un nouveau projet devrait être lancé par l'Initiative pour un partenariat sur les téléphones portables en vue de l'élaboration d'une liste de pointage des divers éléments d'un audit ou d'autres outils similaires.
7. D'autres analyses de l'éco-efficacité devraient être réalisées pour mieux éclairer la prise de décisions par les Parties et autres intéressés concernant les méthodes optimales de récupération et de recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie. On a démontré que la récupération de certains matériaux présents dans les déchets et les rebuts, tels que les métaux et plus particulièrement les métaux précieux, permet de réaliser d'importantes économies au niveau de la consommation d'énergie et de la prévention d'autres conséquences néfastes pour l'environnement, par comparaison avec la production des mêmes matériaux à partir de minerais et de ressources naturelles. D'autres analyses de l'éco-efficacité devraient être effectuées

²⁰ « Qwerty and Eco-Efficiency analysis on cellular phone treatment in Sweden », septembre 2004, Knut Sander, Ökopol GmbH, Institute for Environmental Strategies, Nernstweg 32-34, D-22765 Hambourg, Allemagne

pour montrer la meilleure manière de réaliser de telles économies par la sélection des procédés appropriés de récupération et la prévention des pertes de matériaux lors de la récupération des téléphones portables en fin de vie.

8. Étant donné que l'adhésion à la présente directive peut se traduire par une augmentation des coûts de recyclage, il faudrait que les Parties, l'industrie et les autres parties intéressées travaillent ensemble à assurer l'existence d'un financement adéquat pour les initiatives de récupération des matériaux et de recyclage des téléphones portables.

9. Les fabricants de téléphones portables devraient, lors de la conception de leurs produits, penser à la récupération et au recyclage ultérieurs des matériaux de ces derniers et envisager d'améliorer la recyclabilité et de réduire la toxicité de ces matériaux (voir le rapport du groupe de projet 4.1 pour plus de détails).

10. Les fabricants de téléphones portables devraient collaborer pour accroître le potentiel de recyclage des matières plastiques dans les téléphones portables. Plus précisément, ils devraient envisager la possibilité d'une plus grande cohérence dans le choix des matériaux lors de la conception de tous les appareils, mesure qui permettrait aux entreprises de recyclage des matières plastiques d'éliminer les opérations de triage nécessaires pour regrouper les divers types de matières plastiques compatibles.

5. CAPACITÉ DE RÉCUPÉRATION ET DE RECYCLAGE DES MATÉRIAUX

La technologie requise pour le recyclage des téléphones portables en fin de vie est spécialisée. Il existe dans le monde un nombre relativement limité de fonderies et de raffineries, petites ou grandes, dotées de l'équipement de manutention des matériaux et des systèmes anti-pollution spécialisés voulus pour la récupération des métaux contenus dans les combinés (après retrait de la batterie). La construction de nouvelles fonderies et raffineries nécessiterait de gros investissements. De plus, selon les estimations, le recyclage des téléphones portables ne fournit pas plus de 65 000 tonnes par an au niveau mondial, ce qui met en question l'intérêt dans la plupart des pays de construire de telles installations. Les téléphones portables ne représentent qu'un type de déchets électroniques parmi d'autres et il se peut que la quantité totale de tous ces déchets électroniques justifie la construction de fonderies et de raffineries supplémentaires. Toutefois, nous ne percevons pas un tel besoin étant donné les capacités existantes.

Des installations de prétraitement peuvent être construites lorsqu'il n'en existe pas, en fonction des quantités de téléphones portables collectées et de la demande nationale dans ce domaine. Comme dans le cas des fonderies et des raffineries, d'autres produits électroniques en fin de vie peuvent venir s'ajouter à la demande locale d'installations de traitement de ce type.

En raison de la faible probabilité que des installations de prétraitement et de fusion/raffinage soient créées dans chaque pays, il sera nécessaire, pour assurer une gestion écologiquement rationnelle, que les téléphones portables, entiers ou prétraités, qui sont destinés à une récupération et un recyclage des matériaux soient exportés par de nombreux pays dans d'autres pays disposant de telles installations. Ainsi, que les téléphones portables soient considérés comme des déchets dangereux ou non, ces mouvements transfrontières sont en conformité avec le document cadre de la Convention de Bâle sur la préparation de directives techniques pour la gestion écologiquement rationnelle²¹, qui comprend les principes suivants :

²¹ Site Internet de la Convention de Bâle, Document cadre sur la préparation de directives techniques pour la gestion écologiquement rationnelle des déchets visés par la Convention de Bâle, www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/framework.htm. Consulter également le site Internet de la Convention de Bâle, Directives techniques de la Convention de Bâle, www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/guidelns.htm

- Le **principe d'auto-suffisance** selon lequel les pays devraient s'assurer que l'élimination des déchets produits sur leur territoire s'y effectue par des moyens qui sont compatibles avec la gestion écologiquement rationnelle, *reconnaisant que la gestion écologiquement rationnelle de certains déchets en dehors des territoires nationaux peut également être écologiquement rationnelle* ;
- Le **principe de proximité** selon lequel l'élimination des déchets dangereux doit avoir lieu aussi près que possible de l'endroit où ils sont produits, *reconnaisant que la gestion économiquement et écologiquement rationnelle de certains déchets sera assurée par des installations spécialisées situées à de plus grandes distances du lieu de production* ;
- Le **principe de réduction du nombre de mouvements transfrontières** selon lequel les mouvements de déchets dangereux devraient être réduits au minimum *conformément au principe de gestion efficace et écologiquement rationnelle* ;

Ces principes reconnaissent que des mouvements transfrontières peuvent être effectués lorsqu'une récupération et un recyclage économiquement rationnels, efficaces et écologiquement rationnels ont lieu sur d'autres territoires nationaux, sans considération de la distance.

Le présent document d'orientation reconnaît également que « l'application et la formulation de ces principes variera d'un pays à l'autre. On admet également que les coûts et l'efficacité économique sont des considérations à prendre en compte lors de l'élaboration d'une stratégie de gestion des déchets.

5.1 Recommandations relatives à la section 5

1. Il est de la plus haute importance que dans chaque pays soit mise en place une infrastructure suffisante pour permettre de collecter les téléphones portables en fin de vie et les orienter vers des installations appropriées de récupération et de recyclage des matériaux, compte tenu de la directive sur la collecte des téléphones portables usagés et en fin de vie, élaborée par le groupe de projet 2.1 de l'Initiative pour un partenariat sur les téléphones portables.

6. PROPOSITION À L'INTENTION DES AUTORITÉS GOUVERNEMENTALES DÉSIGNÉES CONCERNANT LA GESTION ÉCOLOGIQUEMENT RATIONNELLE DES TÉLÉPHONES PORTABLES EN FIN DE VIE LORS DE LEUR RECYCLAGE

Afin de mettre au point la gestion écologiquement rationnelle des téléphones portables en fin de vie, les installations de récupération et de recyclage des matériaux doivent opérer dans un cadre réglementé qui établit un équilibre entre la nécessité d'assurer une gestion écologiquement rationnelle et l'efficacité économique de celle-ci. Les Parties devraient élaborer et mettre en œuvre des politiques et/ou des programmes veillant à ce que les pressions concurrentielles n'encouragent pas des économies de coûts au détriment de la protection de l'environnement et de la santé. Toutefois, les politiques et/ou programmes nationaux ne devraient pas faire peser un fardeau économique inutile sur les installations de récupération et de recyclage des matériaux.

Compte tenu de la taille de l'entreprise, du type et de la quantité des déchets, de la nature de l'opération et de l'infrastructure réglementaire, les Parties devraient :

1. élaborer au niveau gouvernemental des exigences juridiques appropriées, comme par exemple des autorisations, licences, permis ou normes. Les exigences juridiques devraient couvrir l'exploitation de l'installation, la santé et la sécurité des travailleurs, le contrôle des rejets dans l'atmosphère, le sol et l'eau, et la gestion des déchets. La licence ou le permis devrait définir les capacités, les procédés et les expositions potentielles autorisés ;

2. exiger que les installations utilisent les meilleures techniques disponibles, en tenant compte de la faisabilité technique, opérationnelle et économique de leur exploitation ;
3. encourager les échanges d'informations entre les directeurs des installations et les autorités gouvernementales afin d'optimiser les opérations de récupération ;
4. s'orienter vers une internalisation des coûts de la protection de l'environnement et de la santé humaine dans le cadre de la gestion des déchets ;
5. promouvoir l'élaboration et l'application d'un régime de responsabilité environnementale pour les installations de récupération et de recyclage des matériaux afin de prévenir les dommages écologiques ;
6. exiger que les installations prennent des mesures appropriées pour garantir la santé et la sécurité des travailleurs ;
7. recommander que les installations de récupération et de recyclage des matériaux élaborent des programmes adéquats de suivi, conservation des enregistrements, et communication des informations ;
8. encourager les installations de récupération et de recyclage des matériaux à mettre en place des programmes adéquats de formation des employés ;
9. exiger que les installations de récupération et de recyclage des matériaux possèdent des plans d'urgence adéquats ;
10. exiger que les installations de récupération et de recyclage des matériaux établissent un plan approprié de fermeture et de suivi ultérieur garantissant la disponibilité de moyens financiers pour un tel arrêt des opérations.

6.1 Renforcement de l'utilisation des systèmes de gestion internationaux (ISO 14000/EMAS)

Afin de faciliter l'intégration des politiques nationales en matière d'environnement et de santé dans le système de gestion des installations de récupération, celles-ci devraient être certifiées par un système de gestion écologiquement rationnelle indépendant, comme la série ISO 14000, ou par un système équivalent, tel que le système de management et d'audit environnemental européen (EMAS).

Selon la série ISO 14000, un système de gestion écologiquement rationnelle est défini comme la composante du système de management global qui couvre la structure organisationnelle, les activités de planification, les responsabilités, les pratiques, les procédés et les ressources nécessaires pour établir, mettre en œuvre, réaliser, passer en revue et maintenir la politique environnementale.

La norme ISO 14001 fournit un cadre de gestion et des directives de mise en œuvre se rapportant aux exigences réglementaires et à la politique d'entreprise. La structure d'un système de gestion écologiquement rationnelle selon la norme ISO 14001 repose essentiellement sur 5 étapes : 1) politique environnementale ; 2) planification ; 3) mise en œuvre et fonctionnement ; 4) contrôle et mesures correctives ; et 5) revue de la direction.

Bien que la série ISO 14000 fournisse un système efficace de gestion des installations du point de vue environnemental, il est important de noter que le système de gestion écologiquement rationnelle, selon l'ISO, ne spécifie pas de critères de performance environnementale, comme par exemple des limites d'exposition aux substances préoccupantes pour l'environnement et la santé. Il exige uniquement une amélioration et une mesure de la capacité du système à permettre de plus hautes performances ainsi que la prise d'un engagement à se conformer au cadre réglementaire national applicable. Cela souligne la nécessité de mettre en place un cadre réglementaire national qui encourage la gestion écologiquement rationnelle des installations de

récupération et de recyclage puisque les normes internationales mises en œuvre par les installations fondent leurs politiques environnementales sur les exigences réglementaires nationales.

Le système de management et d'audit environnemental (EMAS), comme la série ISO 14000, est un outil de gestion permettant aux entreprises et autres organisations d'améliorer leur performance environnementale²². Toutefois, l'EMAS va au-delà des exigences de l'ISO 14001 dans des domaines tels que la communication externe, les audits, les engagements et autres obligations.

La portée de l'EMAS est également différente de la série ISO 14000. En effet, alors que l'ISO 14001 est une norme internationale, l'EMAS est une réglementation volontaire qui est applicable uniquement aux organisations opérant au sein de l'Union européenne et de l'Espace économique européen (EEE). Les Parties situées dans cet espace devraient encourager les installations de récupération opérant dans leur pays à utiliser l'EMAS.

La mise en œuvre de la série ISO 14000 ou de l'EMAS devraient générer des avantages à la fois environnementaux et économiques pour les installations de récupération et de recyclage. Tout d'abord, cela améliorera la capacité de l'installation à se conformer à la législation environnementale. Deuxièmement, cela réduira le coût d'exploitation de l'installation grâce à la réduction au minimum de l'utilisation de matériaux, de la consommation d'énergie, de la consommation d'eau et autres aspects. Troisièmement, la réduction des risques environnementaux peut engendrer des avantages financiers résultant de la confiance des actionnaires, des investisseurs, des compagnies d'assurance et des institutions financières. Quatrièmement, le système de gestion écologiquement rationnelle améliorera l'efficacité des activités des installations de récupération et de recyclage. Cinquièmement, la compétitivité de l'installation sera maintenue et/ou augmentée du fait que cette dernière sera en mesure de répondre à la demande croissante d'exigences en matière de gestion écologiquement rationnelle.

6.2 Système de gestion écologiquement rationnelle pour les installations de prétraitement des téléphones portables en fin de vie

Les installations intégrées dans la chaîne de recyclage des téléphones portables en fin de vie varient quant à leur complexité. Les installations de déchiquetage et autres installations de prétraitement sont moins complexes et engendrent moins de risques pour l'environnement et la santé que les installations de fusion du cuivre. Les procédures qu'elles doivent suivre pour obtenir la certification ou l'homologation à des systèmes internationaux de gestion tels que ISO 14001 ou EMAS devraient être simplifiées par rapport à celles que doivent suivre les installations de fusion du cuivre. En effet, la réalisation d'audits réguliers peut imposer aux installations de prétraitement un fardeau et des coûts élevés. Ces audits devraient par conséquent être moins compliqués et peuvent être effectués moins fréquemment que dans le cas d'installations de fusion de cuivre, tout en se conformant à la nécessité de maintenir une gestion écologiquement rationnelle des déchets.

6.3 Mise en œuvre d'un cadre réglementaire pour la gestion écologiquement rationnelle au stade du recyclage dans les pays en développement et les pays à économie en transition

Les politiques environnementales abordant la question de la récupération et du recyclage des matériaux contenus dans les déchets électroniques ne sont pas encore très développées dans la plupart des pays, et notamment dans les pays en développement et les pays à économie en transition. L'on devrait faire en sorte que ces pays disposent de capacités et de ressources adéquates pour mettre en œuvre un tel cadre réglementaire. L'article 16 de la Convention de Bâle demande au Secrétariat de la Convention de Bâle (SCB)

²² Site Internet du Système de management et d'audit environnemental (EMAS), Résumé analytique, www.europa.eu.int/comm/environment/emas/about/summary_en.htm

de recueillir des informations spécifiques sur les sources d'assistance technique et de formation, les compétences techniques et scientifiques disponibles, et les sources de conseil et services d'expert en vue d'aider les pays, sur leur demande, dans de nombreux domaines, tels que les techniques écologiquement rationnelles se rapportant aux déchets ou le renforcement des institutions nationales. Le SCB fournit une assistance dans les domaines de la mise en application des lois et du renforcement des capacités en fonction des points faibles et des insuffisances particuliers qui apparaissent dans chaque pays au cours de la mise en œuvre des politiques nationales sur les déchets dangereux. Le SCB pourrait élargir son rôle en incluant dans son programme de travail la question de la mise en place d'un cadre réglementant la gestion écologiquement rationnelle au stade de la récupération et du recyclage des matériaux contenus dans les téléphones portables.

La mise en œuvre de systèmes de gestion écologiquement rationnelle comme ISO14000 pourrait entraîner des coûts qui pourraient être difficilement acceptables pour des installations situées dans des pays en développement et des pays à économie en transition. Dans ce contexte, les centres régionaux et sous-régionaux de la Convention de Bâle pourraient avoir un rôle important à jouer pour encourager les installations de récupération et de recyclage des matériaux à se faire certifier suivant ces outils de gestion. Les centres régionaux et sous-régionaux qui fournissent une formation et un transfert de technologies relatifs à la gestion écologiquement rationnelle des déchets visent principalement à renforcer les capacités des gouvernements dans les régions concernées à se conformer aux exigences techniques de la gestion écologiquement rationnelle des déchets. Les centres de la Convention de Bâle ne se sont encore pas penchés sur la question de la gestion écologiquement rationnelle des téléphones portables usagés, ni sur des normes comme celles de la série ISO 14000. Ils pourraient inclure cette question dans leur formation et leur transfert de technologies. Des projets pilotes pourraient être lancés dans des centres régionaux ou sous-régionaux particuliers choisis par les Parties.

6.4 Recommandations relatives à la section 6

1. Les Parties à la Convention de Bâle et les signataires de cette Convention sont encouragés à mettre en œuvre des politiques et/ou des programmes favorisant la récupération et le recyclage écologiquement rationnels des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie.
2. Il importe au plus haut point d'assurer une collecte efficace des téléphones portables en fin de vie (ce qui n'est pas généralement le cas actuellement, même dans les pays industrialisés), en tenant compte de la directive sur la collecte des téléphones portables usagés et en fin de vie, élaborée par le groupe de projet 2.1 de l'Initiative pour un partenariat sur les téléphones portables. La récupération et le recyclage écologiquement rationnels de leurs matériaux exigent la mise en place d'une chaîne de recyclage efficace, comprenant diverses étapes, à savoir la collecte énergique des téléphones portables usagés, leur vérification, remise en état ou, le cas échéant, réutilisation, la préparation et le démontage des appareils ou pièces non réutilisables et le recyclage des combinés et des batteries.
3. Les installations de récupération et de recyclage des matériaux devraient être certifiées par un système de gestion environnementale indépendant, tel que la série ISO 14000 et le Système européen de management et d'audit environnemental (EMAS), ou un système équivalent. Les procédures que les installations de prétraitement doivent suivre pour obtenir la certification ou l'homologation à des systèmes internationaux de gestion écologiquement rationnelle devraient être simplifiées.
4. Les Parties à la Convention de Bâle sont encouragées à élargir le rôle des centres régionaux de la Convention de Bâle de manière à ce qu'ils puissent élaborer un programme de formation et de transfert de technologies se rapportant à la récupération et au recyclage écologiquement rationnels des matériaux contenus dans les téléphones portables en fin de vie afin d'aider les pays en développement et les pays à économie en transition à mettre en œuvre des cadres réglementaires pour la gestion écologiquement rationnelle des téléphones portables en fin de vie.

Annexe I

Résumé de l'étude suédoise de 2004 sur l'éco-efficacité

Une étude récente du recyclage des téléphones portables en fin de vie (après le retrait des batteries), effectuée en Suède en 2004, a conclu que le démontage manuel de ces appareils avant la récupération des métaux n'est pas écologiquement efficace, car le coût supplémentaire de ce démontage n'offre pas d'avantages additionnels du point de vue environnemental.

Adoptant une approche d'éco-efficacité, cette étude examine l'efficacité écologique de plusieurs scénarios de gestion des déchets, de leur mise en décharge à leur utilisation directe dans une fonderie de métal. L'étude analyse les pertes environnementales pour chaque scénario, par exemple la mise en décharge des téléphones portables, et/ou les gains environnementaux, par exemple la récupération des métaux. Ce faisant, elle prend en compte les différentes caractéristiques environnementales des matériaux contenus dans les téléphones portables et attribue à chaque matériau un « poids environnemental », et pas seulement un poids physique. Cette approche accorde, par exemple, une valeur environnementale élevée à la récupération de l'or contenu dans les déchets, parce qu'elle permet d'éviter les importants dommages causés à l'environnement par l'extraction d'or et la production d'or à partir du minerai²³. Ainsi, elle considère la récupération d'une petite quantité d'or à partir des téléphones portables comme étant plus bénéfique pour l'environnement que la récupération, par exemple, d'une plus grande quantité d'acier ou de plastique. Après avoir appliqué ces « poids environnementaux », l'étude compare les pertes et les gains environnementaux globaux liés à chaque scénario de gestion des déchets avec les coûts et avantages économiques qu'il présente.

Les scénarios suivants, basés sur des données relatives à la récupération des métaux collectées en Suède, ont été examinés et comparés :

Scénario de référence/Scénario 0 : « DSM (100 % mise en décharge) = Élimination de déchets solides municipaux » ; les téléphones portables sont jetés par les consommateurs avec les déchets solides municipaux et sont mis en décharge.

Scénario 1 : « Filière sans triage = recyclage dans le flux de déchets électroniques, avec déchiquetage et séparation des matériaux » ; les téléphones portables sont recyclés avec les déchets électroniques généraux (partie du flux de produits informatiques et électroniques) ; tous les produits sont déchiquetés et séparés en quatre fractions : cuivre et métaux précieux, aluminium, fer et acier et matières plastiques, en vue d'un recyclage séparé.

Scénario 2 : « Utilisation directe dans une fonderie = recyclage après séparation préalable des autres déchets électroniques par triage, et fusion directe sans déchiquetage ni séparation mécanique » ; les téléphones portables sont tout d'abord triés pour les séparer des autres produits informatiques et électroniques, puis utilisés directement (c'est-à-dire sans déchiquetage ni séparation mécanique) dans une fonderie de cuivre intégrée en vue du recyclage du cuivre et des métaux précieux.

Scénario 3 : « Filière démontage = démontage pour retirer les circuits imprimés, avec triage préalable pour séparer les téléphones portables des autres produits électroniques » ; les téléphones portables sont démontés manuellement pour en retirer les circuits imprimés en vue du recyclage du cuivre et des métaux précieux, et les matériaux restants sont déchiquetés pour séparer l'aluminium, le fer et l'acier et les matières plastiques,

²³ Pour plus de précisions, se reporter à : J. Huisman, The QWERTY/EE concept, Quantifying recyclability and eco-efficiency for end-of-life treatment of consumer electronic products, thèse de doctorat, ISBN 90-5155-017-0, Delft university of Technology, mai 2003, Delft, Pays-Bas.

puis recyclés séparément.

Scénario 4 : « Recyclage des boîtiers en plastique = démontage pour retirer le boîtier en plastique et les circuits imprimés, avec triage préalable des téléphones portables pour les séparer des autres produits électroniques » ; les téléphones portables sont démontés manuellement pour en retirer, d'une part, les boîtiers en plastique en vue du recyclage des matières plastiques et, d'autre part, les circuits imprimés en vue du recyclage du cuivre et des métaux précieux. Les matériaux restants sont déchiquetés pour séparer l'aluminium, le fer et l'acier et les matières plastiques, puis recyclés séparément.

Les résultats de l'analyse sont indiqués dans la figure 2.

[Translator's note: the figure did not convert into the English Word file. The translation of the wording is given in the table below]

English	French
Revenues	Revenus
Costs	Coûts
MSW	DSM
Environmetal loss (mPts/kg)	Pertes environnementales (mPts/kg)
Environmental gain	Gains environnementaux
MSW (100% landfill)	DSW (100 % mise en décharge)
'No sorting' route	Filière sans triage
Direct smelter route	Utilisation directe dans une fonderie
Disassembly route	Filière démontage
+ Plastic recycling housings	+ Recyclage des boîtiers en plastique

Figure 2 : Graphique de l'éco-efficacité pour quatre scénarios de recyclage des téléphones portables, « Répartition moyenne ».

Le graphique peut être interprété comme suit :

- Scénario 0 : l'évacuation par mise en décharge avec les déchets solides municipaux (DSM) entraîne des pertes environnementales et des coûts relativement bas.

- Scénarios 1 et 2 : Les deux scénarios de recyclage et de récupération des matériaux (indiqués par des flèches vertes) offrent un gain économique important obtenu de la vente des matériaux récupérés et un gain environnemental significatif du fait d'avoir évité l'élimination ainsi que la production de nouveaux matériaux à partir de minerais. L'utilisation directe dans une fonderie (scénario 2) est, dans le cas des téléphones portables, un peu plus favorable que les opérations de déchiquetage et séparation (scénario 1), car les revenus nets sont légèrement plus élevés (en raison d'une meilleure récupération des métaux précieux et des coûts de prétraitement inférieurs), et les gains environnementaux sont également plus importants (en raison d'une meilleure récupération des matériaux ayant un poids environnemental élevé). La séparation des téléphones portables (scénario 2) des autres déchets électroniques (scénario 1) entraîne, bien évidemment, des coûts supplémentaires, mais la valeur retirée de cette mesure l'emporte légèrement sur les coûts additionnels.

- Scénarios 3 et 4 : le démontage manuel des téléphones portables avant récupération des métaux (indiqué par des flèches orange) permet de réaliser des gains environnementaux qui ne sont que légèrement meilleurs et ses coûts élevés dépassent totalement les revenus potentiels pouvant être obtenus de la vente des métaux

Directive sur la récupération des matériaux et le recyclage des téléphones portables en fin de vie

récupérés. Le retrait et le recyclage des boîtiers en plastique des téléphones portables, qui pourrait faciliter leur transformation en matières plastiques, ne génère pas des revenus suffisants pour compenser les coûts.

Cette étude conclut que, dans le cas des téléphones portables, le traitement direct des métaux (scénario 2) est plus écologiquement efficace que les autres scénarios de gestion des déchets qui ont été examinés.

Annexe II Glossaire Note : *Les définitions ci-après ont été élaborées pour les besoins du document d'orientation générale et des directives destinées aux projets individuels. Il ne s'agit pas de définitions juridiquement contraignantes ou convenues au plan international. Elles ont été établies dans le but d'aider le lecteur à mieux comprendre la présente directive et le document d'orientation générale. Lors des opérations de démontage, remise à neuf ou reconditionnement et réparation, on peut être amené à jeter des batteries, composants électroniques, circuits imprimés et autres éléments qui, en cas de transport hors des frontières, devraient être gérés de façon écologiquement rationnelle et selon les dispositions de la Convention de Bâle.*

CEM : Par compatibilité électromagnétique, on entend l'aptitude d'un équipement à fonctionner de manière satisfaisante dans son environnement électromagnétique sans provoquer des perturbations électromagnétiques intolérables pour les autres équipements se trouvant dans son voisinage ni être affecté défavorablement par les émissions provenant d'autres équipements électriques. **Champ électromagnétique** : Champ constitué d'un champ électrique et d'un champ magnétique superposés. Les champs électromagnétiques peuvent être d'origine naturelle (la lumière en est une forme) ou générés par des inventions humaines. Quasiment tous les appareils électriques et électroniques en émettent. Ils font l'objet de normes de sécurité qui, toutefois, peuvent varier d'un pays à l'autre. **Circuit imprimé** : Ensemble d'éléments tels que circuits intégrés, résistances, condensateurs, fils, etc. fixés sur une plaque servant de support et assurant leur connexion. **Composants** : pièces ou éléments tels que batteries, composants électroniques, circuits imprimés, claviers, boîtiers ou autres retirés des téléphones portables usagés. **Convention de Bâle** : Convention sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination adoptée le 22 mars 1989 par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et entrée en vigueur en 1992. **Déchets** : Substances ou objets qu'on élimine, qu'on a l'intention d'éliminer ou qu'on est tenu d'éliminer en vertu des dispositions du droit national. **Démantèlement mécanique** : Séparation par des moyens mécaniques des divers éléments ou matériaux constitutifs des téléphones portables. **Démontage** : Désassemblage (manuel) des composants ou éléments constitutifs d'un produit de manière à permettre le recyclage, la remise à neuf ou la réutilisation. **Directive DEEE** : Directive du Parlement européen et du Conseil relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques. **[Directive] RoHS** : Directive du Parlement européen et du Conseil relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques. **Écoconception** : Élaboration d'un produit selon une démarche axée sur la réduction de l'impact écologique qu'il exerce pendant toute la durée de son cycle de vie. **Éco-efficacité ou efficacité écologique** : Faculté de produire des biens et services possédant une valeur économique en utilisant moins d'énergie et de ressources et en exerçant moins d'impact sur l'environnement (c'est-à-dire en générant moins de déchets et de pollution). En d'autres termes, on est écologiquement efficace quand on produit plus avec moins. Cela peut, par exemple, signifier le recours au recyclage lorsque cette solution est plus efficace et plus écologique que la production des mêmes articles avec des ressources et méthodes primaires. **Élimination** : Par élimination s'entend toute opération mentionnée dans l'Annexe IV de la Convention de Bâle. **Étiquetage** : Marquage de téléphones portables individuels ou de lots de téléphones portables dans le but d'indiquer leur statut selon les directives élaborées dans le cadre du projet 2.1. **Évaluation** : Examen des téléphones portables usagés qui ont été collectés en vue de déterminer leur aptitude à être réutilisés. Le processus peut comprendre : a) Un contrôle visuel ; b) Un contrôle sous tension ; c) Une vérification de la présence ou non du modèle dans une liste d'appareils fournie par l'entreprise qui assure la remise à neuf. **Fonderie intégrée de cuivre** : Installation ou chaîne d'installations apparentées implantées dans un pays et placées sous le contrôle d'un même propriétaire qui extrait par recyclage ou raffinage, en utilisant des procédés pyrométallurgiques multiphasiques contrôlés, du cuivre, des métaux précieux et plusieurs autres métaux à partir de flux gérés de concentrés métalliques ou de matériaux secondaires complexes. **Gestion du cycle de vie** : Manière holistique de considérer les problèmes écologiques associés à une substance, un produit ou un processus depuis l'étape de création des ressources nécessaires et durant la fabrication, le transport, la distribution et l'utilisation, jusqu'à la gestion des déchets et à l'élimination des résidus des opérations de traitement et de recyclage éventuelles. **Gestion écologiquement rationnelle** : Le fait de prendre toutes les mesures possibles pour protéger la santé humaine et l'environnement lors du traitement des produits usagés et en fin de vie et des déchets. **Incineration** : Méthode de traitement thermique des déchets municipaux et des déchets, boues ou résidus industriels, qui consiste à les brûler ou les détruire en présence d'oxygène à des températures allant de 1 000 à plus de 1 200 °C (incinération à haute température utilisée principalement pour les déchets dangereux), ce qui conduit à une oxydation rapide des substances qu'ils contiennent. La plupart des incinérateurs sont dotés de dispositifs de lutte contre la pollution atmosphérique destinés à faire en sorte que les émissions ne dépassent pas les niveaux imposés par les autorités. **Lixiviat** : Liquide contaminé produit par le contact de l'eau de pluie, des eaux de surface et des eaux souterraines avec des déchets mis en décharge. **Mise en décharge** : Le fait de placer des déchets dans ou sur le sol à un endroit que, généralement, on recouvre ensuite de terre. Les décharges aménagées sont des sites d'entreposage de déchets qui ont été choisis et conçus de manière à réduire

au minimum le risque de laisser échapper des substances dangereuses dans l'environnement.

Recommandations relatives au transport de marchandises dangereuses : Recommandations de l'ONU concernant des sujets comme, entre autres, la classification, l'affichage, l'étiquetage et la conservation des enregistrements nécessaires lors du transport de marchandises dangereuses pour protéger la sécurité publique.

Récupération de matériaux : S'entend toute opération pertinente mentionnée dans l'Annexe IV B de la Convention de Bâle. **Recyclage :** Toute opération pertinente mentionnée dans l'Annexe IV B de la

Convention de Bâle. **Remise à neuf ou reconditionnement :** Opération visant à rendre un appareil de nouveau entièrement opérationnel. **Réparation :** Opération se limitant à la rectification d'un ou de plusieurs défauts spécifique(s) d'un téléphone portable. **Réutilisation :** Remise en service d'un téléphone portable usagé ou d'un de ses éléments fonctionnels, éventuellement après réparation, remise à neuf ou revalorisation.

Revalorisation : Modification d'un téléphone portable usagé par adjonction d'un élément logiciel ou matériel de la dernière génération. **Ségrégation :** Triage des déchets (électroniques) et regroupement des téléphones portables qu'ils contiennent en vue de leur réutilisation éventuelle ou de leur traitement dans le cadre de

processus de recyclage spécifiques. **Séparation :** Enlèvement de certains éléments/constituants (par exemple, batterie) ou matériaux d'un téléphone portable par des moyens manuels ou mécaniques. **Taux ou débit**

d'absorption spécifique : Quantité spécifique de rayonnement électromagnétique absorbée par le corps dans la plage des radiofréquences. L'unité de mesure du taux d'absorption spécifique est le watt par kilogramme (W/kg). Sa valeur est déterminée en laboratoire à la puissance maximale certifiée du téléphone portable considéré. En utilisation normale, la valeur réelle peut être largement inférieure au chiffre ainsi obtenu car l'appareil régule automatiquement la puissance. Les normes de sécurité exigent la mesure du taux d'absorption

spécifique pour chaque modèle de téléphone portable. **Téléphone portable (également appelé « portable », « téléphone mobile » ou « téléphone cellulaire ») :** Terminal portatif utilisé pour la communication et la

connexion par radio à un réseau de télécommunication fixe (d'après la recommandation K.49 (00), 3.1 de l'Union internationale des télécommunications (UIT)). Les téléphones portables modernes sont capables de recevoir, transmettre et enregistrer des sons, des données et des vidéos. **Téléphone portable en fin de vie :** Téléphone portable qui, étant devenu impropre à l'emploi, est destiné à être démonté en vue de la récupération des pièces réutilisables et des matériaux recyclables ou à être éliminé. Cela inclut également les appareils hors spécifications envoyés à la casse aux fins de récupération de matériaux, de recyclage ou d'élimination

définitive. **Téléphone portable remis à neuf :** Téléphone portable usagé qui, après remise à neuf ou reconditionnement, est de nouveau en état de fonctionner de manière satisfaisante, en conformité avec les

normes techniques de fonctionnement et les spécifications réglementaires applicables, y compris les caractéristiques opérationnelles nominales du produit d'origine, et se prête ainsi entièrement à la réutilisation envisagée, qui doit comprendre l'intégralité des fonctions téléphoniques. **Téléphone portable usagé :**

Appareil que son propriétaire n'a plus l'intention d'utiliser. **Traitement hydrométallurgique :** Technique d'extraction de métaux par solubilisation dans du cyanure et/ou des acides forts tels que l'eau régale, l'acide nitrique, l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique. **Traitement pyrométallurgique :** Traitement thermique en plusieurs étapes (calcination ou grillage, fusion, refusion et raffinage) des métaux et minerais. **Traitement :**

Par traitement s'entend toute opération effectuée sur un téléphone portable en fin de vie une fois qu'il est arrivé dans une installation de désassemblage, broyage, récupération ou recyclage, ou de préparation à l'élimination.