



Don't let the market leave without you

Our know-how makes your success



Quelles techniques de tri choisir?

Skander KHELIFI
Ingénieur Praticien

- ☐ **Scope sur la réglementation**
- ☐ Techniques de tri des plastiques
- ☐ Les outils du CREPIM

- ❑ Pourquoi recycler les déchets issu des EEE?
 - Ne plus perdre un gisement de matières premières secondaires très important (**plus de 6 millions de tonnes** de déchets électriques et électrotechniques par an en Europe)
 - Eviter les effets négatifs sur l'environnement : Exploitation, Transport et Energie nécessaire pour produire de nouvelles matières premières.
 - Réduire les risques pour la santé et l'environnement
 - Diminuer la pollution de l'air et la toxicité de l'eau

➡ Pousser au recyclage des DEEE en développant une filière spécifique

*Directive 2002/96/CE du 27 janvier 2003
(transposée en décret en 2005)*

❑ Les 10 familles des DEEE énumérées dans l'annexe IA de la directive:

1. Grands appareils électroménagers
2. Petits appareils électroménagers
3. Equipements informatiques et de télécommunications
4. Equipements grand public
5. Equipements d'éclairage
6. Outils électriques et électroniques (à l'exception des outils industriels fixes de grandes dimensions)
7. Jouets, équipements de loisir et de sport
8. Dispositifs médicaux (à l'exception de tous les produits greffés et infectés)
9. Appareils de surveillance et de contrôle
10. Distributeurs automatiques



Les plastiques représentent 26% du tonnage total des DEEE.


- ❑ La directive RoHS réglemente l'utilisation de six substances (La directive 2002/95/CE du 27 janvier 2003):
- Le plomb (Pb)
 - Le mercure (Hg)
 - Le chrome hexavalent (Cr(VI))
 - Le cadmium (Cd)
 - Les ignifuges à base de diphényle polybromé (PBB)
 - Les ignifuges à base d'éther diphényle polybromé (PBDE)

8 des 10 catégories répertoriées dans la directive sur les DEE sont concernés

➡ Nécessité de séparer les composants ou combinaison de composants contenant ces substances du reste du flux de traitement

- ☐ Scope sur la réglementation
- ☒ **Techniques de tri des plastiques**
- ☐ Les outils du CREPIM

- ❑ Les principales méthodes de tri mécanique
 - **Cribles plans, à disques, à godets, cylindriques** - séparation granulométrique et morphologique : passage au travers les mailles d'un crible
 - **Séparateur balistique** - séparation morphologique et par propriétés mécaniques : différence de trajectoire sous action de gravité et chocs imposés par le séparateur
 - **Table inclinée** - séparation selon la taille, la forme, la masse.

 Outils de pré-tri ou tri dès l'entrée pour réaliser des classes granulométriques

❑ Deux grandes classes de tri

- **Séparateur aéraulique** - séparation par courant d'air selon la densité, la forme et la portance à l'air : corps plats et légers (matière plastique faible densité, mousse...) Vs corps lourds (verre, bois, métaux...)
- **Classificateur hydraulique** : flottaison, flottation, méthode cyclone – séparation en fonction de l'aptitude à flotter ou couler dans un liquide dans certaine condition (mouillabilité, force centrifuge...)

➡ Le flux entrant doit généralement avoir un état de surface propre

➡ Granulométrie faible

➡ Broyage et tri mécanique préalable nécessaire

- ❑ Séparation selon la nature électromagnétique des matériaux
 - **Séparation des métaux ferreux ou non ferreux du reste du flux** – extraction des métaux ferreux par attraction ou répulsion magnétique ou non ferreux à l'aide de courant de Foucault induit par champ magnétique
 - **Séparation électrostatique** - suivant l'aptitude à prendre ou perdre des charges superficielles statiques (chargement par méthode triboélectrique ou par bombardement ionique) : séparation type PVC/PP, PVC/PET, PP/PE, PC/ABS... grâce à la différence de comportement dans un champ de potentiel électrique



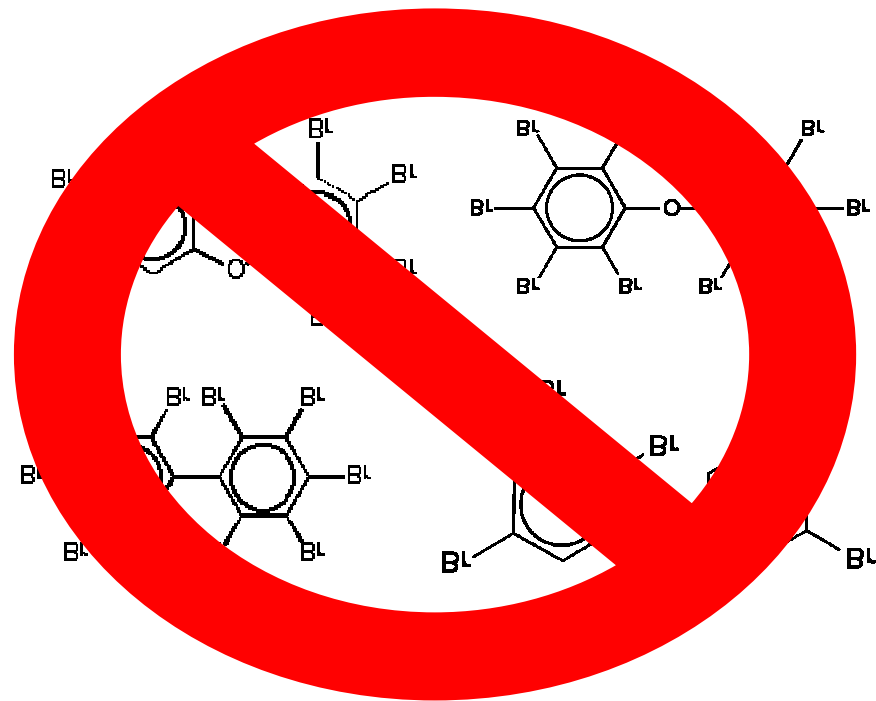
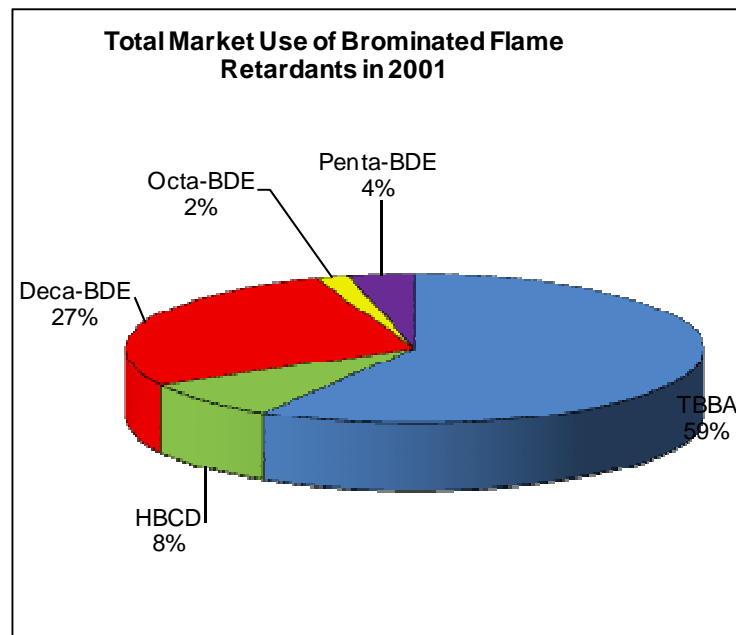
Séparation selon le matériaux et non plus le produit

Problème spécifique au DEEE : l'emploi de retardateur de flamme, de charges et d'additifs

- ❑ La présence de retardateurs de flammes (en particulier dérivés bromés) rend la gestion/valorisation des DEEE en fin de vie très contraignante.
 - La présence de brome nuit à la performance des plastiques recyclés
 - Pièces contenant des retardateurs de flamme bromés risquent de diffuser ces produits dans l'atmosphère en cas de combustion.
 - La directive RoHS impose un traitement séparé de certains produits bromés

➡ Une séparation selon la composition chimique s'impose :
Polymère/Charge bromée

- ❑ Historiquement, les RF bromés ont été très largement utilisés dans les plastiques des équipements électriques et électroniques.
- ❑ Pourquoi?
 - Très bon retardateur de flamme par action chimique (réaction radicalaire)
 - Faibles couts



Directive RoHS

❑ Principe

- Identification des matériaux par leur nature chimique par analyse du spectre de réflexion ou de transmission dans le proche infrarouge
- Les molécules peuvent absorber ou émettre du rayonnement infrarouge. L'absorption ou l'émission d'un photon infrarouge correspond à un changement de l'énergie vibrationnelle et rotationnelle de la molécule. La mesure de l'absorption de lumière par l'échantillon **permet d'en déterminer la composition chimique.**

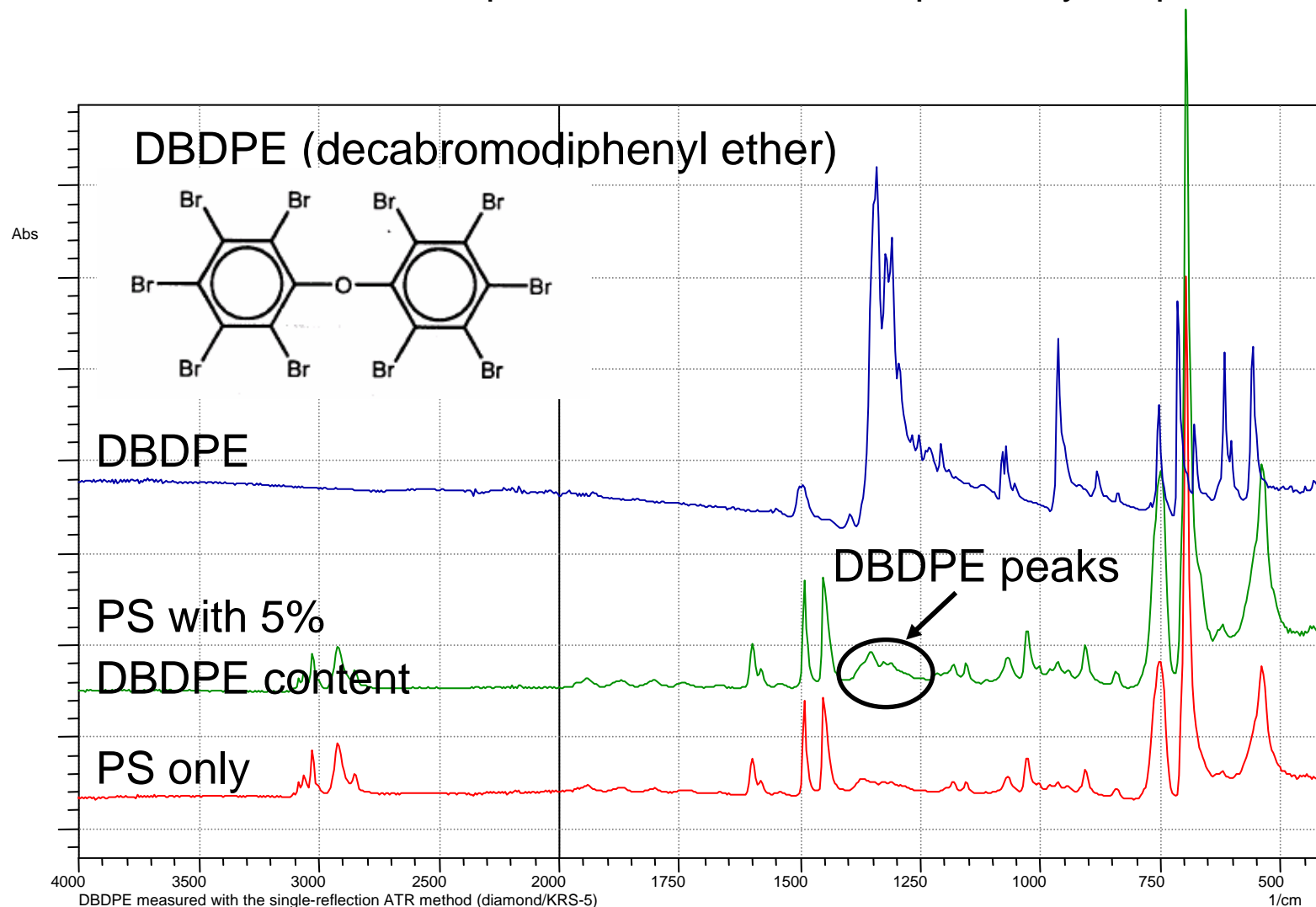
❑ Séparation type:

- Plastique du reste du flux
- Différencier et isoler les plastiques PE, PET, PS, thermodurcissables... on-line
- Permet de détecter la présence de composés bromés off-line



Tri positif : prélève d'un flux de déchet une fraction valorisable

- ❑ Mise en évidence de la présence de deca-BDE par analyse spectrale



Avantages et inconvénients de la méthode

❑ Points forts :

- Procédé facilement adaptable à des installations existantes (portique de détection au dessus d'un convoyeur)
- Non destructif, non polluant et sans danger
- Utilisation simple avec peu de maintenance

❑ Points faibles :

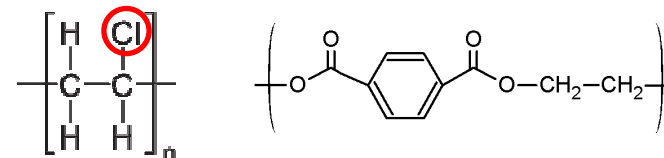
- Nécessité de coupler à un autre appareil pour affiner la pureté obtenue
- Nécessité d'une pré-tri d'élimination des contaminants (type film, bouchon, peinture)
- Non reconnaissance des plastiques noirs

❑ Principe

- Identification des matériaux excités par rayon X grâce à leur spectre de fluorescence
- Quand les rayons X d'une fréquence donnée interagissent avec une substance, les électrons des couches internes sont excités vers des orbitales externes, ou éjectés (effet photoélectrique). La désexcitation de l'atome se produit suivant deux processus : la fluorescence ou l'émission Auger. Les fréquences d'absorption et d'émission sont **caractéristiques d'un atome**.

❑ Séparation

- Plastiques composés de matières spécifiques sont séparés du reste du flux (halogène, métaux lourds...)
- Séparer différentes résines (ex : PVC et PET)



➡ Tri négatif : extrait d'un flux de déchet une fraction indésirable

- Analyse élémentaire du Na à U (Cd, Pb, Hg, As, Cr, Br...)

1 1a	2 IIa											13 IIIa	14 IVa	15 Va	16 VIa	17 VIIa	18 VIIIa															
1 H												5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne															
3 Li	4 Be																															
11 Na	12 Mg	3 IIIb	4 IVb	5 Vb	6 VIb	7 VIIb	VIIIb			10 Ib	12 IIb	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar															
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr															
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe															
55 Cs	56 Ba											72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn						
87 Fr	88 Ra											104 Unq	105 Unp	106 Unh	107 Ns	108 Hs	109 Mt															
																		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
																		93 Ac	94 Th	95 Pa	96 U	97 Np	98 Pu	99 Am	100 Cm	101 Bk	102 Cf	103 Es	104 Fm	105 Md	106 No	107 Lr

	Métaux alcalins
	Métaux alcalino-terreux
	Éléments de transition
	Lanthanides
	Actinides
	Autres métaux
	Non métaux
	Gaz rares

Avantages et inconvénients de la méthode

❑ Points forts :

- Permet l'identification de polluants halogénés (Chlore, Brome...)
- Non polluant
- Utilisation simple avec peu de maintenance

❑ Points faibles :

- Tri négatif : à utiliser en complément d'autres méthodes de tri positif
- La technique induit la présence d'une source radioactive
- Source de rayons X sont couteuses

- ☐ Scope sur la réglementation
- ☐ Techniques de tri des plastiques
- ☐ **Les outils du CREPIM**

- ☐ Optimisation du procédé de triage
- ☐ Caractérisation de la composition des matériaux dans le flux des déchets
- ☐ Identification des marchés d'applications et débouchés

- ❑ Caractérisation de la nature des plastiques résultants des DEEE à deux niveaux :
 - Identification des additifs halogénés
 - Identification de la nature du polymère

- ❑ L'expertise d'un laboratoire indépendant spécialisé dans les métiers des plastiques et des additifs RF

- ❑ Accompagnement à deux niveaux:
 - Caractérisation d'une production – depuis un multi-flux d'entrée jusqu'au produit final (audit externe, typologie, instauration de contrôle interne standardisé, procédé de calibrage externe...)
 - Intégration d'une technologie (analyse des procédures existantes, analyse des paramètres de production, mise en place de plan d'action, déploiement)

- ❑ Spectroscopie infrarouge couplée à un spectroscope d'émission atomique
 - Identification des additifs : brome, chlore...
 - Identification de la nature des polymères (PA, PE, PVC...)
 - Système portable
 - Taille minimale des échantillons : 1cm² sur surface plane



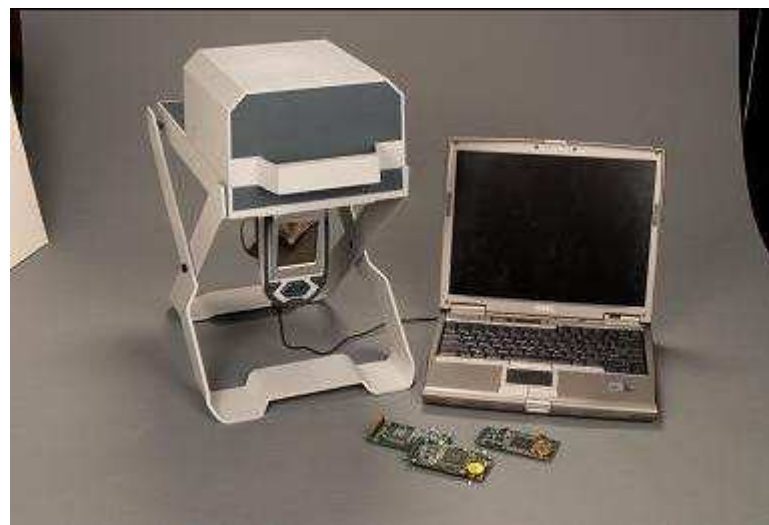
❑ Réalisation d'audits



- ❑ Analyseur par fluorescence X portatif
 - Analyse qualitative et quantitative de différents éléments de la classification périodique (halogènes, métaux lourds...)
 - Identification des composés chimiques par superposition des spectres
 - Temps de détection rapide : de 5 à 10 secondes pour identification et détection ; de 10 à 60 secondes pour analyse précise, ajustable



Utilisation en mode portable



Poste de mesure compact avec verrouillage de sécurité

*MERCI DE VOTRE
ATTENTION*

QUESTIONS?



Parc de la Porte Nord
Rue Christophe Colomb
62700 Bruay-La-Buissière
www.crepim.fr