

RAPPORT D'ÉTUDE
N°DRC-10-102861-04182A

16/03/2010

**Note de synthèse sur le projet de recherche
européen SOCOPSE**

Note de synthèse sur le projet de recherche européen SOCOPSE

INERIS

Direction des Risques Chroniques

Client : ONEMA

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.


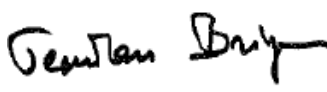

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	G. DUCOS	J-M. BRIGNON	L. ROUÏL
Qualité	Ingénieur de l'Unité Economie & Décision pour l'Environnement (EDEN) Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'Unité Economie & Décision pour l'Environnement (EDEN) Direction des Risques Chroniques	Responsable du Pôle Modélisation Environnementale & Décision (DECI) Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION.....	11
2.	OBJET DU PROJET.....	12
3.	METHODOLOGIE GENERALE	12
3.1	Le Decision Support System.....	12
3.2	Les outils utilisés dans le DSS.....	15
4.	LES ETUDES DE CAS	17
5.	SYNTHESE DES RESULTATS.....	18
5.1	L'application du DSS dans les études de cas.....	18
5.2	Utilité des outils d'aide à la décision de SOCOPSE	18
6.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	20
7.	CONTRIBUTION DE L'INERIS AU PROJET SOCOPSE EN 2009	21
7.1	End-of-Pipe document	21
7.2	Emission Reduction Strategy Report	21
8.	LISTE DES ANNEXES	27

RESUME

Ce rapport fait une synthèse des résultats du projet européen (FP6) SOurce COntrol of Priority Substances in Europe (SOCOPSE) que l'ONEMA a co-financé. L'objectif de ce projet était de développer un « Decision Support System » (DSS) pour aider les gestionnaires de l'eau à atteindre les objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau concernant les substances prioritaires. Une « boîte à outils » contenant des documents méthodologiques ainsi que des bases de données sur les substances, leurs émissions et les mesures possibles de réduction des émissions a également été réalisée pour le DSS. Le DSS et les outils associés ont ensuite été appliqués dans 5 études de cas à travers l'Europe, à savoir : Meuse (Europe de l'Ouest), Vantaa (Europe du Nord), Klodnica (Europe centrale), Danube (Europe de l'Est), Ter/Llobregat (Europe du Sud). Le présent rapport présente la méthodologie employée pour le DSS et le développement de ses outils, les principaux résultats et enseignements ainsi que les pistes pour améliorer et utiliser en France les outils développés.

GLOSSAIRE

Les Partenaires du projet SOCOPSE

CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Cientificas (Espagne)
EI	Environmental Institute (Slovaquie)
IETU	Instytut Ekologii Terenow Uprzemyslowionych (Pologne)
INERIS	National Institute of Industrial Environment and Risks
IVL	Swedish Environmental Research Institute Ltd (Suède)
KWR	Watercycle Research Institute (Pays-Bas)
NILU	Norsk institutt for luftforskning (Norvège)
SOTON	University of Southampton, School of Civil Engineering & the Environment (Royaume-Uni)
SYKE	Finnish Environment Institute (Finlande)
TNO	Nederlands Organisatie Voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (Pays-Bas)
WRI	Vyskumny Ustav Vodneho Hospodarstva (Slovaquie)

Pour en savoir plus : www.socopse.se

Liste des opérations de valorisation issues du travail réalisé dans SOCOPSE

- Conférence SETAC Europe, du 31 Mai au 4 Juin 2009, Göteborg, Suède : "Protecting ecosystem health: facing the challenge of a globally changing environment"
- Conférence finale du projet SOCOPSE, les 24 et 25 Juin 2009, Maastricht, Pays-Bas : "Future Approach to Priority and Emerging Substances in European Waters"

1. INTRODUCTION

Le projet européen SOCOPSE (Source Control of Priority Substances in Europe) co-financé par l'ONEMA a débuté en novembre 2006 pour une durée de 3 ans. Il a pris fin en novembre 2009.

Ce projet associe 11 partenaires de 7 Etats membres (voir annexe).

Le contexte de SOCOPSE est celui de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), et plus particulièrement, de son article 11 concernant les programmes de mesures et les substances prioritaires. Cet article précise que les « mesures de base » constituant les exigences minimales à respecter doivent comprendre des « mesures destinées à éliminer la pollution des eaux de surface par les substances énumérées dans la liste des substances prioritaires adoptée en application de l'article 16, paragraphe 2¹, et à réduire progressivement la pollution par d'autres substances qui empêcherait, sinon, les Etats membres de réaliser les objectifs fixés à l'article 4² pour les masses d'eau de surface ».

L'objectif général de SOCOPSE est de fournir des outils d'aide à la décision pour la mise en œuvre de cet article vis-à-vis les substances prioritaires.

Les substances étudiées dans SOCOPSE ont été sélectionnées à partir des 33 substances prioritaires et dangereuses prioritaires citées dans l'annexe X de la DCE : les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (incluant l'anthracène), le Mercure, le Cadmium, les Nonyphénols, le Tributylétain, le Di(2-EthylHexyl)Phtalate, les PolyBromoDiphénylEthers, l'HexaChloroBenzène, l'Atrazine et l'Isoproturon.

Le principal livrable de ce projet est le rapport sur le « Decision Support System ». Le DSS est un guide en plusieurs étapes destiné aux différents gestionnaires de l'eau (Agences de l'eau mais aussi les industries ou encore les organisations environnementales) afin de les accompagner dans (i) l'identification des problèmes environnementaux présents et futurs dans leur bassin versant, (ii) l'évaluation de l'efficacité des différentes mesures de réduction des émissions, et (iii) dans la sélection des mesures.

SOCOPSE a également développé des outils pour alimenter le DSS :

- Un document méthodologique pour analyser les émissions et flux de substances dans l'environnement (« Material Flow Analysis ») ;
- Des bases de données (échelle Europe) sur les substances, leurs émissions et les mesures possibles de réduction des émissions (« Substances Reports » et « End-of-Pipe Document »);
- Un document méthodologique sur la sélection des mesures les plus coûts-éfficaces (« Emission Reduction Strategy Report »).

Le DSS et les outils associés ont ensuite été appliqués dans 5 études de cas à travers l'Europe : Meuse (Europe de l'Ouest), Vantaa (Europe du Nord), Klodnica (Europe centrale), Danube (Europe de l'Est), Ter/Llobregat (Europe du Sud).

Le présent rapport comprend 2 grandes parties :

¹ Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, Article 16 définissant les stratégies de lutte contre la pollution de l'eau, paragraphe 2 : « La Commission soumet une proposition fixant une liste de substances prioritaires, sélectionnées parmi celles qui présentent un risque significatif pour ou via l'environnement aquatique. »

² Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, Article 4 définissant les objectifs environnementaux : « les Etats membres mettent en œuvre les mesures nécessaires en vertu de l'article 16, paragraphes 1 et 8, afin de réduire progressivement la pollution due aux substances prioritaires et d'arrêter ou de supprimer progressivement les émissions, les rejets et les pertes de substances dangereuses prioritaires. »

- La première présente une synthèse du projet SOCOPSE dans laquelle se trouvent : les objectifs du projet (chapitre 2), la méthodologie générale (chapitre 3), les études de cas (chapitre 4), les principaux résultats et enseignements (chapitre 5), et les recommandations (chapitre 6);
- La seconde précise la contribution de l'INERIS dans le projet SOCOPSE (chapitre 7).

2. OBJET DU PROJET

Ce projet a une portée clairement opérationnelle. Il consiste à élaborer un système d'aide à la décision (DSS) sur lequel les gestionnaires de l'eau puissent s'appuyer pour établir un programme de mesures pour les substances prioritaires.

Le principal livrable du projet est le manuel du DSS (Work Package 4). Il se présente sous la forme d'un guide d'appui à la conception d'une stratégie de réduction des substances prioritaires dans un bassin versant. Ce guide fait appel à des outils d'aide à la décision, également développés dans le cadre du projet, à savoir :

- *Material Flow Analysis* : produit du Work Package 2
- *Substance Reports* : produit du Work Package 3
- *End-of-pipe document* : produit du Work Package 3
- *Emission Reduction Strategy Report* : produit du Work Package 3

Le DSS ainsi que les outils d'aide à la décision ont ensuite été appliqués dans 5 études de cas en Europe.

3. METHODOLOGIE GENERALE

3.1 LE DECISION SUPPORT SYSTEM

Le DSS³ a été développé pour les gestionnaires de l'eau afin de :

- Identifier les problèmes de substances prioritaires présents et futurs dans un bassin versant ;
- Evaluer l'efficacité et les coûts de plusieurs mesures de réduction des émissions ;
- Sélectionner les mesures les plus coûts-efficaces.

Le DSS est une méthodologie d'aide à la décision procédant par étape avec des boucles de rétroaction et conduisant à une sélection des meilleures mesures pour atteindre les objectifs de la DCE vis-à-vis les substances prioritaires. Ces mesures peuvent être des technologies de procédé, des technologies de traitement des effluents, des produits de substitution ou encore des mesures politiques (par exemple des mesures incitatives).

³ Un document complet se trouve dans le CD-Rom fourni avec ce rapport et aussi sur le site : <http://www.socopse.se/projectoutput/dsshandbook.4.3d9ff17111f6fef70e9800068927.html>

Le système développé entre dans le cadre suggéré par la Commission pour mettre en œuvre la DCE et intégrer l'information générée dans les Plans de Gestion de Bassin Versant (i.e. les SDAGE). Bien que le DSS ne soit pas un outil informatique, il permet de structurer l'information et de l'analyser en vue d'établir un programme de mesures. Les boucles de rétroaction permettent, en outre, de réactualiser l'information et les choix en aval de l'information modifiée.

Le diagramme 1 illustre la structure du DSS.

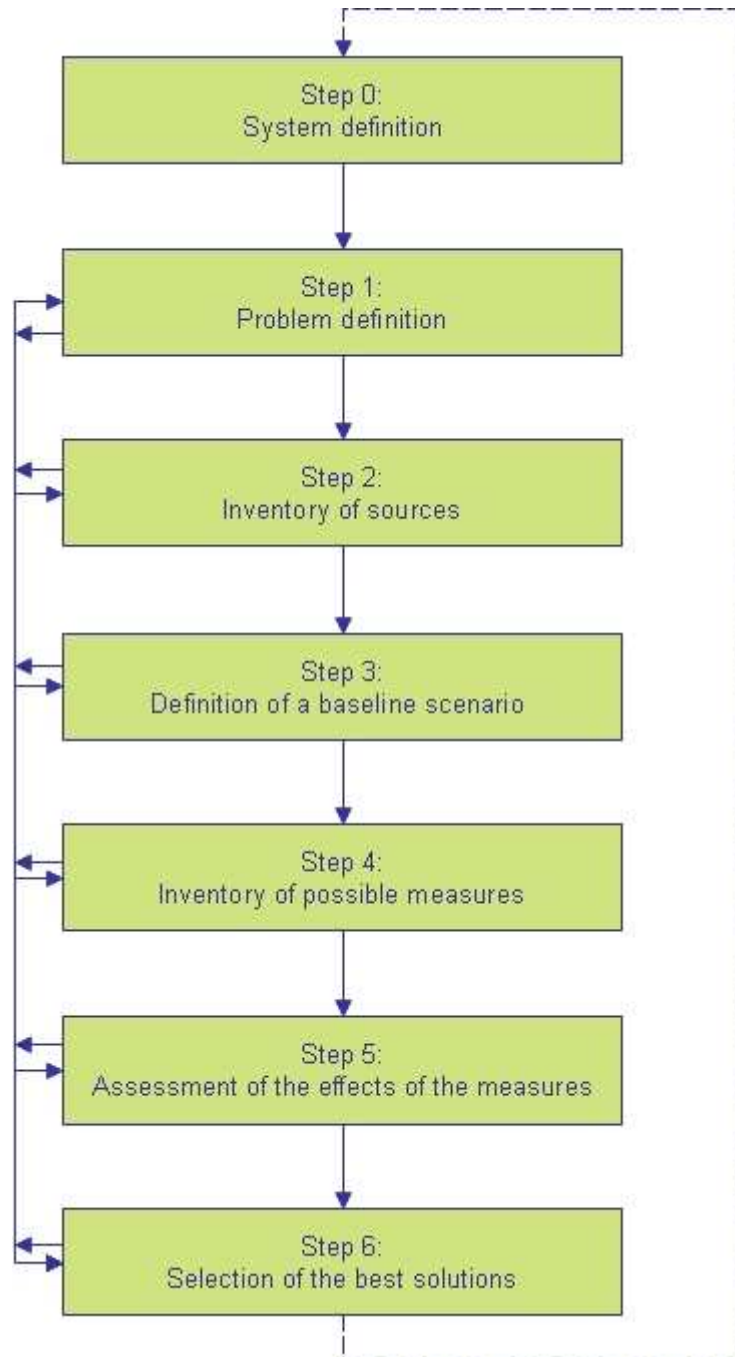


Diagramme 1 : Structure du DSS

Étape 0 : Définition du système

Les frontières du système étudié sont définies. Au sein de ce système, les caractéristiques géographiques, physiques, chimiques, biologiques et sociales sont décrites.

Étape 1 : Définition du problème

La DCE exige un bon état des masses d'eau d'ici 2015. La concentration des substances prioritaires ne doit pas dépasser les Normes de Qualité Environnementales (NQE) et elle ne doit pas augmenter dans le temps. Cette étape nécessite, par exemple, de dresser un tableau ou une carte où les zones de respect et de non-respect des NQE sont indiquées.

Étape 2 : Inventaire des sources

Cet inventaire consiste à lister les sources d'émission des substances prioritaires ainsi que leurs effets sur la concentration des substances prioritaires à l'échelle du bassin versant ou d'une unité de bassin versant. Il est établi à partir des caractéristiques socio-technico-économiques des zones de non-respect des NQE localisées lors de l'étape 1.

Étape 3 : Définition d'un scénario de type « statu quo »

Cette étape doit pouvoir répondre aux deux questions suivantes : Quel est le niveau d'amélioration de la qualité chimique de l'eau apporté par des mesures supplémentaires de réduction des émissions ?, et, Y-a-t'il des raisons de penser que la situation actuelle puisse évoluer vis-à-vis les substances prioritaires ?

Dans certains cas en effet, la principale source de pollution a déjà été éliminée et le système évolue, de lui-même, vers un bon état. Il est important de pouvoir identifier ces situations. Aucune mesure n'est alors nécessaire pour recouvrer le bon état, si ce n'est une action de contrôle des émissions et des concentrations.

Cette étape doit pouvoir établir une liste (carte ou tableau) des futures zones de dépassement des NQE et des sources possibles d'émission de substance prioritaires.

Étape 4 : Inventaire des mesures de réduction des émissions possibles

Un inventaire des mesures de réduction des émissions de substances prioritaires est réalisé dans cette étape. Il doit comprendre des technologies de procédé, des technologies de traitement des effluents et des produits de substitution. Des mesures à l'échelle de la Communauté, i.e. instruments politiques réglementaires et/ou économiques, peuvent également être listées dans cet inventaire.

Étape 5 : Evaluation des effets des mesures

Une fois que l'inventaire est établi, il est nécessaire d'identifier, en concertation avec les parties prenantes identifiées à l'étape 0, les effets (ou impacts) recherchés afin de pouvoir procéder à la sélection des mesures (étape 6). Parmi eux, les effets économiques liés à la mise en œuvre de la mesure doivent être pris en compte en plus des effets environnementaux liés à la réduction des émissions de substances prioritaires⁴. Une fois les effets identifiés, ils doivent ensuite être évalués pour chaque mesure avec les méthodes d'évaluation disponibles.

⁴ Selon l'annexe III de la DCE, l'analyse économique doit comporter des informations suffisantes et suffisamment détaillées pour apprécier, sur la base de leur coût potentiel, la combinaison la plus efficace au moindre coût des mesures relatives aux utilisations de l'eau qu'il y a lieu d'inclure dans le programme de mesures visé à l'article 11.

Etape 6 : Sélection des meilleures mesures

En concertation avec les parties prenantes identifiées à l'étape 0, la méthode de sélection des mesures la plus pertinente doit être choisie. Cette méthode doit permettre de classer les mesures selon leurs effets, ces effets ayant été évalués à l'étape 5. Par exemple, si, lors de l'étape 5, il a été décidé que les mesures seront sélectionnées en fonction de leurs coûts de mise en œuvre (effet économique) et de leur performance de réduction de la concentration des substances prioritaires (effet environnemental), une analyse coût-efficacité peut être réalisée. Dans le cas où il a été décidé que d'autres effets économiques de même que d'autres effets environnementaux doivent être pris en compte pour sélectionner les mesures, une analyse des bénéfices et des coûts sociaux ou encore une analyse multicritères peuvent être réalisées.

Pour les étapes 2 à 6, des boucles de rétroaction existent afin de pouvoir compléter au fur et à mesure le système d'aide à la décision et réactualiser les choix en aval.

3.2 LES OUTILS UTILISES DANS LE DSS

Material Flow Analysis (MFA)

Le MFA⁵ permet d'obtenir une information quantitative sur le devenir des flux (en masse par unité de temps) d'une substance dans un système bien défini. Dans le projet SOCOPSE, le MFA est utilisé pour décrire les sources, les flux et les points d'entrée dans l'environnement (compartiments eau, sédiment, atmosphère ou sol) de chaque substance prioritaire traitée dans le projet. Chaque MFA a été élaboré à l'échelle européenne à partir de données provenant de diverses sources (documents BREFs, base de données EPER, base de données EU ELOISE, Eurostat, études nationales du type Royal Haskonig report, Polish Catalogue of Water Pollution, ...).

Cet outil est destiné à être utilisé lors de l'étape 2 du DSS.

Substance Reports

Dix rapports ont été rédigés (un rapport par substance prioritaire traitée dans SOCOPSE).

Chacun de ces rapports comprend⁶ :

- La réglementation européenne concernant la substance
- La production européenne
- Les différentes utilisations de la substance
- Les émissions européennes
- Les mesures de réduction des émissions

L'apport principal de ces rapports réside dans la partie sur les mesures de réduction des émissions. On y trouvera des informations détaillées sur l'efficacité de réduction des émissions de chaque mesure, leur faisabilité, les co-effets environnementaux et les coûts de mise en œuvre.

⁵ Un document complet sur les MFA réalisés dans le projet SOCOPSE se trouve dans le CD-Rom fourni avec ce rapport et aussi sur le site : <http://www.socopse.se/projectoutput/materialflowanalysis.4.63690a791258e141dde8000669.html>

⁶ Un document complet sur les Substance Reports réalisés dans le projet SOCOPSE se trouve dans le CD-Rom fourni avec ce rapport et aussi sur le site : <http://www.socopse.se/projectoutput/substancereportsandfinalersr.4.3d9ff17111f6fef70e9800054023.html>

Cet outil est destiné à être utilisé lors des étapes 4 et 5 du DSS.

End-of-pipe document

Ce document⁷ se différencie du précédent de par sa présentation. Ici, l'entrée de lecture se fait par le type de technologie de traitement des effluents et non par la substance.

Emission Reduction Strategy Report

Ce rapport⁸ propose une méthodologie pour intégrer l'information générée par le DSS et procéder à un classement des mesures techniques de réduction des émissions.

Dans un premier temps, la structure de la base de données est définie. Elle rassemble des données quantitatives sur chaque triplet composé d'une substance prioritaire, d'une source d'émission et d'une mesure de réduction des émissions de la substance adaptée à la source en question. Plus de 200 triplets ont pu être recensés.

Les performances de chaque triplet sont évaluées en fonction de critères de performances sélectionnés par les partenaires du projet selon leur pertinence et l'information disponible pour les renseigner. Les critères sélectionnés sont les suivants :

- Importance des émissions provenant de la source en question par rapport aux émissions totales ;
- Efficacité de réduction des émissions de la mesure ;
- Co-bénéfices ;
- Coûts financiers ;
- Effets d'échelle (ce critère permet d'identifier les mesures qui peuvent être mises en commun par plusieurs sources) ;
- Disponibilité de la mesure et possibilités de mise en œuvre (ce critère est un moyen de mesurer les coûts de mise en œuvre autres que financiers).

Les triplets sont enfin classés à l'aide du logiciel d'analyse multicritères ELECTRE III (propriété de l'Université de Dauphine). Cette technique permet d'attribuer des poids à chacun des critères de sorte que la somme des poids des critères caractérisant le coût de la mesure (coûts financiers, co-bénéfices, effets d'échelle, coûts de mise en œuvre autre que financiers) soit égale à la somme des poids caractérisant l'efficacité environnementale de la mesure (Importance des émissions provenant de la source par rapport au total des émissions, efficacité de réduction des émissions de la mesure).

On obtient ainsi, pour chaque substance, ou pour l'ensemble des substances, sur la base des informations disponibles, une combinaison des mesures de réduction des émissions les plus coût/efficaces (en dehors de toute considération relative à un contexte local).

L'INERIS a coordonné la réalisation de ce rapport. Plus de détails sur la méthodologie sont fournis dans le chapitre 7.

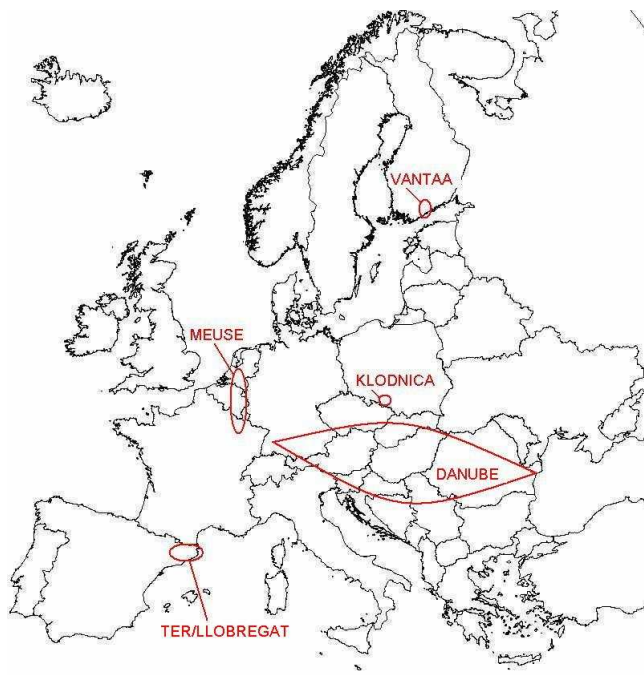
Cet outil est destiné à être utilisé lors de l'étape 6 du DSS.

⁷ Le document complet se trouve dans le CD-Rom fourni avec ce rapport.

⁸ Le document complet se trouve en annexe 3 de ce rapport et aussi sur le site : <http://www.socopse.se/projectoutput/substancereportsandfinalersr.4.3d9ff17111f6fef70e9800054023.html>

4. LES ETUDES DE CAS

Le DSS ainsi que les outils d'aide à la décision associés ont été appliqués dans 5 études de cas à travers l'Europe : Meuse (Europe de l'Ouest), Vantaa (Europe du Nord), Klodnica (Europe centrale), Danube (Europe de l'Est), Ter/Llobregat (Europe du Sud). La carte 1 indique leur localisation.



Carte 1 : Localisation des 5 études de cas réalisées dans le projet SOCOPSE

Les bassins étudiés permettent d'observer différents cas de contamination des eaux par les substances prioritaires de la DCE (voir tableau 1), ainsi que différentes échelles d'application du DSS.

Tableau 1 : Substances polluantes des bassins versant des études de cas

Substances	Etudes de cas				
	Meuse	Vantaa	Klodnica	Danube	Ter/ Llobregat
HAP (anthracène inclus)	x	x	x	x	
PBDE		x			x
Hg			x	x	
Cd	x		x	x	
TBT	x	x			
Nonylphenol		x		x	x
HCB				x	
Isoproturon					x
Atrazine					x
DEHP		x		x	x

5. SYNTHÈSE DES RESULTATS

5.1 L'APPLICATION DU DSS DANS LES ETUDES DE CAS

Les enseignements sont les suivants :

- Le DSS apparaît comme un guide utile à la mise en œuvre de la DCE dans l'ensemble des études de cas. Certaines étapes n'ont cependant pas pu être totalement réalisées dans quelques cas par la difficulté à rassembler les données nécessaires (données non existantes ou difficiles d'accès);
- Les structures de gestion de l'eau peuvent être très différentes d'un Etat membre à l'autre, ce qui complexifie l'application du DSS ;
- D'une façon générale, les données sur les niveaux de contamination manquent, ce qui rend difficile l'évaluation du statut chimique de l'eau ;
- Le manque de données concerne également les sources d'émission (ponctuelles, comme diffuses mais aussi historiques) et les mesures de réduction des émissions et en particuliers les informations financières. Ces lacunes gênent la mise en œuvre de la DCE et introduisent un niveau élevé d'incertitude lors de la prise de décision ;
- L'utilisation de modèles hydrologiques s'est avérée comme un support complémentaire intéressant pour établir des scénarios d'émissions lorsque l'information nécessaire pour l'allocation des sources n'est pas disponible ;
- Le DSS et ses outils sont plus ou moins bien adaptés en fonction de la nature des différents problèmes à traiter. Lorsqu'il s'agit de réduire non seulement les substances prioritaires mais aussi des problèmes hydro morphologiques ou encore de quantité, le DSS présente quelques limites. Un bassin versant très étendu et international, de même que la non implication des parties prenantes peuvent aussi réduire la capacité du DSS à produire des informations pertinentes et fiables.

5.2 UTILITE DES OUTILS D'AIDE A LA DECISION DE SOCOPSE

Material Flow Analysis

Cet outil a été développé à l'échelle européenne. Il peut servir de référence ou de point de départ pour identifier les sources potentielles d'émissions de substances prioritaires dans un bassin versant, ou pour savoir si les actions concernant une substance doivent être axées vers la réduction des émissions dans l'eau, ou dans l'air.

Les données sur les facteurs d'émission vers l'eau sont très rares ou alors très hétérogènes d'un secteur à l'autre. Les informations rassemblées dans cet outil reposent sur des données assez anciennes, et doivent donc être considérées avec précaution lorsqu'il s'agit de les appliquer au niveau local.

Substance Reports

Tout comme l'outil précédent, ces rapports ont été élaborés à l'échelle européenne. Les informations contenues dans ces rapports peuvent servir de valeurs de référence pour comparer les performances des mesures évaluées au niveau local. Lorsque l'information n'est pas disponible au niveau local, ces informations peuvent également être utilisées comme valeurs par défaut.

Les mesures techniques (procédé, traitement des effluents, substitution) sont beaucoup mieux renseignées que les mesures incitatives. Les mesures techniques bénéficient d'une évaluation des performances économiques et environnementales alors que les mesures incitatives sont uniquement citées. Ces deux types de mesures ne peuvent en effet être abordés de la même façon. Les mesures techniques font essentiellement appel à des connaissances en ingénierie alors que les mesures incitatives nécessitent une bonne compréhension des mécanismes d'incitation économique pour influencer sur le comportement des individus (industries ou ménages).

Certains de ces rapports ont été rédigés sur la base d'une information beaucoup plus incomplète que d'autres et leur utilisation est à considérer avec précaution (Tributylétain, Nonylhénols, DEHP, PBDE).

End-of-pipe document

Ce document reprend les technologies de traitement des effluents proposées dans les « Substance Reports » en les détaillant et en précisant les substances prioritaires concernées par la technique. C'est un document utile pour connaître rapidement le rayon d'action (en termes de substances prioritaires traitées) d'une technique de traitement des effluents.

Emission Reduction Strategy Report

La base de données comprend 225 triplets (un triplet représente une mesure technique pour une substance et un secteur d'émission). Chaque triplet est décrit au niveau européen par 6 critères de performances environnementale et économique (coûts financiers, co-bénéfices, effets d'échelle, coûts de mise en œuvre autre que financiers, importance des émissions provenant de la source par rapport au total des émissions, efficacité de réduction des émissions de la mesure). Ces critères permettent de décrire les coûts internes supportés par l'établissement en question lors de la mise en œuvre de la technologie ainsi que les impacts environnementaux directs (niveaux d'émissions de substances prioritaires ou autres polluants). Excepté le critère « importance des émissions provenant de la source par rapport au total des émissions » qui est estimé en pourcentage, les autres critères sont estimés sur une échelle de 0 à 10.

La qualité de cette base de données, étant dépendante de celle de l'information recueillie dans le Material Flow Analysis et les Substance Reports, est plutôt faible, mais cela n'est pas vrai pour tous les triplets. Afin de repérer ces variations de qualité, un indicateur « incertitude » a été créé et ajouté à la base de données pour chaque triplet. Lorsque les performances d'un triplet sont évaluées sur une base d'informations satisfaisante, cet indicateur présentera une note correspondant à un niveau d'incertitude faible (et inversement).

Le classement des triplets a ensuite été réalisé avec le logiciel d'analyse multicritères ELECTRE III. A partir de ce classement et en fonction des préférences du décideur, une combinaison de mesures coût-efficaces peut être sélectionnée.

Cet outil pourrait être réutilisé par des gestionnaires de l'eau en France :

- La base de données peut être améliorée et modifiée (nouvelles mesures, nouveaux polluants, modifications des valeurs des critères) ;
- Le poids des critères pourra être adapté aux contextes locaux ;
- Il repose sur un outil informatique (ELECTRE III) développé par l'Université de Dauphine qui pourra donner lieu à un interfaçage web.

6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le projet SOCOPSE a été monté avec l'objectif de fournir des outils d'aide à la décision pour atteindre les objectifs de la DCE concernant le traitement des substances prioritaires dans les programmes de mesures. Ces outils ont montré leur utilité à travers les études de cas et ont également permis de mieux définir les besoins en matière d'aide à la décision. Les voies de progression apparaissent comme les suivantes :

- ***L'inventaire des sources d'émission et les performances des mesures de réduction des émissions gagneraient en justesse en augmentant la transparence et la disponibilité des informations*** de la part des producteurs et des utilisateurs des substances. Bien que le projet se soit concentré sur des substances déjà relativement bien connues, les données rassemblées sont très incomplètes. Dans le cas des substances émergentes, on peut craindre que la situation soit au moins équivalente si ce n'est pire. Ce manque d'information empêchera l'évaluation des principales voies de contamination de l'eau et par conséquent le développement d'une stratégie de réduction des émissions de ces substances (article 16 de la DCE).
- ***Une approche réglementaire intégrée est nécessaire pour améliorer la qualité des cours d'eau.*** La pollution chimique des masses d'eau provient des effluents originaires du bassin versant mais également d'autres sources externes au bassin, e.g. dépôts de polluants transportés par voie atmosphérique sur de grandes distances. La pollution historique et la pollution diffuse provenant des ménages sont également difficiles à appréhender mais doivent être prises en compte. Ces diverses sources d'émission nécessitent de considérer les informations produites dans le cadre d'autres directives (REACH, Directives sur les produits électroniques ou encore sur les déchets,...) et des conventions internationales (CLRTAP, Convention de Stockholm, HELCOM, OSPAR).
- ***Une approche holistique est finalement nécessaire pour améliorer le DSS.*** Elle consiste à recenser l'ensemble des pressions exercées sur l'eau, à savoir les flux de substances prioritaires et émergentes, les flux de nutriments et l'hydro morphologie, en vue d'établir une stratégie commune et non pas une stratégie par type de pression.

7. CONTRIBUTION DE L'INERIS AU PROJET SOCOPSE EN 2009

7.1 END-OF-PIPE DOCUMENT

Ce document se concentre sur les techniques de traitement des effluents citées dans les *Substances Reports*. L'INERIS a coordonné la réalisation de document. Il se trouve dans le CD-Rom associé à ce rapport.

7.2 EMISSION REDUCTION STRATEGY REPORT

L'INERIS a coordonné la réalisation de cette étude. Ce chapitre présente une synthèse du rapport (le rapport entier se trouve en annexe 3).

Introduction

La méthodologie présentée dans le rapport permet d'obtenir un classement des mesures de réduction des émissions en fonction de leurs coûts et de leurs performances environnementales. Le principe sous-jacent est le suivant : un programme de mesures doit être composé de la combinaison de mesures les plus coût-efficaces. Cette méthodologie est basée sur une analyse multicritères qui effectue dans un premier temps une agrégation des performances des mesures puis un classement de ces mesures. La première section ci-dessous explique comment la méthode d'analyse multicritères a été choisie. La section suivante présente la base de données sur laquelle la méthode a été appliquée. Enfin, les résultats de l'application sont présentés et commentés.

Choix de la méthode d'analyse multicritères

Il existe de nombreuses méthodes d'analyses multicritères qui permettent chacune de répondre à un contexte particulier. On peut cependant distinguer 3 grandes approches (Stärling, 1985):

- Approche par agrégation totale: l'objectif est de réduire le nombre de critères pour n'en obtenir plus qu'un seul. Cette approche permet de travailler avec une synthèse des performances d'une mesure par l'application de la théorie du bien-être. Il existe plusieurs méthodes d'agrégation pouvant aller de méthodes très simples (somme pondérée) aux méthodes très sophistiquées et très demandeuses de données telles que, par exemple, l'estimation d'une fonction d'utilité multi-attributs. Toutes les méthodes permettent d'effectuer un classement des mesures ;
- Approche par agrégation partielle (ou par synthèse de sur classement): les mesures sont comparées 2 à 2 afin d'identifier celle qui surclasse l'autre vis-à-vis de chaque critère. Une matrice est construite à partir de ces comparaisons et le classement des mesures est effectué à partir de cette matrice.
- Approches par agrégation itérative ou locale : l'objectif est de se concentrer sur une mesure potentiellement bonne et d'identifier les conditions dans lesquelles cette mesure pourrait être améliorée. Les autres mesures sont ensuite passées en revue afin d'identifier celles qui pourraient être meilleures que la mesure jugée initialement comme bonne. Le même procédé est effectué avec la nouvelle meilleure mesure, et cela, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de mesure qui puisse être meilleure

Dans SOCOPSE, la méthodologie a été choisie de façon à pouvoir classer les mesures en fonction des conditions suivantes:

- Les critères et leurs poids doivent être flexibles, i.e. le décideur doit pouvoir choisir ses propres critères et ses propres poids ;
- Concordance entre les performances des critères, i.e. lorsqu'une mesure A est au moins aussi performante qu'une autre mesure B sur la plupart des critères, alors la mesure A peut être jugée meilleure que la mesure B ;
- Non-discordance entre les performances des critères, i.e. lorsqu'il n'existe pas de critère sur lequel la mesure A est beaucoup moins performante que la mesure B et qu'elle est au moins aussi performante que la mesure B sur la plupart des critères, alors la mesure A peut être jugée meilleure que la mesure B.

Les conditions de concordances et de non discordances signifient que la meilleure mesure doit, d'une part, avoir de meilleures performances que les autres mesures, et d'autre part, ne pas posséder une mauvaise performance sur un critère qui serait compensée par une très bonne performance sur un autre critère.

La méthode d'analyse multicritères ELECTRE III est apparue comme la mieux adaptée à ce cahier des charges. Cette méthode appartient à l'approche par agrégation partielle. Elle est facile d'utilisation et également facile à transférer. Les détails de cette méthodologie se trouvent dans Roy (1996).

La base de données

La base de données a été construite à partir des informations contenues dans les *Substances Reports* et de l'expertise des partenaires du projet SOCOPSE selon les étapes suivantes :

Inventaire des mesures : Identification des mesures techniques de réduction des émissions par type de source ou secteur et par substance au niveau européen. Les secteurs émetteurs peuvent être une source directe vers l'eau ou indirecte (via l'atmosphère ou le sol) des substances prioritaires du projet. L'ensemble du parcours de la substance à partir de sa production jusqu'au compartiment aquatique est, dans la mesure du possible, pris en compte. Les mesures au niveau de la collectivité telles que les règles de gestion des déchets, les incitations pour actions volontaires, etc,... ne sont pas prises en compte.

Structure de la base de données (ligne) : la base de données est une suite de « triplets » constitués à partir de l'inventaire ci-dessus et comprenant pour chacun une mesure, un secteur d'émission et une substance. 225 triplets ont pu être constitués de cette façon.

Structure de la base de données (colonnes) : Les performances de chaque triplet sont déclinées sous forme de 6 critères quantitatifs :

- *Effectiveness* : performance environnementale du triplet évaluée à partir du taux de réduction des émissions de la substance concernée. La performance peut éventuellement être abaissée (élevée) si la mesure a des effets négatifs (positifs) sur d'autres substances (en dehors des substances prioritaires de SOCOPSE : voir critère *Co-bénéfits* pour cela) ou d'autres effets environnementaux ;
- *Share* : performance relative de la mesure, i.e. ratio entre la quantité de substance émise par le secteur en question dans le triplet et la quantité totale de substance émise par tous les secteurs ;
- *Costs* : coûts financiers et manque à gagner⁹ générés par la mesure ;

⁹ "le manque à gagner" est la différence entre les bénéfices de l'agent économique supportant le poids financier, avec et sans mesure de réduction des émissions.

- *Disponibilité* : niveau de disponibilité (ou niveau de faisabilité) de la mesure dans le secteur concerné ;
- *Co-benefits* : lorsqu'une mesure ne réduit pas uniquement une substance prioritaire mais plusieurs, elle génère des co-bénéfices environnementaux ;
- *Scale* : lorsqu'une mesure peut être mise en place pour plusieurs sources de la même substance (et si ces 2 sources peuvent être proches géographiquement l'une de l'autre), cette mesure génère des économies d'échelle potentielles. Cette configuration est possible en particulier avec les mesures de traitement des effluents.

Chaque critère est renseigné avec une note comprise entre 0 et 10 (sauf le critère *Share* qui est en pourcentage) à partir des informations contenues dans les *Substances Reports* au niveau européen. La note 10 correspond à une très bonne performance environnementale ou un coût très faible. La note 0 correspond à une très mauvaise performance environnementale ou un coût très élevé.

Les critères ont été définis par les partenaires du projet SOCOPSE afin de décrire les coûts directs pour l'établissement pollueur et les variations d'émissions polluantes avec et sans mesure. Les interactions environnementales entre l'établissement pollueur et son écosystème ne sont donc pas prises en compte. Les interactions socio-économiques entre l'établissement et le système socio-économique dans lequel il est implanté ne sont également pas prises en compte.

Allocation des poids des critères: les poids ont été alloués par les partenaires de SOCOPSE de façon à ce que la somme des poids des critères caractérisant les performances économiques soit égale à la somme des poids des critères caractérisant les performances environnementales :

- *Effectiveness* = 1/3
- *Share* = 1/6
- *Costs* = 1/6
- *Availability* = 1/6
- *Co-benefits* = 1/12
- *Scale* = 1/12

Résultats

Le logiciel ELECTRE III est utilisé pour classer les 225 triplets en fonction des critères et des poids définis dans la base de données ci-dessus. Le tableau 2 présente un extrait des résultats du classement. Seuls les 10 meilleurs triplets y figurent.

Tableau 2 : Résultats du classement des triplets (valeurs à l'échelle de l'Europe)

Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Substance	Share	Eff	Costs	Avail	Co-ben	Scale	Unc
1	42	Non-ferrous metals industry	Ion exchange	Cadmium	26	10	6	10	4	7	8
2	180	Domestic coal combustion	Combustion control and optimization	PAH	25	9	9	10	1	1	7
3	213	Chemical industry	Substitution of TBT in fungicides	TBT	25	9	9	9	10	1	2
4	116	Battery and cell production	Mercury substitution	Mercury	16	10	8	8	10	1	9
5	99	Farm point-source	Sharing equipment or spraying by contractors	Isoproturon	35	9	8	9	1	1	7
6	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	Mercury	4	10	8	10	1	1	9
7	8	Surface water treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	50	8	8	9	1	1	7
8	165	Aluminium industry	Dry flue gas scrubber	PAH	12	9	8	10	1	1	9
9	109	Rural run-off	Grass strips, hedges	Isoproturon	40	7	6	10	4	1	4
10	41	Non-ferrous metals industry	Basic waste water treatment	Cadmium	26	6	8	10	4	8	9

Les informations sur lesquelles les triplets ont été évalués étant très hétérogènes d'un secteur à l'autre ou même d'une mesure à l'autre, un indicateur appelé « *Uncertainty* » a été créé afin de renseigner le niveau d'incertitude associé à l'évaluation de chaque triplet. Un score entre 0 et 10 a été attribué en fonction de la quantité d'information à partir de laquelle les performances ont été évaluées. Un score de 0 correspond à très faible quantité d'information et donc à un niveau d'incertitude très élevé. Un score de 10 correspond à une très grande quantité d'information et donc à un niveau d'incertitude très faible.

Ainsi, parmi les 5 meilleurs triplets, le classement du triplet 213 doit être considéré avec précaution vu le niveau de son indicateur « *Uncertainty* » alors que le classement des autres triplets est environné de moins d'incertitudes.

Ce classement peut être présenté de différentes façons selon les objectifs poursuivis. 4 situations ont été imaginées :

- Situation A : « Obtenir des résultats environnementaux très rapides » : les triplets dont la performance du critère *Availability* est inférieure ou égale à 7 sont enlevés du classement ;
- Situation B : « Viser des objectifs ambitieux qui peuvent apparaître sur le long terme » : les triplets dont la performance du critère *Effectiveness* est inférieure ou égale à 7 sont enlevés du classement ;
- Situation C : « Privilégier des mesures peu coûteuses » : les triplets dont la performance du critère *Costs* est inférieure ou égale à 7 sont enlevés du classement ;
- Situation D : « Sélectionner des mesures coût-efficaces uniquement » : tous les triplets sont conservés dans le classement

Une synthèse de ces résultats pour le DEHP et le Mercure est présentée à titre d'illustration du type d'analyse que l'on peut réaliser avec l'outil, dans les 2 tableaux suivants.

Tableau 3 : Meilleurs triplets pour le DEHP en fonction des préférences du décideur

Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Triplet_nb	Source	Measures
1	62	WWTP	Activated carbon adsorption	62	WWTP	Activated carbon adsorption
2	59	SS	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	58	SS	Incineration of sludge
3	58	SS	Incineration of sludge	63	WWTP	Membrane filtration : nanofiltration
4	68	WWTP	Oxidative techniques: UV	64	WWTP	Membrane filtration : reverse osmosis
5	63	WWTP	Membrane filtration : nanofiltration	65	WWTP	Membrane filtration: Ultra filtration
Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Triplet_nb	Source	Measures
1	66	WWTP	Optimization of basic WWT	66	WWTP	Optimization of basic WWT
2	62	WWTP	Activated carbon adsorption	62	WWTP	Activated carbon adsorption
3	59	SS	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	59	SS	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion
4				58	SS	Incineration of sludge
5				68	WWTP	Oxidative techniques: UV

WWTP= Waste Water Treatment Plants, SS= Sewage Sludge

Situation A	Situation B	Situation C	Situation D
-------------	-------------	-------------	-------------

On peut voir que les situations C et D ont les mêmes triplets et le même classement. Cependant, même si ils sont coût-efficaces, le coût des triplets 58 et 68 est trop élevé lorsqu'on privilégie les mesures peu coûteuses (situation C).

Le triplet 62 a un bon classement quelque soit la situation. Cela montre un bon équilibre entre les différents critères de coût et de performance environnementale.

Le triplet 64 n'apparaît que dans la situation B ce qui met en évidence ses performances environnementales mais un déséquilibre avec les critères. Même remarque pour le triplet 66 en ce qui concerne ses performances de coûts.

Enfin, on observe que, quelque soit le classement, aucune mesure de changement de procédé ni de substitution ne se trouve parmi les 5 meilleurs triplets.

Tableau 4 : Meilleurs triplets pour le Mercure en fonction des préférences du décideur

Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Triplet_nb	Source	Measures
1	116	Battery and cell production	Mercury substitution	116	Battery and cell production	Mercury substitution
2	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF
3	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment	134	Large Combustion Plant	Improved quality of the feeding material
4	134	Large Combustion Plant	Improved quality of the feeding material	135	Large Combustion Plant	Ion exchange
5	132	Landfil effluent	Membrane filtration: RO	127	Iron & Steel Production	Activated carbon adsorption
Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Triplet_nb	Source	Measures
1	116	Battery and cell production	Mercury substitution	116	Battery and cell production	Mercury substitution
2	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF
3	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment
4	132	Landfil effluent	Membrane filtration: RO	134	Large Combustion Plant	Improved quality of the feeding material
5	133	Large Combustion Plant	Basic waste water treatment	132	Landfil effluent	Membrane filtration: RO

Les situations A et D présentent les mêmes triplets et le même classement. Ainsi, les mesures les plus disponibles pour réduire le mercure sont également les plus coûteuses.

Dans toutes les situations, les 2 meilleurs triplets sont les mêmes (triplets 116 et 121). Les performances de ces triplets ont donc un très bon équilibre.

8. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Liste de livrables 2009	1
Annexe 2	Participants au projet SOCOPSE	1
Annexe 3	Emission Reduction Strategy Report	38

+ 1 CD-Rom comprenant :

- Le guide « Decision Support System » ;
- Les 10 « Material Flow Analysis » ;
- Les 10 « Substances Reports » ;
- Le « End-of-Pipe Document ».

ANNEXE 1

Annexe 1 : Liste des livrables 2009

A titre récapitulatif, les livrables pour 2008 relatif au projet SOCOPSE sont indiqués ci-dessous (livrables du WP3 piloté par l'INERIS et ceux du WP5 auquel l'INERIS a participé). Ils sont téléchargeables sur le site www.socopse.se.

Livrables	Date
WP3- Substance Report (version finale) : Atrazine	Octobre 2009
WP3- Substance Report (version finale) : Isoproturon	Octobre 2009
WP3- Substance Report (version finale) : HCB	Octobre 2009
WP3- Substance Report (version finale) : Mercure	Octobre 2009
WP3- Substance Report (version finale) : Cadmium	Octobre 2009
WP3- Substance Report (version finale) : HAP	Octobre 2009
WP3- Substance Report (version finale) : DEHP	Octobre 2009
WP3- Substance Report (version finale) : PBDE	Octobre 2009
WP3- Substance Report (version finale) : Nonylphénol	Octobre 2009
WP3- Substance Report (version finale) : Tributyltin	Octobre 2009
WP3- End-of-pipe document	Septembre 2009
WP3- Emission Reduction Strategy Report	Septembre 2009
WP5- Case study on Meuse river basin	Septembre 2009

ANNEXE 2

Annexe 2 : Participants au projet SOCOPSE

Liste des Participants au projet SOCOPSE :

IVL, Swedish Environmental Research Institute Ltd (Suède)

TNO, Nederlands Organisatie Voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (Pays-Bas)

CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Cientificas (Espagne)

NILU, Norsk institutt for luftforskning (Norvège)

IETU, Instytut Ekologii Terenow Uprzemyslowionych (Pologne)

SYKE, Finnish Environment Institute (Finlande)

WRI, Vyskumny Ustav Vodneho Hospodarstva (Slovaquie)

KWR, Watercycle Research Institute (Pays-Bas)

SOTON, University of Southampton, School of Civil Engineering & the Environment (Royaume-Uni)

EI, Environmental Institute (Slovaquie)

ANNEXE 3

Annexe 3 : Emission Reduction Strategy Report

SOCOPSE



SOURCE CONTROL OF PRIORITY SUBSTANCES IN EUROPE

Project contract no. 037038

SOCOPSE
Source Control of Priority Substances in Europe

Specific Targeted Research Project

Work Package 3 – D.3.3

Emission Reduction Strategy Report

Due date of delivery: October 2009
Actual submission date: September 2009

Start date of project: 1st November 2006

Duration: 36 months

Lead partner for this deliverable: INERIS

Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006)		
Dissemination Level		
PU	Public	X
PP	Restricted to other programme participants (including the Commission Services)	
RE	Restricted to a group specified by the consortium (including the Commission Services)	
CO	Confidential, only for members of the consortium (including the Commission Services)	



EMISSION REDUCTION STRATEGY REPORT

This report was prepared within Work Package 3 of project SOCOPSE.

Author: Géraldine Ducos (1)

Contributors: Jean-Marc Brignon (1), Willy van Tongeren (2), Mohammed Belhaj (6), Janusz Krupanek (4), Lourens Feenstra (2), Frank I.H.M. Oosterholt (3), , Urszula Zielonka (4), Susanne Ullrich (5)

- (1) Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)
- (2) Nederlands Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO)
- (3) KIWA WATER RESEARCH B.V. (Kiwa WR)
- (4) Institut Ekologii Terenów Uprzemysłowych (IETU/Envitech)
- (5) University of Southampton, School of Civil Engineering & the Environment (SOTON)
- (6) Swedish Environmental Research Institute (IVL)

Contents

1. EXECUTIVE SUMMARY

2. INTRODUCTION

3. THE DATABASE

- 3.1 Synthesis by substance
- 3.2 Synthesis by technical measure
- 3.3 Overall synthesis

4. A METHODOLOGY FOR BUILDING AN ERS

- 4.1 The Multi-criteria analysis methodology for technical measures
- 4.2 Results of the multi-criteria analysis
- 4.3 Preliminary leads for building an ERS

5. PROPOSITIONS OF COST-EFFICIENT ERS FOR EU WATERSHEDS

- 5.1 Example of ERS building
- 5.2 Ranking sensitivity according to decider's preferences

6. DISCUSSION AND CONCLUSION

7. REFERENCES

8. ANNEXES

- 8.1 Annex I: General database
- 8.2 Annex II: ERS when the decider prefers very quick observable results
- 8.3 Annex III: ELECTRE Multi-criteria analysis methodology

1. Executive summary

The Emission Reduction Strategy (ERS) Report suggests a methodology for integrating all WP3 information and establishing a strategy to reduce emissions of priority substances.

We first describe the database on which the ERS relies. It gathers information on costs and environmental efficiency of all abatement measures collected in Substance Reports in the form of numeric data. The census concerns technical measures only. Policy measures are considered separately. The database is structured of triplets made of one source, one substance and one technical measure. It provides performance data on efficiency, availability, costs, co-benefits, economies of scale and the importance of the emission source at the European scale.

The next step is based on the Water Framework Directive requirement on programs of measures, namely that they should include a combination of the most cost-efficient measures. For building our ERS, we thus developed a ranking methodology of measures from the previous database with the multi-criteria analysis tool ELECTRE. This report presents the results when the methodology is applied to the whole database in the form of a general ranking of measures and of a ranking of measures by substance. Then, first leads for building an ERS with both best ranked technical measures and policy measures are provided.

Lastly, we show, as an exercise, how an ERS can be built at the European level and how it can vary according to decider's preferences. For that purpose, we present four examples.

As discussed at the end of this report, the database created for the ERS is very dependent on the data quality of Substance Reports and Material Flow Analysis. When data were not available, we relied on expert judgments. For clarity reasons, we therefore created an uncertainty indicator which informs on data quality status.

This study should be understood as a starting point to get a quantitative database on environmental efficiency and costs of available technical measures. The database can be used as default values when no expertise is available. However, it requires to be revised and adapted whenever more information and expertise is available to users of the MCA tools.

Finally, some primary leads are provided in order to build an ERS with technical and policy measures. However, there is a high need to further rationalize choices about policy measures.

2. Introduction

This report is the third and last deliverable of WP3 (Inventory and assessment of management options for emission reduction of the selected priority pollutants) of the SOCOPSE project. It seeks to provide a methodology for water managers to select the best combination of priority substance abatement measures (*this is called an “Emission Reduction Strategy” or “ERS” further in the document*), and achieve the Water Framework Directive (WFD) good chemical status. Besides, the WFD requiring cost-effective measures, this methodology is based on the comparison of costs and efficiency of different combinations of measures.

This report has three objectives, each of them constituting a section of the document:

- 1) Integrating WP3 information on abatement measures into a more condensed form. For that purpose, measure characteristics are summarized in a general database at the European level (section 3).
- 2) Establishing a methodology for building a multi-pollutants Emission Reduction Strategy. We suggest an overall methodology for the ten SOCOPSE substances, taking both technical and policy abatement measures into account (section 4);
- 3) Proposing “cost-efficient” ERS for European watersheds. We show how to build an ERS according to decider’s preferences (section 5).

In relation to the rest of SOCOPSE project, this report is an input to the Decision Support System (DSS). For instance, the European database described in section 1 can be used as default data when local information is not available (DSS step 1 to 5). In addition, the ERS building methodology is a tool DSS-users may rely on in the 6th step.

Outside the SOCOPSE project framework, tools described in this report can come in support to the implementation of the second phase of the WFD and more particularly to programs of measures.

3. The database

This section aims at concentrating all information on abatement measures included in Substance Reports (Deliverables D.3.1) into a general database.

This is done in two steps:

- Step 1/ Creating data tables by substance: a census of “triplets” composed of one source, one emitted substance and one abatement measure is first realised. For each triplets pertaining to the same substance, information on costs and efficiency is then gathered;
- Step 2/ Gathering substance data tables into a general database. This makes the identification of technical measure co-benefits over SOCOPSE substances and economies of scale among sectors possible.

These steps are explained in details below.

An overall synthesis is also provided in order to identify how much emissions can be reduced by suggested technical measures over total emissions and how much is left to be reduced by policy measures.

3.1. Creating data tables by substance

This first step consists in the listing of all available technical abatement measures per substance and per emitting sector/source. These sectors may emit priority substances to water either directly or indirectly, i.e. through atmospheric depositions or leaching. The whole substance pathway is taken into account from its production to its discharge into the aquatic environment and through its different industrial and domestic uses. Community level policy measures, i.e. non-technical measures, such as rules on waste deposits, incentives for voluntary actions and so on, are not considered at this stage. A discussion on how to take policy measures into account is in part 4.3 of this report.

Some measures being able to reduce more than one priority substances and some sources being able to emit more than one priority substances, we thus decomposed these complex relationships into “triplets” composed of one substance, one source and one measure. Then, we created a data table by substance where triplets pertaining to the substance at issue were put together. We could finally describe each triplet performances in terms of direct costs¹⁰ and direct environmental efficiency¹¹ through the following 4 criteria:

Environmental efficiency: triplet’s performance as regard its environmental impacts. The triplet is assessed according to the following sub-criteria and weights (in brackets):

- (1/2) Substance emission abatement rate
- (1/4) Reduction of other substances than the SOCOPSE ones or other positive side effects. When a measure reduces emissions of other SOCOPSE substances, this is taken into account in the “Synthesis by technical measure” approach (See section 3.2)
- (1/4) Unwanted side effects, for instance increase of other polluting emissions than the substance at issue. Thus, contrarily to the two first sub-criteria, unwanted side effects lowers *Efficiency* performance.

Share: triplet’s performance as regard its “relative” environmental impact. The triplet is assessed by calculating the share of emissions from the source at issue over total emissions. As an example, for PBDE, triplet shares have been calculated using SOCOPSE WP2’s Material Flow Analysis (Deliverable D.2.1) data as follows:

Table 1: “Share” criterion performance calculation

	Emissions (kg/y)	Triplet Share
Plastic production	3401	18%
Textile production	1301	7%
Use of PBDE product	7900	43%
Fires	220	1%
Waste disposal	2000	11%
Surface runoff	1000	5%
Waste treatment	450	2%
Sludge	2300	12%
<i>Total</i>	<i>18572</i>	<i>100%</i>

Atmospheric depositions or transfers from soils to water (and conversely) are not taken into account (only anthropogenic transfers are considered).

¹⁰ Direct costs are those incurred by the plant when the measure is implemented at the plant level or the household when the measure is implemented at the individual level.

¹¹ Direct environmental efficiency gathers any pollutant emission variations from the plant or from a household.

Emission reduction Strategy Report

Costs: triplet's performance related to financial costs and forgone benefits¹². The performance is assessed according to the following sub-criteria and weights (in brackets):

- (1/4) Investment costs
- (1/4) Maintenance costs
- (1/4) Variable costs
- (1/4) foregone benefits

Availability: triplet's performance related to the measure availability in the sector at issue.

These criteria were chosen by WP3 experts, i.e. Substance Report contributors. We limited the field of all possible criteria to the source system only, i.e. the factory or household. Therefore, we deal with direct effects only and interactions between the source, its local ecosystem and its socio-economic system are not taken into account.

Once the structure of substance data tables established, we asked Substance Report contributors to fill them in with European wide performance scores. The data table for di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP) is presented as an example in table 2.

Table 2: Synthesis by substance for DEHP

Triplet_nb	Sources	Measures	Substance	Share (%)	Efficiency (0-10) ^a	Costs (0-10) ^b	Availability (0-10) ^c
56	DEHP Production	Substitution of DEHP	DEHP	1	8	4	9
57	Polymers/plastics production	Substitution of PVC	DEHP	4	9	5	7
58	Sewage sludge	Incineration of sludge	DEHP	2	9	4	9
59	Sewage sludge	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	DEHP	2	5	9	9
62	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	DEHP	3	8	8	9
63	Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration	DEHP	3	8	6	9
64	Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis	DEHP	3	8	6	9
65	Waste water treatment plants	Membrane filtration: Ultra filtration	DEHP	3	8	6	9
66	Waste water treatment plants	Optimization of the WWTP	DEHP	3	6	10	7
67	Waste water treatment plants	Oxidative techniques : ozone	DEHP	3	5	6	7
68	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: UV	DEHP	3	7	7	9

^a: a score is given between 0 (for no environmental impact) and 10 (for substance emission suppression with no negative side-effects) taking into account sub-criteria and associated weights given previously. In Substance Report synthesis tables, this criterion is closed to "Performances" criterion.

^b: a score is given between 0 (for infinite costs) and 10 (for insignificant costs) taking into account sub-criteria and weight. In Substance Report synthesis tables, this criterion is closed to "Costs" criterion.

^c: a score is given between 0 (for very emerging measures) and 10 (for available measure):

- A measure is very emerging when the technology is at the research stage (not even implemented in other sectors). In this case the score x should be in the range $0 < x \leq 2$;
- A measure is emerging when the technology is implemented in another sector and is being developed in the concerned sector (but it is not at the pilot plant trial stage yet). In this case, the score x should be in the range $2 < x \leq 4$;
- A measure is becoming transferable when it is at the pilot plant trial stage in the concerned sector. In this case, the score x should be in the range $4 < x \leq 6$;

¹² "Foregone benefits" is the entrepreneur's benefit difference when he implements the abatement measure at issue in the triplet and when he implements the next best alternative.

Emission reduction Strategy Report

- A measure is transferable when it is at the full scale trial stage in the concerned sector. In this case, the score x should be in the range $6 < x \leq 8$;
- A measure is available when the technology is commercially available and in use in the concerned sector. In this case, the score x should be in the range $8 < x \leq 10$. In the Substance Report synthesis tables, this criterion is closed to "Technical feasibility" and "State of the art" criterion.

3.2. Gathering substance data tables

In order not to lose the inter-relationship between triplets and to have a more integrated view, we gathered all substance data tables in a single table, and created two additional criteria:

Co-benefits: when investing in a measure does not only reduce one substance but several among the 10 substances of concern. For instance, when implemented in chemical industries, activated carbon adsorption enables to abate both Cadmium and Hexachlorobenzene and thus generates co-benefits (in comparison to a measure intended for Cadmium only);

Scale: when investing in a measure reduces emissions not only from one source but from several ones if they are geographically close to each other. For instance, in the case where a battery and cell production plant, a chemical industry and an electroplating industry are next to each other, then, it is possible to lower Cadmium emissions by implementing activated carbon adsorption in a common waste water treatment unit. This type of configuration generates potential economies of scale compared to implementing activated carbon adsorption in each industry.

Co-benefits were then identified by sorting data by source and then by measure. If, within the same source, a measure enables to reduce more than one SOCOPSE substance, then this measure was said to be able to generate co-benefits. Table 3 shows an example of identified co-benefits.

Table 3: Example of identification of co-benefits

Sources	Measures	Substance	Share	Eff	Cost	Avail
Carbon and graphite industry	Dry flue gas scrubber	PAH	2	9	8	10
Carbon and graphite industry	Flue gas incineration	PAH	2	9	6	8
Carbon and graphite industry	Wet flue gas scrubber	PAH	2	8	6	10
Chemical Industry	Activated carbon adsorption	Cd	5	10	6	8
Chemical Industry	Activated carbon adsorption	HCB	7	7	6	5
Chemical Industry	Basic waste water treatment	Cd	5	6	8	10
Chemical Industry	Electrochemical precipitation	Cd	5	8	5	8
Chemical Industry	Implementing green chemistry	HCB	7	3	7	5
Chemical Industry	Ion exchange	Cd	5	10	6	10
Chemical Industry	Membrane filtration	Cd	5	10	5	8

Emission reduction Strategy Report

Economies of scale were identified by sorting data by measure, then by substance. If, a measure enables to reduce a substance emitted from different sources and if it fulfils the following conditions: (i) sources might be reasonably close to each other, (ii) emissions could be easily ducted and collected (this is easy for water emissions but difficult for atmospheric emissions), then this measure was said to be able to generate potential economies of scale. Table 4 shows an example of identified economies of scale.

Table 4: Example of identification of economies of scale

Sources	Measures	Substance	Share	Eff	Cost	Avail
Large Combustion Plant	Activated carbon adsorption	HCB	2	7	6	5
Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	HCB	8	9	3	9
Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	Isoprot	5	8	3	9
Iron & Steel Production	Activated carbon adsorption	Hg	4	10	6	10
Non-ferrous metals industry	Activated carbon adsorption	Hg	4	10	6	10
Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	NPE	80	7	3	8
Coking plants	Activated carbon adsorption	PAH	2	9	7	10
Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	TBT	5	7	5	5
Waste water treatment plants	Activated sludge system	Cd	26	8	7	4
Waste water treatment plants	Activated sludge system	TBT	5	7	3	9

Taking DEHP as an example, we finally completed the general database as follows (Table 5).

Table 5: General database for DEHP

Triplet_nb	Sources	Measures	Substance	Share (%)	Efficiency (0-10)	Costs (0-10)	Availability (0-10)	Co-benef (0-10) ^a	Scale (0-10) ^b	Unc (0-10)
62	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	DEHP	3	8	8	9	8	1	8
58	Sewage sludge	Incineration of sludge	DEHP	2	9	4	9	1	1	8
63	Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration	DEHP	3	8	6	9	6	1	9
64	Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis	DEHP	3	8	6	9	6	1	9
65	Waste water treatment plants	Membrane filtration: Ultra filtration	DEHP	3	8	6	9	4	1	9
66	Waste water treatment plants	Optimization WWTP	DEHP	3	6	10	7	4	1	9
67	Waste water treatment plants	Oxidative techniques : ozone	DEHP	3	5	6	7	6	1	7
68	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: UV	DEHP	3	7	7	9	5	1	7
59	Sewage sludge	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	DEHP	2	5	9	9	1	1	9
56	Production of DEHP	Substitution of DEHP	DEHP	1	8	4	9	10	1	9
57	Production of polymers/plastics	Substitution of PVC	DEHP	4	9	5	7	10	1	7

^a: a score is given between 0 (measure with no benefits at all) and 10 (measure with benefits over every SOCOPSE priority substance or, substitution and process-oriented measures):

Emission reduction Strategy Report

- Measures reducing only one priority substance: $x=1$;
- Measures reducing 2 PS: $x=4$;
- Measures reducing 3 PS: $x=5$;
- Measures reducing 4 PS: $x=6$;
- Measures reducing 5 PS: $x=7$;
- Measures reducing 6 PS: $x=8$;
- Measures reducing 7 or 8 PS: $x=9$;
- Measures reducing 9 or 10 PS, or, substitution and process oriented measures: $x=10$.

Substitution or process-oriented measures are scored 10 since they enable to reduce the substance at the source and therefore generate economies over all downstream sectors using the substance. For simplification, we don't take the abatement rate of each reduced substance into account, even if this would improve the performance accuracy. Also for simplification, substitution and process-oriented measures are scored 10 in all cases whereas this score should take into account the substance life cycle stage in which the measure is implemented too. Indeed, the more upstream the measure is implemented, the lower the overall environmental impact, and the higher the score should be.

^b: a score is given between 0 and 10 :

- End-of-pipe measures with no possibility to reduce a PS from several sources but from only one (when it reduces atmospheric emissions or when it is not implementable for another sources): $x=1$;
- Substitution or process-oriented measures : $x=1$;
- End-of-pipe measures implementable for 2 sources types: $x=4$;
- End-of-pipe measures implementable for 3 sources types: $x=5$;
- End-of-pipe measures implementable for 4 sources types: $x=6$;
- End-of-pipe measures implementable for 5 sources types: $x=7$;
- End-of-pipe measures implementable for 6 sources types: $x=8$;
- End-of-pipe measures implementable for 7 or 8 sources types: $x=9$;
- End-of-pipe measures implementable for 9 or 10 sources types: $x=10$.

The last column is an indicator of the uncertainty level of triplet performance judgments. A score between 0 and 10 was given according to data availability for assessing triplet performances as regards *Share*, *Efficiency*, *Costs* and *Availability* criteria, most of these data originating from Substance Reports of WP3 and the Material Flow Analysis from WP2. An uncertainty score of 10 reflects complete information whereas 0 corresponds to no information available at all.

The entire database is available in annex I.

3.3. Overall synthesis

The aim of this section is to provide for each substance a general overview of the share of total emissions that is dealt with by our database of technical measures, and the share that still requires research and development and/or policy measures to be reduced.

We use for that purpose the general database in annex I, and calculate the extent to which emissions can be lowered by technical abatement measures. More precisely, for each SOCOPSE substance, we make the sum of all source emission *Shares* (*Share* performances) with available technical abatement measures. If the sum is below 100%, then some emissions can't be reduced by technical measures and would call for another type of actions. Below is an example for PBDE.

Table 6: PBDE emissions which can be lowered by technical measures

Triplet_nb	Sources	Measures	Substance	Share (%)	Efficiency (0-10)	Costs (0-10)	Availability (0-10)	Co-benef (0-10)	Scale (0-10)
197	Production of polymers/plastics	Avoiding washing	PBDE	18	5	9	5	1	1
198	Production of polymers/plastics	Substitution: Changing the base polymer for a non-plastic material	PBDE	18	9	5	3	10	1
199	Production of polymers/plastics	Substitution: Changing the base polymer for another type of plastics	PBDE	18	7	5	7	10	1
200	Production of polymers/plastics	Chemical substitution	PBDE	18	7	7	8	10	1
201	Production of polymers/plastics	Improving compounding process	PBDE	18	7	7	7	1	1
202	Production of polymers/plastics	Improving conversion / backcoating	PBDE	18	7	7	7	1	1
203	Production of polymers/plastics	Improving raw material handling	PBDE	18	7	9	9	1	1
204	Production of textiles	Chemical substitution	PBDE	7	7	7	8	10	1
205	Production of textiles	Improving compounding process	PBDE	7	7	7	7	1	1
206	Production of textiles	Improving conversion / backcoating	PBDE	7	7	7	7	1	1
207	Production of textiles	Improving raw material handling	PBDE	7	7	9	9	1	1
208	Solid waste treatment	Incineration	PBDE	2	9	3	5	1	1
209	Solid waste treatment	Recycling and reuse	PBDE	2	7	7	8	1	1
210	Waste disposal	Safe landfilling	PBDE	11	3	9	7	1	1
Sum of <i>Shares</i> of PBDE emission sources with technical measures				38%	(18+7+2+11)				

Therefore, in this example, less than the half of PBDE emissions can be reduced by technical measures. The WP2 Material Flow Analysis on PBDE reveals that other emissions mainly come from domestic uses of textile and plastics containing PBDE (43%), waste water treatment plant sewage sludge spreading (12%) and run-offs depending on the hydromorphology (5%).

Emission reduction Strategy Report

By doing the same, we observe that the following substance emissions could be potentially lowered by technical measures: Mercury, Cadmium, PAH, TBT, Isoproturon and Atrazine. Whereas DEHP, HCB, NPE and PBDE emissions can only be partially lowered. Next table is a synthesis of lowered and non lowered emissions for these 4 substances.

Table 7: Overall synthesis for substances which can't get all their emissions lowered by technical measures

	Share of emissions that can be targeted by technical measures (effluent treatment and substance substitution)	Other emission sources and shares
DEHP	10%	90% from domestic uses of polymer materials and free disposal
HCB	92%	8% from road transport and uses of solvents
NPE	85%	15% from sewage sludge spreading on agricultural land
PBDE	38%	43% from domestic uses of textile and plastics 12% from sewage sludge spreading 5% from surface run-off 2% from fires

These remarks lead to some important conclusions as regards the ERS building in section 5.

4. A methodology for building an ERS

On the basis of the previous general database, we now seek to establish a methodology for building an ERS taking both technical and policy measures into account.

Setting that an ERS should be composed of the best abatement measures, a ranking of measures is thus required whether they are technical or policy ones. However, both types of measures are hard to compare on the same criteria and scale basis. Indeed, the analysis of technical measures naturally calls for a micro-scale criteria (emission factor, cross-effects, investments...) whereas the analysis of policy ones is Community oriented and thus calls for more macro-scale criteria (social costs and benefits, administrative costs,...). Having a lot more information on technical measures than on policy ones, we developed a ranking methodology for technical measures using the general database and the multi-criteria analysis method ELECTRE (Roy, 1996). Then, we set the first tracks for establishing an ERS where we intend to integrate both technical and policy measures.

This section includes a description of the multi-criteria analysis methodology (4.1) and the presentation of its results at the European level (4.2). Preliminary leads for building an integrated ERS are then presented (4.3).

4.1. The Multi-criteria analysis methodology for technical measures

The ranking of measures is highly dependent on the chosen ranking methodology. For this study, we choose a multi-criteria analysis methodology which deals with:

Emission reduction Strategy Report

- Ranking triplets (“actions” in the literature) according to at least 6 criteria and different criteria weights;
- Criteria mustn't be aggregated and then compensated by another criterion;
- Concordance¹³ and non-discordance¹⁴ conditions: in addition to having good performances, the best ranked triplet shouldn't present high performance differences between criteria. These conditions are detailed in annex III.

For these reasons, the outranking model ELECTRE appeared to be the most adapted one¹⁵. Besides, the methodology is easy to implement and to transfer. The conceptual methodology can be found in Roy (1996) and a short summary is presented in annex III.

This methodology was implemented in order to get a ranking of triplets according to the following 6 criteria:

- *Efficiency*
- *Share*
- *Costs*
- *Availability*
- *Co-benefits*
- *Scale*

Weights were allocated by expert judgment in order to get the same weighting between total direct costs and total direct environmental efficiency:

- Efficiency = 1/3
 - Share = 1/6
 - Costs = 1/6
 - Availability = 1/6
 - Co-benefits = 1/12
 - Scale = 1/12
- } Total direct environmental efficiency (weight = ½)
- } Total direct costs (weight = ½)

The sum of *Efficiency* and *Share* criteria weights represents the total direct environmental efficiency.

In an economist perspective, the sum of *Costs*, *Availability*, *Co-benefits* and *Scale* criteria represents the total costs. *Availability* is considered as being a part of total costs because it represents cost and time dedicated to research and development before investing in an abatement measure. In the literature these costs are a type of transaction costs. *Co-benefits* and *Scale* are part of total costs too because they are a measure of possible cost savings. Indeed, economies of costs come from the fact that the same measure can reduce several priority substances, or, the same measure can reduce emissions of one substance from several sources. In the first case, the more substances can be reduced, the more co-benefits and the more cost savings. In the second case, the more sources can be tackled, the more economies of scale and the more cost savings too.

¹³ Concordance condition: for triplet A to be better ranked than triplet B, triplet A must be at least as good as triplet B on most criteria.

¹⁴ Non-discordance condition: for triplet A to be better ranked than triplet B, there must not have to big performance differences between criteria of triplet A.

¹⁵ Triplets or “actions” are compared pair-wise to observe which of them is preferred regarding each criterion.

Emission reduction Strategy Report

Because the overall weight of costs equals weights given to the environmental efficiency, our MCA is built in a cost/efficiency analysis framework.

4.2. Results of the multi-criteria analysis

ELECTRE is processed for all substances at the same time. The uncertainty indicator is not taken into account in the multi-criteria analysis. Table 6 is an excerpt of results by order of ranking. Performance uncertainty levels are reminded in order to know how much we can rely on the ranking.

Table 6: European results by order of ranking

Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Substance	Share	Eff	Costs	Avail	Co-ben	Scale	Unc
1	42	Non-ferrous metals industry	Ion exchange	Cadmium	26	10	6	10	4	7	8
2	180	Domestic coal combustion	Combustion control and optimization	PAH	25	9	9	10	1	1	7
3	213	Chemical industry	Substitution of TBT in fungicides	TBT	25	9	9	9	10	1	2
4	116	Battery and cell production	Mercury substitution	Mercury	16	10	8	8	10	1	9
5	99	Farm point-source	Sharing equipment or spraying by contractors	Isoproturon	35	9	8	9	1	1	7
6	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	Mercury	4	10	8	10	1	1	9
7	8	Surface water treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	50	8	8	9	1	1	7
8	165	Aluminium industry	Dry flue gas scrubber	PAH	12	9	8	10	1	1	9
9	109	Rural run-off	Grass strips, hedges	Isoproturon	40	7	6	10	4	1	4
10	41	Non-ferrous metals industry	Basic waste water treatment	Cadmium	26	6	8	10	4	8	9
11	40	Landfil effluent	Reverse osmosis	Cadmium	26	10	6	8	4	1	9
12	219	Shipyards waste waters	Optimization WWTP + sand filtration	TBT	50	7	9	8	1	1	6
13	98	Farm point-source	Better pesticide management (on-farm/ in-field filling and cleaning)	Isoproturon	35	9	6	9	1	1	6
14	1	Groudwater treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	45	8	8	9	1	1	6
15	163	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: chemical	NPE	80	9	3	8	1	1	6
16	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment	Mercury	8	6	10	10	4	7	9
17	30	Chemical Industry	Ion exchange	Cadmium	5	10	6	10	1	7	9
18	134	Large Combustion Plant	Improved quality of the feeding material	Mercury	24	8	7	10	1	1	9
19	108	Rural run-off	Constructed wetlands	Isoproturon	40	9	4	6	4	1	2
20	132	Landfil effluent	Membrane filtration: RO	Mercury	24	7	8	10	4	1	7

Therefore, among the five best ranked measures, triplet 213 is to be considered carefully since its performances were allocated on the basis of very few data (uncertainty level = 2) whereas other triplets have a relatively good data basis.

So as to have a broader view of results, table 7 presents the 3 best ranked measures by substance.

Emission reduction Strategy Report

Table 7: European results by substance

Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Substance	Share	Eff	Costs	Avail	Co-ben	Scale	Unc
7	8	Surface water treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	50	8	8	9	1	1	7
13	1	Groudwater treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	45	8	8	9	1	1	6
21	11	Surface water treatment	Membrane filtration : reverse osmosis	Atrazine	50	8	6	9	1	1	7
1	42	Non-ferrous metals industry	Ion exchange	Cadmium	26	10	6	10	4	7	8
10	41	Non-ferrous metals industry	Basic waste water treatment	Cadmium	26	6	8	10	4	8	9
11	40	Landfil effluent	Reverse osmosis	Cadmium	26	10	6	8	4	1	9
55	66	Waste water treatment plants	Optimization WWTP	DEHP	3	6	10	7	4	1	9
99	62	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	DEHP	3	8	8	9	8	1	8
109	59	Sewage sludge	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	DEHP	2	5	9	9	1	1	9
34	92	Rural run-off	Grass strips, hedges	HCB	32	7	6	10	4	1	6
53	72	Aluminium industry	Choice of oil- and chlorine-free feeds	HCB	25	8	6	9	1	1	7
60	77	Aluminium industry	Treatment of impurities in raw materials	HCB	25	7	7	9	1	1	7
5	99	Farm point-source	Sharing equipment or spraying by contractors	Isoproturon	35	9	8	9	1	1	7
9	109	Rural run-off	Grass strips, hedges	Isoproturon	40	7	6	10	4	1	4
12	98	Farm point-source	Better pesticide management (on-farm/ in-field filling and cleaning)	Isoproturon	35	9	6	9	1	1	6
4	116	Battery and cell production	Mercury substitution	Mercury	16	10	8	8	10	1	9
6	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	Mercury	4	10	8	10	1	1	9
15	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment	Mercury	8	6	10	10	4	7	9
14	163	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: chemical	NPE	80	9	3	8	1	1	6
23	158	Waste water treatment plants	Electrochemical precipitation	NPE	80	7	5	5	4	1	4
32	157	Waste water treatment plants	Biological drying of sludge	NPE	80	7	5	5	1	1	3
2	180	Domestic coal combustion	Combustion control and optimization	PAH	25	9	9	10	1	1	7
8	165	Aluminium industry	Dry flue gas scrubber	PAH	12	9	8	10	1	1	9
28	182	Power stations	Combustion control and optimization	PAH	2	9	9	10	1	1	9
27	203	Production of polymers/plastics	Improving raw material handling	PBDE	18	7	9	9	1	1	8
42	207	Production of textiles	Improving raw material handling	PBDE	7	7	9	9	1	1	8
83	200	Production of polymers/plastics	Chemical substitution	PBDE	18	7	7	8	10	1	8
3	213	Chemical industry	Substitution of TBT in fungicides	TBT	25	9	9	9	10	1	2
11	219	Shipyard waste waters	Optimization WWTP + sand filtration	TBT	50	7	9	8	1	1	6
24	211	Building industry	Substitution of TBT in wood preservatives	TBT	4	9	9	9	10	1	4

Scores with a high uncertainty level would require more investigation in order to get a more accurate ranking. However, this is still a starting point in the ranking of abatement measures and results can be used as default values when no data are available on field.

4.3. Preliminary leads for building an ERS

As said previously, for some substances, not all emissions can be reduced by technical measures. Besides, in some cases, technical measures might be completed or supported by policy measures for globally better costs and efficiency performances. Taking these aspects into account, it becomes complex to establish a general cost-efficient ERS. However, next is an attempt to provide first proposals to work in that direction.

Whatever the implementation scale level, an ERS can first be established on the basis of the ranking of technical abatement measures proposed in this report and associated uncertainty levels. From this base, the decider can then refer to policy measures, as a function of:

- The environmental potential of technical measures, i.e. how much emissions can be reduced by technical measures?
- The type of best ranked measures, i.e. whether they are process-oriented or end-of-pipe.

More precisely, in order to take all these issues into account, we suggest paying successively attention to:

- The best ranked technical measures, i.e. the best ranked triplets;
- The uncertainty level associated to triplet performances. We can consider an uncertainty level to be low when the score is higher or equal to 8. If the score is below 8, then, the decider should refer to the next best ranked measure.
- The potential overall environmental efficiency of technical measures. Indeed, as it is noted at the end of section 3.3, some emissions might not be reduced for all sources because of no available technical measures. This is the case of DEHP and PBDE and, to a lesser extent, NPE and HCB. When technical measures fail, policy measures could be considered in order to complete the ERS.
- The type of best ranked measures (whether they are process-oriented or end-of-pipe). We differentiate the case where best ranked measures are mostly process-oriented (including substitution) from the case where best ranked measures are mostly end-of-pipe oriented. When end-of-pipe measures are very cost-efficient (second case), restrictions on substance uses might be considered as non necessary since they might be less cost-efficient than end-of-pipe measures. When process-oriented and substitution measures are very cost-efficient (first case), policy measures such as restrictions on substance uses in some sectors, might be considered as implementable since it would provide an additional Community level incentive.

These propositions are illustrated in the next section.

5. Propositions of cost-efficient ERS for EU watersheds

The methodology described in the previous section enables to get a cost-efficient ERS since the multi-criteria analysis is parameterized in order to have the same weighting between costs and environmental criteria, and the integration of technical and policy measures is led in order to keep a balance between costs and environmental impacts.

In this last part of the report, we first show how a European multi-pollutants ERS may be built according to:

- Multi-criteria analysis outcomes;
- Decider's preferences;

Emission reduction Strategy Report

- and previous methodology milestones set for establishing an ERS taking both technical and policy measures.

Then, in order to observe triplet ranking sensitivity according to decider's preferences, we test 4 different situations.

5.1. Example of ERS building

We consider the case where the decider wants to get very quick observable results on priority substance emissions. The ranking of triplets obtained from the multi-criteria analysis is therefore adapted by deleting all triplets with an *Availability* performance below or equal to 7. Then, the selection of measures by substance was processed by sorting triplets by substance and then by rank.

Table 8 presents the ERS where we selected the three best measures by substance. The complete ranking is in annex II.

Table 8: European ERS when the decider prefers very quick observable results

Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Substance	Share	Eff	Costs	Avail	Scope	Scale	Unc
7	8	Surface water treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	50	8	8	9	1	1	7
13	1	Groudwater treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	45	8	8	9	1	1	6
21	11	Surface water treatment	Membrane filtration : reverse osmosis	Atrazine	50	8	6	9	1	1	7
1	42	Non-ferrous metals industry	Ion exchange	Cadmium	26	10	6	10	4	7	8
10	41	Non-ferrous metals industry	Basic waste water treatment	Cadmium	26	6	8	10	4	8	9
11	40	Landfil effluent	Reverse osmosis	Cadmium	26	10	6	8	4	1	9
99	62	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	DEHP	3	8	8	9	8	1	8
109	59	Sewage sludge	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	DEHP	2	5	9	9	1	1	9
127	58	Sewage sludge	Incineration of sludge	DEHP	2	9	4	9	1	1	8
34	92	Rural run-off	Grass strips, hedges	HCB	32	7	6	10	4	1	6
53	72	Aluminium industry	Choice of oil- and chlorine-free feeds	HCB	25	8	6	9	1	1	7
60	77	Aluminium industry	Treatment of impurities in raw materials	HCB	25	7	7	9	1	1	7
5	99	Farm point-source	Sharing equipment or spraying by contractors	Isoproturon	35	9	8	9	1	1	7
9	109	Rural run-off	Grass strips, hedges	Isoproturon	40	7	6	10	4	1	4
12	98	Farm point-source	Better pesticide management (on-farm/ in-field filling and cleaning)	Isoproturon	35	9	6	9	1	1	6
4	116	Battery and cell production	Mercury substitution	Mercury	16	10	8	8	10	1	9
6	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	Mercury	4	10	8	10	1	1	9
15	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment	Mercury	8	6	10	10	4	7	9
14	163	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: chemical	NPE	80	9	3	8	1	1	6
46	155	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	NPE	80	7	3	8	8	1	7

Emission reduction Strategy Report

156	154	Production of different materials using NPE	Substitution of NPE in detergents and cleaning agents and other sectors	NPE	2	7	7	9	10	1	8
2	180	Domestic coal combustion	Combustion control and optimization	PAH	25	9	9	10	1	1	7
8	165	Aluminium industry	Dry flue gas scrubber	PAH	12	9	8	10	1	1	9
28	182	Power stations	Combustion control and optimization	PAH	2	9	9	10	1	1	9
27	203	Production of polymers/plastics	Improving raw material handling	PBDE	18	7	9	9	1	1	8
42	207	Production of textiles	Improving raw material handling	PBDE	7	7	9	9	1	1	8
83	200	Production of polymers/plastics	Chemical substitution	PBDE	18	7	7	8	10	1	8
3	213	Chemical industry	Substitution of TBT in fungicides	TBT	25	9	9	9	10	1	2
11	219	Shipyard waste waters	Optimization WWTP + sand filtration	TBT	50	7	9	8	1	1	6
24	211	Building industry	Substitution of TBT in wood preservatives	TBT	4	9	9	9	10	1	4

As an exercise, we established an ERS focused on three substances, namely Cadmium, DEHP and PBDE:

- Concerning Cadmium, all emission sources can be reduced by technical measures and best ranked measures are end-of-pipe ones with a low uncertainty levels (≥ 8). Therefore, the ERS concerning Cadmium should consist in implementing ion exchange and optimizing basic waste water treatments in the non-ferrous metal industry and in implementing a reverse osmosis treatment on landfill effluents. These measures will, in addition, have other positive impacts (*Co-benefits* > 0) on Mercury emissions, and, if geographically implemented downstream of other Cadmium emitting sectors (battery and cell production, chemical, electroplating industry, iron and steel production, phosphate fertilizer production), it will generate economies of scale (*Scale* > 0).
- Concerning DEHP, most emissions come from domestic uses and disposal but there is no available technical measure for dealing with these emissions. Then, policy measures should be implemented such as 1) incentives for voluntary choosing not to use polymers with DEHP or 2) legislation on disposal. Besides, even if DEHP emissions which can be reduced by technical measures are non-significant, identified best ranked measures have a low uncertainty level (≥ 8) and should be implemented.
- Concerning PBDE, half of emissions can be reduced by technical measures and best ranked measures are process-oriented with a low uncertainty level (≥ 8). Therefore, for emissions reduced by technical measures, best ranked measures might be supported by a restriction on PBDE use in the production of plastic and polymers. Most of non-reduced emissions come from domestic uses of textile and plastic containing PBDE and policy measures as suggested for DEHP might be considered.

5.2. Ranking sensitivity according to decider's preferences

Here, we present how decider's preferences may impact on the ranking of triplets and thus on the content of the ERS. For that, we test 4 situations in which decider's preferences differ:

- Situation A "the decider prefers very quick observable results": triplets with *Availability* ≤ 7 are deleted;
- Situation B "the decider targets long-term WFD objectives, i.e. priority substance suppression": triplets with *Efficiency* ≤ 7 are deleted;

Emission reduction Strategy Report

- Situation C “the decider prefers non expensive measures”: triplets with *Costs* ≤ 7 are deleted;
- Situation D “the decider prefers cost-efficient measures”: all triplets are kept.

As an example, a synthesis of results for DEHP and Mercury is presented in tables 9 and 10 respectively.

Table 9: DEHP best triplets as a function of decider’s preferences

Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Triplet_nb	Source	Measures
1	62	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	62	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption
2	59	Sewage sludge	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	58	Sewage sludge	Incineration of sludge
3	58	Sewage sludge	Incineration of sludge	63	Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration
4	68	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: UV	64	Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis
5	63	Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration	65	Waste water treatment plants	Membrane filtration: Ultra filtration
Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Triplet_nb	Source	Measures
1	66	Waste water treatment plants	Optimization of basic WWT	66	Waste water treatment plants	Optimization of basic WWT
2	62	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	62	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption
3	59	Sewage sludge	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	59	Sewage sludge	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion
4				58	Sewage sludge	Incineration of sludge
5				68	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: UV

Note:

Situation A	Situation B	Situation C	Situation D
-------------	-------------	-------------	-------------

We can make the following observations:

- Situations C and D present the same triplets and the same ranking, but incineration of sewage sludge and UV oxidative technique in waste water treatment plants are too expensive even if there are cost-efficient since they don’t appear in situation C;
- Triplet 62 (“activated carbon adsorption” in Waste Water Treatment Plant) is well ranked in all situations. This highlights a good equilibrium between criterion performances;
- Triplet 59 (“secondary sludge treatment and reuse: digestion” in Sewage Sludge) is well ranked in situations A, C and D;
- Triplet 58 (“Incineration of sludge” in Sewage Sludge) is well ranked in situations A, B and D;
- Triplet 64 (“Membrane filtration: reverse osmosis” in Waste Water Treatment Plant) is only present in situation B which highlights its particularly good efficiency performance but still a lack of equilibrium between each criterion performance;
- Triplet 66 (“Optimization of basic waste water treatment” in is only present in situations C and D. This highlights its particularly good cost-efficiency performance but a lack of equilibrium between each criterion performance;

Emission reduction Strategy Report

- There is no process oriented measure neither substitution one among the 5 best ranked measures in any situation.

Table 10: Mercury best triplets as a function of decider's preferences

Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Triplet_nb	Source	Measures
1	116	Battery and cell production	Mercury substitution	116	Battery and cell production	Mercury substitution
2	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF
3	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment	134	Large Combustion Plant	Improved quality of the feeding material
4	134	Large Combustion Plant	Improved quality of the feeding material	135	Large Combustion Plant	Ion exchange
5	132	Landfil effluent	Membrane filtration: RO	127	Iron & Steel Production	Activated carbon adsorption
Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Triplet_nb	Source	Measures
1	116	Battery and cell production	Mercury substitution	116	Battery and cell production	Mercury substitution
2	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF
3	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment
4	132	Landfil effluent	Membrane filtration: RO	134	Large Combustion Plant	Improved quality of the feeding material
5	133	Large Combustion Plant	Basic waste water treatment	132	Landfil effluent	Membrane filtration: RO

Note:

Situation A	Situation B	Situation C	Situation D
-------------	-------------	-------------	-------------

We can make the following observations:

- Situations A and D have the same triplets and the same ranking. This shows that the most available measures are also the most cost-effective;
- All situations have the same 2 best triplets (116 and 121). These triplets' criterion performances have thus a good equilibrium;
- Situation C ranking is closer to situations A and D than situation B;
- Triplets 135 ("Ion exchange" in Large Combustion Plant) and 127 ("Activated carbon adsorption" in Iron and Steel production) are only present in situation B. This highlights their particularly good efficiency performance but a lack of equilibrium between each criterion.

6. Discussion and Conclusion

Data collection:

- The database created for the ERS is very dependent on the data quality of Substance Reports and Material Flow Analysis. Some substances are better filled in than others. When data were not available, we relied on expert judgments. However, more data would be necessary in order to get more accurate judgments;
- Uncertainty emanating from a lack of data availability is visible in the database through the uncertainty indicator. When building an ERS, some choices might thus be moderated because of a lack of data;

The multi-criteria analysis:

- Scores given to abatement measures in this project are to be understood as a starting point, to be used as default values when no expertise is available. However they should be revised and adapted whenever more information and expertise is available to users of the MCA tools.

Emission reduction Strategy Report

- The multi-criteria analysis enables to get a ranking of triplets, these triplets representing available technical abatement measures only. Non available technical measures and policy measures should therefore be considered outside MCA tool when building the ERS. Comments on how to deal with these different aspects are given in 5.1 but would need to be much more developed in future research studies;
- Criteria weights are allocated by expert judgments in order to get the same weighting between costs and environmental efficiency. This weight allocation may however gain in accuracy with a more quantitative method such as monetary or panel methods. It may also require some adaptation in order to the local context;
- The 6 criteria used for characterizing total environmental efficiency and total costs are non comprehensive since they don't take social costs and benefits into account; they also don't take environmental impacts of measures on the local ecosystem into account;
- Multi-criteria analysis results (ELECTRE outcomes) must be confronted to a sensitivity analysis in order to validate the whole methodology.

Some primary leads are provided in this report in order to build an ERS with technical and policy measures. An illustration is also provided but must be considered as an exercise only, since there is a high need to further rationalize choices about policy measures.

This report is the last deliverable of WP3. Two "products" from WP3 are actually available for the SOCOPSE Decision Support System:

- Substance Reports: these reports gather information on abatement measures and their respective qualitative assessment. They can be an input to the fourth and fifth steps of the DSS;
- Emissions Reduction Strategy Report: this report provides a quantitative assessment of "substance-source-measure" triplets. It also provides a methodology for building a multi-pollutants ERS and some applications. It can be used in the sixth step of the DSS.

References

Bernard Roy, 1996. Multi-criteria Methodology for Decision Aiding, Dordrecht, Kluwer Academic, 316p.

Emission reduction Strategy Report

Annex I: General database

Source	Measures	Substance	Triplet_nb	Share	Efficiency	Costs	Availability	Co-benef	Scale	Unc
Groudwater treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	1	45	8	8	9	1	1	6
Groudwater treatment	Chemically activated fibres	Atrazine	2	45	9	2	1	1	1	1
Groudwater treatment	Membrane filtration : nanofiltration	Atrazine	3	45	7	6	9	1	1	6
Groudwater treatment	Membrane filtration : reverse osmosis	Atrazine	4	45	8	6	9	1	1	6
Groudwater treatment	Oxidative technique with catalyst	Atrazine	5	45	6	5	2	1	1	1
Groudwater treatment	Oxidative techniques : ozone	Atrazine	6	45	5	6	7	1	1	3
Groudwater treatment	Oxidative techniques: UV	Atrazine	7	45	7	7	8	1	1	3
Surface water treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	8	50	8	8	9	1	1	7
Surface water treatment	Chemically activated fibres	Atrazine	9	50	9	2	1	1	1	2
Surface water treatment	Membrane filtration : nanofiltration	Atrazine	10	50	7	6	9	1	1	7
Surface water treatment	Membrane filtration : reverse osmosis	Atrazine	11	50	8	6	9	1	1	7
Surface water treatment	Oxidative technique with catalyst	Atrazine	12	50	6	5	2	1	1	2
Surface water treatment	Oxidative techniques : ozone	Atrazine	13	50	5	6	7	1	1	4
Surface water treatment	Oxidative techniques: UV	Atrazine	14	50	7	7	8	1	1	4
Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	Atrazine	15	5	8	8	9	8	1	7
Waste water treatment plants	Chemically activated fibres	Atrazine	16	5	9	2	1	1	1	2
Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration	Atrazine	17	5	7	6	9	6	1	7
Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis	Atrazine	18	5	8	6	9	6	1	7
Waste water treatment plants	Oxidative technique with catalyst	Atrazine	19	5	6	5	2	1	1	2
Waste water treatment plants	Oxidative techniques : ozone	Atrazine	20	5	5	6	7	6	1	4
Waste water treatment plants	Oxidative techniques: UV	Atrazine	21	5	7	7	8	5	1	4
Battery and cell production	Activated carbon adsorption	Cadmium	22	5	10	6	8	1	5	9
Battery and cell production	Basic waste water treatment	Cadmium	23	5	6	8	10	1	8	9
Battery and cell production	Cd substitution	Cadmium	24	5	10	6	8	10	1	8
Battery and cell production	Membrane filtration	Cadmium	25	5	10	5	8	1	7	9
Battery and cell uses	Cd substitution	Cadmium	26	1	10	7	7	10	1	5
Chemical Industry	Activated carbon adsorption	Cadmium	27	5	10	6	8	4	5	9
Chemical Industry	Basic waste water treatment	Cadmium	28	5	6	8	10	1	8	9
Chemical Industry	Electrochemical precipitation	Cadmium	29	5	8	5	8	1	4	7
Chemical Industry	Ion exchange	Cadmium	30	5	10	6	10	1	7	9
Chemical Industry	Membrane filtration	Cadmium	31	5	10	5	8	1	7	9
Electroplating industry	Activated carbon adsorption	Cadmium	32	8	10	6	8	1	5	9
Electroplating industry	Basic waste water treatment	Cadmium	33	8	6	8	10	1	8	9

Emission reduction Strategy Report

Electroplating industry	Cd substitution	Cadmium	34	8	10	6	8	10	1	7
Electroplating industry	Deposition on zinc	Cadmium	35	8	8	6	6	1	1	7
Electroplating industry	Electrochemical precipitation	Cadmium	36	8	8	6	6	1	4	7
Electroplating industry	Membrane filtration	Cadmium	37	8	10	5	8	1	7	9
Iron & Steel Production	Basic waste water treatment	Cadmium	38	0.1	6	8	10	4	8	9
Iron & Steel Production	Ion exchange	Cadmium	39	0.1	10	6	10	4	7	8
Landfil effluent	Reverse osmosis	Cadmium	40	26	10	6	8	4	1	9
Non-ferrous metals industry	Basic waste water treatment	Cadmium	41	26	6	8	10	4	8	9
Non-ferrous metals industry	Ion exchange	Cadmium	42	26	10	6	10	4	7	8
Non-ferrous metals industry	Membrane filtration	Cadmium	43	26	10	5	8	4	7	9
Phosphate fertilizer production	Basic waste water treatment	Cadmium	44	1	6	8	10	1	8	9
Phosphate fertilizer production	Cd removal from phosphate	Cadmium	45	1	8	4	4	1	1	3
Phosphate fertilizer production	Ion exchange	Cadmium	46	1	10	6	10	1	7	9
Phosphate fertilizer production	Membrane filtration	Cadmium	47	1	10	5	8	1	7	9
Phosphate fertilizer production	Recycling and reuse	Cadmium	48	1	10	8	10	1	1	8
Phosphate fertilizer production	Use of low Cd-phosphate rock	Cadmium	49	1	6	4	6	1	1	3
Phosphorous fertiliser uses	Cd substitution	Cadmium	50	1	8	4	6	10	1	2
Waste water treatment plants	Activated sludge system	Cadmium	51	26	8	7	4	4	1	2
Waste water treatment plants	Ion exchange	Cadmium	52	26	8	6	6	4	7	9
Waste water treatment plants	New adsorption techniques	Cadmium	53	26	8	6	6	1	1	5
Waste water treatment plants	Selective separation and recovery on heavy metals	Cadmium	54	26	8	6	6	1	1	5
Waste water treatment plants	Thioteq technology	Cadmium	55	26	8	6	6	1	1	4
Production of DEHP	Substitution of DEHP	DEHP	56	1	8	4	9	10	1	9
Production of polymers/plastics	Substitution of PVC	DEHP	57	4	9	5	7	10	1	7
Sewage sludge	Incineration of sludge	DEHP	58	2	9	4	9	1	1	8
Sewage sludge	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	DEHP	59	2	5	9	9	1	1	9
Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	DEHP	62	3	8	8	9	8	1	8
Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration	DEHP	63	3	8	6	9	6	1	9
Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis	DEHP	64	3	8	6	9	6	1	9
Waste water treatment plants	Membrane filtration: Ultra filtration	DEHP	65	3	8	6	9	4	1	9
Waste water treatment plants	Optimization WWTP	DEHP	66	3	6	10	7	4	1	9

Emission reduction Strategy Report

Waste water treatment plants	Oxidative techniques : ozone	DEHP	67	3	5	6	7	6	1	7
Waste water treatment plants	Oxidative techniques: UV	DEHP	68	3	7	7	9	5	1	7
Aluminium industry	Activated carbon adsorption	HCB	69	25	7	6	5	1	1	8
Aluminium industry	Afterburners	HCB	70	25	8	3	3	1	1	5
Aluminium industry	Catalytic bag filters	HCB	71	25	8	6	4	1	1	8
Aluminium industry	Choice of oil- and chlorine-free feeds	HCB	72	25	8	6	9	1	1	7
Aluminium industry	Combustion control and optimization	HCB	73	25	6	8	9	1	1	7
Aluminium industry	Dedusting fabric filters	HCB	74	25	9	4	3	1	1	5
Aluminium industry	Limitation of demagging impacts	HCB	75	25	6	8	9	1	1	7
Aluminium industry	Treatment of impurities in raw materials	HCB	77	25	7	7	9	1	1	7
Chemical Industry	Activated carbon adsorption	HCB	78	7	7	6	5	4	1	7
Chemical Industry	Implementing green chemistry	HCB	79	7	3	7	5	1	1	6
Chemical Industry	Process modification (changes in modus operandi and in raw materials)	HCB	80	7	9	3	5	1	1	7
Chemical Industry	Treatment of impurities in raw materials	HCB	81	7	8	6	5	1	1	7
Large Combustion Plant	Activated carbon adsorption	HCB	82	2	7	6	5	1	1	8
Large Combustion Plant	Catalytic bag filters	HCB	83	2	8	6	4	1	1	8
Large Combustion Plant	Combustion control and optimization	HCB	84	2	4	7	7	1	1	7
Large Combustion Plant	Dedusting fabric filters	HCB	85	2	9	4	3	1	1	3
Large Combustion Plant	Excluding contaminated fuels	HCB	86	2	6	7	8	1	1	7
Pesticides applications	Application rate reduction	HCB	87	12	8	6	9	4	1	7
Pesticides applications	Conservation tillage	HCB	88	12	7	3	7	4	1	7
Pesticides applications	Shifting application date	HCB	89	12	8	4	7	4	1	7
Pesticides applications	Sprayer inspection	HCB	90	12	7	8	9	4	1	7
Rural run-off	Constructed wetlands	HCB	91	32	9	4	6	4	1	4
Rural run-off	Grass strips, hedges	HCB	92	32	7	6	10	4	1	6
Rural run-off	Riparian zones	HCB	93	32	8	5	8	4	1	4
Waste disposal	Soil remediation	HCB	94	3	7	2	2	1	1	2
Waste incinerator	Catalytic bag filters	HCB	95	3	8	6	4	1	1	8
Waste incinerator	Dedusting fabric filters	HCB	96	3	9	4	3	1	1	5
Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	HCB	97	8	9	3	9	8	1	7
Farm point-source	Better pesticide management (on-farm/ in-field filling and cleaning)	Isoproturon	98	35	9	6	9	1	1	6

Emission reduction Strategy Report

Farm point-source	Sharing equipment or spraying by contractors	Isoproturon	99	35	9	8	9	1	1	7
Pesticide applications	Partial substitution with flupyrsulfuron-methyl, carfentrazone-ethyl, diflufenican, prosulfocarbe.	Isoproturon	100	5	6	7	8	10	1	8
Pesticide applications	Total substitution with flupyrsulfuron-methyl, prosulfocarbe, pendimethalin.	Isoproturon	101	5	9	5	6	10	1	8
Pesticides applications	Application rate reduction	Isoproturon	102	15	8	6	9	4	1	8
Pesticides applications	Conservation tillage	Isoproturon	103	15	7	3	7	4	1	4
Pesticides applications	Mechanical weed control	Isoproturon	104	15	8	3	9	1	1	5
Pesticides applications	Organic farming	Isoproturon	105	15	9	2	10	1	1	6
Pesticides applications	Shifting application date	Isoproturon	106	15	8	4	7	4	1	7
Pesticides applications	Sprayer inspection	Isoproturon	107	15	7	8	9	4	1	8
Rural run-off	Constructed wetlands	Isoproturon	108	40	9	4	6	4	1	2
Rural run-off	Grass strips, hedges	Isoproturon	109	40	7	6	10	4	1	4
Rural run-off	Riparian zones	Isoproturon	110	40	8	5	8	4	1	2
Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	Isoproturon	111	5	8	3	9	8	1	7
Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration	Isoproturon	112	5	6	4	8	6	1	8
Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis	Isoproturon	113	5	8	4	8	6	1	8
Waste water treatment plants	Membrane filtration: Ultra filtration	Isoproturon	114	5	2	6	9	4	1	8
Waste water treatment plants	Oxidative techniques : ozone	Isoproturon	115	5	8	3	9	6	1	8
Battery and cell production	Mercury substitution	Mercury	116	16	10	8	8	10	1	9
Chlor-alkali industry	Basic waste water treatment	Mercury	117	4	5	8	10	1	7	9
Chlor-alkali industry	Biological remediation	Mercury	118	4	10	8	4	1	1	2
Chlor-alkali industry	Ion exchange	Mercury	119	4	10	6	8	1	7	8
Chlor-alkali industry	Membrane filtration: RO	Mercury	120	4	10	6	5	1	7	8
Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	Mercury	121	4	10	8	10	1	1	9
Crematoria	Flue gas treatments	Mercury	122	4	10	7	8	1	1	5
Crematoria	Mercury filtering equipment	Mercury	123	4	10	7	6	1	1	7
Dental product making	Dental sector own wastewater treatments	Mercury	124	4	7	6	8	1	1	7
Dental product making	Dentistry materials substitution	Mercury	125	4	10	6	8	10	1	9
Electrical products & battery, accumulator uses	Separated collection, recycling and safe disposal	Mercury	126	4	8	8	8	1	5	9
Iron & Steel Production	Activated carbon adsorption	Mercury	127	4	10	6	10	1	4	9

Emission reduction Strategy Report

Iron & Steel Production	Basic waste water treatment	Mercury	128	4	6	8	10	4	7	9
Iron & Steel Production	Improved quality of the feeding material	Mercury	129	4	8	7	10	4	1	9
Iron & Steel Production	Ion exchange	Mercury	130	4	10	6	8	4	7	9
Iron & Steel Production	Membrane filtration: RO	Mercury	131	4	10	5	5	1	7	8
Landfil effluent	Membrane filtration: RO	Mercury	132	24	7	8	10	4	1	7
Large Combustion Plant	Basic waste water treatment	Mercury	133	24	6	9	10	1	7	9
Large Combustion Plant	Improved quality of the feeding material	Mercury	134	24	8	7	10	1	1	9
Large Combustion Plant	Ion exchange	Mercury	135	24	10	6	8	1	7	9
Large Combustion Plant	Membrane filtration: RO	Mercury	136	24	10	5	5	1	7	8
Measuring and control equipment	separated collection, recycling and safe disposal	Mercury	137	4	8	8	8	1	5	9
Non-ferrous metals industry	Activated carbon adsorption	Mercury	138	4	10	6	10	1	4	9
Non-ferrous metals industry	Basic waste water treatment	Mercury	139	4	6	8	10	4	7	9
Non-ferrous metals industry	Improved quality of the feeding material	Mercury	140	4	8	7	10	4	1	9
Non-ferrous metals industry	Ion exchange	Mercury	141	4	10	6	8	4	7	9
Non-ferrous metals industry	Membrane filtration: RO	Mercury	142	4	10	5	5	4	7	8
Pharmaceuticals uses	Separated collection, recycling and safe disposal	Mercury	143	2	10	8	6	1	5	9
Waste disposal	capping landfils	Mercury	144	24	7	6	10	1	1	7
Waste water treatment plants	Basic waste water treatment	Mercury	145	8	6	10	10	4	7	9
Waste water treatment plants	Electrochemical precipitation	Mercury	146	8	8	6	6	4	1	8
Waste water treatment plants	Ion exchange	Mercury	147	8	10	5	7	4	7	9
Waste water treatment plants	Membrane filtration: RO	Mercury	148	8	10	5	7	1	7	8
Pesticides applications	Constructed wetlands	NPE	149	0.5	9	4	6	1	1	2
Pesticides applications	Grass strips, hedges	NPE	150	0.5	7	6	10	1	1	4
Pesticides applications	Riparian zones	NPE	151	0.5	8	5	8	1	1	2
Pesticides applications	Run-off storage facilities	NPE	152	0.5	7	9	7	1	1	6
Production of NP derivatives	Substitution of NP in NP derivatives	NPE	153	2	7	9	3	10	1	7
Production of different materials using NPE	Substitution of NPE in detergents and cleaning agents and other sectors	NPE	154	2	7	7	9	10	1	8
Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	NPE	155	80	7	3	8	8	1	7
Waste water treatment plants	Alternative uses of sludge than agriculture: secondary fuel	NPE	156	80	7	3	5	1	1	3

Emission reduction Strategy Report

Waste water treatment plants	Biological drying of sludge	NPE	157	80	7	5	5	1	1	3
Waste water treatment plants	Electrochemical precipitation	NPE	158	80	7	5	5	4	1	4
Waste water treatment plants	Incineration of sludge	NPE	159	80	9	3	5	1	1	5
Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration	NPE	160	80	3	3	7	6	1	7
Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis	NPE	161	80	3	3	7	6	1	7
Waste water treatment plants	Moving Bed adsorption	NPE	162	80	7	5	3	1	1	2
Waste water treatment plants	Oxidative techniques: chemical	NPE	163	80	9	3	8	1	1	6
Waste water treatment plants	Oxidative techniques: electrochemical	NPE	164	80	7	5	5	1	1	3
Aluminium industry	Dry flue gas scrubber	PAH	165	12	9	8	10	1	1	9
Aluminium industry	Flue gas incineration	PAH	166	12	9	6	10	1	1	7
Aluminium industry	Low PAH coal tar pitch blend	PAH	167	12	6	6	3	1	1	2
Aluminium industry	Use of inert anodes	PAH	168	12	9	5	4	1	1	3
Aluminium industry	Use of pre-bake anodes	PAH	169	12	9	3	7	1	1	9
Aluminium industry	Wet flue gas scrubber	PAH	170	12	8	6	10	1	1	7
Bitumen production and refineries	Flue gas incineration	PAH	171	10	9	6	10	1	1	9
Bitumen production and refineries	Sour Water Stripper (SWS)	PAH	172	10	7	6	10	1	1	9
Bitumen production and refineries	Wet flue gas scrubber	PAH	173	10	8	6	10	1	1	9
Carbon and graphite industry	Dry flue gas scrubber	PAH	174	2	9	8	10	1	1	7
Carbon and graphite industry	Flue gas incineration	PAH	175	2	9	6	8	1	1	7
Carbon and graphite industry	Wet flue gas scrubber	PAH	176	2	8	6	10	1	1	7
Coking plants	Activated carbon adsorption	PAH	177	2	9	7	10	1	1	5
Coking plants	Biological remediation	PAH	178	2	9	7	10	1	1	8
Coking plants	Tar removal (coagulating chemical addition followed by gravitational sedimentation, centrifuging or flotation, followed by filtration)	PAH	179	2	9	8	10	1	1	9
Domestic coal combustion	Combustion control and optimization	PAH	180	25	9	9	10	1	1	7
Domestic coal combustion	Fuel replacement or alternative energy systems	PAH	181	25	7	9	7	10	1	7
Power stations	Combustion control and optimization	PAH	182	2	9	9	10	1	1	9
Power stations	Dry flue gas scrubber	PAH	183	2	9	8	10	1	1	9
Power stations	Electrostatic precipitators	PAH	184	2	8	4	7	1	1	8
Power stations	Wet flue gas scrubber	PAH	185	2	8	6	10	1	1	7
Road transport	Fuel modification	PAH	186	17	7	9	7	10	1	6
Sewage sludge	Ozonation and anaerobic digestion	PAH	187	7	7	4	5	1	1	2
Urban run-off	Biofilters	PAH	188	10	7	9	5	1	1	2

Emission reduction Strategy Report

Uses of treated wood	Improved storage conditions	PAH	189	5	7	7	10	1	1	9
Uses of treated wood	Use of alternative materials in the construction sector	PAH	190	5	7	8	8	10	1	6
Waste incinerator	Dry flue gas scrubber	PAH	191	3	9	8	10	1	1	9
Waste incinerator	Wet flue gas scrubber	PAH	192	3	8	6	9	1	1	7
Wood treatment (impregnation plants)	Improved storage conditions	PAH	193	5	7	7	10	1	1	9
Wood treatment (impregnation plants)	Optimisation of preservative load	PAH	194	5	7	6	8	1	1	7
Wood treatment (impregnation plants)	Process modification	PAH	195	5	7	7	8	1	1	9
Wood treatment (impregnation plants)	Use of wood preservation products with a lower PAH content	PAH	196	5	7	9	7	1	1	7
Production of polymers/plastics	Avoiding washing	PBDE	197	18	5	9	5	1	1	3
Production of polymers/plastics	Substitution: Changing the base polymer for a non-plastic material	PBDE	198	18	9	5	3	10	1	5
Production of polymers/plastics	Substitution: Changing the base polymer for another type of plastics	PBDE	199	18	7	5	7	10	1	6
Production of polymers/plastics	Chemical substitution	PBDE	200	18	7	7	8	10	1	8
Production of polymers/plastics	Improving compounding process	PBDE	201	18	7	7	7	1	1	8
Production of polymers/plastics	Improving conversion / backcoating	PBDE	202	18	7	7	7	1	1	8
Production of polymers/plastics	Improving raw material handling	PBDE	203	18	7	9	9	1	1	8
Production of textiles	Chemical substitution	PBDE	204	7	7	7	8	10	1	8
Production of textiles	Improving compounding process	PBDE	205	7	7	7	7	1	1	8
Production of textiles	Improving conversion / backcoating	PBDE	206	7	7	7	7	1	1	8
Production of textiles	Improving raw material handling	PBDE	207	7	7	9	9	1	1	8
Solid waste treatment	Incineration	PBDE	208	2	9	3	5	1	1	4
Solid waste treatment	Recycling and reuse	PBDE	209	2	7	7	8	1	1	9
Waste disposal	Safe landfilling	PBDE	210	11	3	9	7	1	1	8
Building industry	Substitution of TBT in wood preservatives	TBT	211	4	9	9	9	10	1	4
Chemical industry	Substitution of TBT in antifouling paint	TBT	212	25	9	5	9	10	1	5
Chemical industry	Substitution of TBT in fungicides	TBT	213	25	9	9	9	10	1	2
Production of polymers/plastics	Substitution of TBT in PVC	TBT	214	4	9	7	9	10	1	4
Sediments	Environmentally-friendly dredging methods	TBT	215	11	7	7	7	1	1	2
Sediments	Remediation of TBT-contaminated sediment	TBT	216	11	7	3	7	1	1	2

Emission reduction Strategy Report

Shipyards	waste waters	Avoid disposal of TBT coatings	TBT	217	50	7	3	9	1	1	2
Shipyards	waste waters	Optimization WWTP + clarification (DAF)	TBT	218	50	3	3	8	1	1	6
Shipyards	waste waters	Optimization WWTP + sand filtration	TBT	219	50	7	9	8	1	1	6
Shipyards	waste waters	Solvent extraction	TBT	220	50	7	3	3	1	1	2
Waste treatment plants	water	Activated carbon adsorption	TBT	221	5	7	5	5	8	1	6
Waste treatment plants	water	Activated sludge system	TBT	222	5	7	3	9	4	1	8
Waste treatment plants	water	Membrane bioreactor (MBR)	TBT	223	5	7	3	8	1	1	5
Waste treatment plants	water	Optimization WWTP + clarification (DAF)	TBT	224	5	7	3	8	1	1	7
Waste treatment plants	water	Optimization WWTP + sand filtration	TBT	225	5	7	7	8	1	1	7
Waste treatment plants	water	Oxidative techniques : ozone	TBT	226	5	7	5	5	6	1	7
Waste treatment plants	water	Oxidative techniques: UV	TBT	227	5	7	5	5	5	1	7
Waste treatment plants	water	Solvent extraction	TBT	228	5	7	3	5	1	1	5

Annex II: ERS when the decider prefers very quick observable results

Rank	Triplet_nb	Source	Measures	Substance	Share	Eff	Costs	Avail	Scope	Scale	Unc
7	8	Surface water treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	50	8	8	9	1	1	7
13	1	Groudwater treatment	Activated carbon adsorption	Atrazine	45	8	8	9	1	1	6
21	11	Surface water treatment	Membrane filtration : reverse osmosis	Atrazine	50	8	6	9	1	1	7
25	14	Surface water treatment	Oxidative techniques: UV	Atrazine	50	7	7	8	1	1	4
33	10	Surface water treatment	Membrane filtration : nanofiltration	Atrazine	50	7	6	9	1	1	7
36	4	Groudwater treatment	Membrane filtration : reverse osmosis	Atrazine	45	8	6	9	1	1	6
44	15	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	Atrazine	5	8	8	9	8	1	7
48	7	Groudwater treatment	Oxidative techniques: UV	Atrazine	45	7	7	8	1	1	3
66	3	Groudwater treatment	Membrane filtration : nanofiltration	Atrazine	45	7	6	9	1	1	6
90	18	Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis	Atrazine	5	8	6	9	6	1	7
112	21	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: UV	Atrazine	5	7	7	8	5	1	4
125	17	Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration	Atrazine	5	7	6	9	6	1	7
1	42	Non-ferrous metals industry	Ion exchange	Cadmium	26	10	6	10	4	7	8
10	41	Non-ferrous metals industry	Basic waste water treatment	Cadmium	26	6	8	10	4	8	9
11	40	Landfil effluent	Reverse osmosis	Cadmium	26	10	6	8	4	1	9
16	30	Chemical Industry	Ion exchange	Cadmium	5	10	6	10	1	7	9
20	43	Non-ferrous metals industry	Membrane filtration	Cadmium	26	10	5	8	4	7	9
31	48	Phosphate fertilizer production	Recycling and reuse	Cadmium	1	10	8	10	1	1	8
35	34	Electroplating industry	Cd substitution	Cadmium	8	10	6	8	10	1	7
39	39	Iron & Steel Production	Ion exchange	Cadmium	0.1	10	6	10	4	7	8
44	32	Electroplating industry	Activated carbon adsorption	Cadmium	8	10	6	8	1	5	9
49	24	Battery and cell production	Cd substitution	Cadmium	5	10	6	8	10	1	8
59	27	Chemical Industry	Activated carbon adsorption	Cadmium	5	10	6	8	4	5	9
62	46	Phosphate fertilizer production	Ion exchange	Cadmium	1	10	6	10	1	7	9
68	37	Electroplating industry	Membrane filtration	Cadmium	8	10	5	8	1	7	9
75	22	Battery and cell production	Activated carbon adsorption	Cadmium	5	10	6	8	1	5	9
86	33	Electroplating industry	Basic waste water treatment	Cadmium	8	6	8	10	1	8	9
88	25	Battery and cell production	Membrane filtration	Cadmium	5	10	5	8	1	7	9
88	31	Chemical Industry	Membrane filtration	Cadmium	5	10	5	8	1	7	9
91	38	Iron & Steel Production	Basic waste water treatment	Cadmium	0.1	6	8	10	4	8	9
98	23	Battery and cell production	Basic waste water treatment	Cadmium	5	6	8	10	1	8	9

Emission reduction Strategy Report

98	28	Chemical Industry	Basic waste water treatment	Cadmium	5	6	8	10	1	8	9
140	47	Phosphate fertilizer production	Membrane filtration	Cadmium	1	10	5	8	1	7	9
142	44	Phosphate fertilizer production	Basic waste water treatment	Cadmium	1	6	8	10	1	8	9
145	29	Chemical Industry	Electrochemical precipitation	Cadmium	5	8	5	8	1	4	7
99	62	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	DEHP	3	8	8	9	8	1	8
109	59	Sewage sludge	Secondary Sludge treatment and reuse: Digestion	DEHP	2	5	9	9	1	1	9
127	58	Sewage sludge	Incineration of sludge	DEHP	2	9	4	9	1	1	8
134	68	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: UV	DEHP	3	7	7	9	5	1	7
148	63	Waste water treatment plants	Membrane filtration : nanofiltration	DEHP	3	8	6	9	6	1	9
148	64	Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis	DEHP	3	8	6	9	6	1	9
152	65	Waste water treatment plants	Membrane filtration: Ultra filtration	DEHP	3	8	6	9	4	1	9
170	56	Production of DEHP	Substitution of DEHP	DEHP	1	8	4	9	10	1	9
34	92	Rural run-off	Grass strips, hedges	HCB	32	7	6	10	4	1	6
53	72	Aluminium industry	Choice of oil- and chlorine-free feeds	HCB	25	8	6	9	1	1	7
60	77	Aluminium industry	Treatment of impurities in raw materials	HCB	25	7	7	9	1	1	7
71	87	Pesticides applications	Application rate reduction	HCB	12	8	6	9	4	1	7
77	90	Pesticides applications	Sprayer inspection	HCB	12	7	8	9	4	1	7
87	93	Rural run-off	Riparian zones	HCB	32	8	5	8	4	1	4
87	73	Aluminium industry	Combustion control and optimization	HCB	25	6	8	9	1	1	7
87	75	Aluminium industry	Limitation of demagging impacts	HCB	25	6	8	9	1	1	7
106	97	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	HCB	8	9	3	9	8	1	7
179	86	Large Combustion Plant	Excluding contaminated fuels	HCB	2	6	7	8	1	1	7
5	99	Farm point-source	Sharing equipment or spraying by contractors	Isoproturon	35	9	8	9	1	1	7
9	109	Rural run-off	Grass strips, hedges	Isoproturon	40	7	6	10	4	1	4
12	98	Farm point-source	Better pesticide management (on-farm/ in-field filling and cleaning)	Isoproturon	35	9	6	9	1	1	6
52	102	Pesticides applications	Application rate reduction	Isoproturon	15	8	6	9	4	1	8
56	110	Rural run-off	Riparian zones	Isoproturon	40	8	5	8	4	1	2
70	107	Pesticides applications	Sprayer inspection	Isoproturon	15	7	8	9	4	1	8
72	105	Pesticides applications	Organic farming	Isoproturon	15	9	2	10	1	1	6
115	104	Pesticides applications	Mechanical weed control	Isoproturon	15	8	3	9	1	1	5
139	111	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	Isoproturon	5	8	3	9	8	1	7
146	115	Waste water treatment plants	Oxidative techniques : ozone	Isoproturon	5	8	3	9	6	1	8
161	100	Pesticide applications	Partial substitution with flupyrsulfuron-methyl, carfentrazone-ethyl, diflufenican, prosulfocarbe.	Isoproturon	5	6	7	8	10	1	8
162	113	Waste water treatment plants	Membrane filtration : reverse osmosis	Isoproturon	5	8	4	8	6	1	8

Emission reduction Strategy Report

169	114	Waste water treatment plants	Membrane filtration: Ultra filtration	Isoproturon	5	2	6	9	4	1	8
186	112	Waste water treatment plants	Membrane filtration: nanofiltration	Isoproturon	5	6	4	8	6	1	8
4	116	Battery and cell production	Mercury substitution	Mercury	16	10	8	8	10	1	9
6	121	Chlor-alkali industry	Membrane filtration: UF, NF	Mercury	4	10	8	10	1	1	9
15	145	Waste water treatment plants	Basic waste water treatment	Mercury	8	6	10	10	4	7	9
17	134	Large Combustion Plant	Improved quality of the feeding material	Mercury	24	8	7	10	1	1	9
19	132	Landfill effluent	Membrane filtration: RO	Mercury	24	7	8	10	4	1	7
22	135	Large Combustion Plant	Ion exchange	Mercury	24	10	6	8	1	7	9
26	127	Iron & Steel Production	Activated carbon adsorption	Mercury	4	10	6	10	1	4	9
26	138	Non-ferrous metals industry	Activated carbon adsorption	Mercury	4	10	6	10	1	4	9
30	133	Large Combustion Plant	Basic waste water treatment	Mercury	24	6	9	10	1	7	9
43	122	Crematoria	Flue gas treatments	Mercury	4	10	7	8	1	1	5
57	129	Iron & Steel Production	Improved quality of the feeding material	Mercury	4	8	7	10	4	1	9
57	140	Non-ferrous metals industry	Improved quality of the feeding material	Mercury	4	8	7	10	4	1	9
64	130	Iron & Steel Production	Ion exchange	Mercury	4	10	6	8	4	7	9
64	141	Non-ferrous metals industry	Ion exchange	Mercury	4	10	6	8	4	7	9
82	144	Waste disposal	capping landfils	Mercury	24	7	6	10	1	1	7
94	119	Chlor-alkali industry	Ion exchange	Mercury	4	10	6	8	1	7	8
100	125	Dental product making	Dentistry materials substitution	Mercury	4	10	6	8	10	1	9
103	128	Iron & Steel Production	Basic waste water treatment	Mercury	4	6	8	10	4	7	9
103	139	Non-ferrous metals industry	Basic waste water treatment	Mercury	4	6	8	10	4	7	9
111	126	Electrical products & battery, accumulator uses	Separated collection, recycling and safe disposal	Mercury	4	8	8	8	1	5	9
111	137	Measuring and control equipment uses	separated collection, recycling and safe disposal	Mercury	4	8	8	8	1	5	9
129	117	Chlor-alkali industry	Basic waste water treatment	Mercury	4	5	8	10	1	7	9
171	124	Dental product making	Dental sector own wastewater treatments	Mercury	4	7	6	8	1	1	7
14	163	Waste water treatment plants	Oxidative techniques: chemical	NPE	80	9	3	8	1	1	6
46	155	Waste water treatment plants	Activated carbon adsorption	NPE	80	7	3	8	8	1	7
156	154	Production of different materials	Substitution of NPE in detergents and cleaning agents	NPE	2	7	7	9	10	1	8

Emission reduction Strategy Report

		using NPE	and other sectors								
158	150	Pesticides applications	Grass strips, hedges	NPE	0.5	7	6	10	1	1	4
182	151	Pesticides applications	Riparian zones	NPE	0.5	8	5	8	1	1	2
2	180	Domestic coal combustion	Combustion control and optimization	PAH	25	9	9	10	1	1	7
8	165	Aluminium industry	Dry flue gas scrubber	PAH	12	9	8	10	1	1	9
28	182	Power stations	Combustion control and optimization	PAH	2	9	9	10	1	1	9
29	166	Aluminium industry	Flue gas incineration	PAH	12	9	6	10	1	1	7
37	171	Bitumen production and refineries	Flue gas incineration	PAH	10	9	6	10	1	1	9
41	191	Waste incinerator	Dry flue gas scrubber	PAH	3	9	8	10	1	1	9
45	170	Aluminium industry	Wet flue gas scrubber	PAH	12	8	6	10	1	1	7
51	173	Bitumen production and refineries	Wet flue gas scrubber	PAH	10	8	6	10	1	1	9
58	189	Uses of treated wood	Improved storage conditions	PAH	5	7	7	10	1	1	9
58	193	Wood treatment (impregnation plants)	Improved storage conditions	PAH	5	7	7	10	1	1	9
73	174	Carbon and graphite industry	Dry flue gas scrubber	PAH	2	9	8	10	1	1	7
73	179	Coking plants	Tar removal (coagulating chemical addition followed by gravitational sedimentation, centrifuging or flotation, followed by filtration)	PAH	2	9	8	10	1	1	9
73	183	Power stations	Dry flue gas scrubber	PAH	2	9	8	10	1	1	9
95	190	Uses of treated wood	Use of alternative materials in the construction sector	PAH	5	7	8	8	10	1	6
102	177	Coking plants	Activated carbon adsorption	PAH	2	9	7	10	1	1	5
102	178	Coking plants	Biological remediation	PAH	2	9	7	10	1	1	8
104	172	Bitumen production and refineries	Sour Water Stripper (SWS)	PAH	10	7	6	10	1	1	9
120	195	Wood treatment (impregnation plants)	Process modification	PAH	5	7	7	8	1	1	9
122	176	Carbon and graphite industry	Wet flue gas scrubber	PAH	2	8	6	10	1	1	7
122	185	Power stations	Wet flue gas scrubber	PAH	2	8	6	10	1	1	7
150	194	Wood treatment (impregnation plants)	Optimisation of preservative load	PAH	5	7	6	8	1	1	7
155	192	Waste incinerator	Wet flue gas scrubber	PAH	3	8	6	9	1	1	7
159	175	Carbon and graphite industry	Flue gas incineration	PAH	2	9	6	8	1	1	7
27	203	Production of polymers/plastics	Improving raw material handling	PBDE	18	7	9	9	1	1	8
42	207	Production of textiles	Improving raw material handling	PBDE	7	7	9	9	1	1	8
83	200	Production of polymers/plastics	Chemical substitution	PBDE	18	7	7	8	10	1	8
96	204	Production of textiles	Chemical substitution	PBDE	7	7	7	8	10	1	8
168	209	Solid waste treatment	Recycling and reuse	PBDE	2	7	7	8	1	1	9
3	213	Chemical industry	Substitution of TBT in fungicides	TBT	25	9	9	9	10	1	2
11	219	Shipyard waste waters	Optimization WWTP + sand filtration	TBT	50	7	9	8	1	1	6
24	211	Building industry	Substitution of TBT in wood preservatives	TBT	4	9	9	9	10	1	4
50	212	Chemical industry	Substitution of TBT in antifouling paint	TBT	25	9	5	9	10	1	5
74	214	Production of polymers/plastics	Substitution of TBT in PVC	TBT	4	9	7	9	10	1	4

Emission reduction Strategy Report

76	217	Shipyards waste waters	Avoid disposal of TBT coatings	TBT	50	7	3	9	1	1	2
114	218	Shipyards waste waters	Optimization WWTP + clarification (DAF)	TBT	50	3	3	8	1	1	6
120	225	Waste water treatment plants	Optimization WWTP + sand filtration	TBT	5	7	7	8	1	1	7
163	222	Waste water treatment plants	Activated sludge system	TBT	5	7	3	9	4	1	8
180	223	Waste water treatment plants	Membrane bioreactor (MBR)	TBT	5	7	3	8	1	1	5
180	224	Waste water treatment plants	Optimization WWTP + clarification (DAF)	TBT	5	7	3	8	1	1	7

Annex III: ELECTRE Multi-criteria analysis methodology

The aim is to classify 250 abatement measures, thereafter called “actions”, as a function of 6 performance criteria using the following out-ranking methodology.

Set of actions $A = (a_1, \dots, a_i, \dots, a_n)$ $n = 250$

Criterion j / Action i	1/ Efficiency	2/ Cost	3/Importance	4/Availability	5/ Scale	6/ Scope
1/Activated carbon adsorption	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	$g_3(a_1)$			
2/Reverse Osmosis	$g_1(a_2)$					
...						
250/Membrane filtration	$g_1(a_{250})$					
Criterion weight	1/3	1/6	1/6	1/6	1/12	1/12

An action a_i dominates an action a_k if and only if $g_l(a_i) \geq g_l(a_k)$ for any l pertaining to the set of criteria $\{1, \dots, 6\}$.

When an action a_i is at least as good as an action a_k , according to most criteria (**concordance condition**), and, in addition, there is no criteria according to which a_i is a lot worse than a_k (**non-discordance condition**), then action a_i out-ranks action a_k .

Details of the methodology:

Out-ranking hypothesis: hypothesis set for any couple of actions ("action a_i out-ranks action a_k ") which has to be checked.

Concordance : If the hypothesis « a_i out-ranks a_k » is set, criterion j agrees with the hypothesis if action a_i is at least as good as action a_k as far as criterion j is concerned:

$$g_j(a_i) \geq g_j(a_k).$$

Concordance index: $C_{i,k} = \frac{P^+(a_i, a_k) + P^-(a_i, a_k)}{P}$

$J^+(a_i, a_k)$: set of criteria for which action a_i is preferred to action a_k .

$J^-(a_i, a_k)$: set of criteria for which action a_i is equivalent to action a_k .

Emission reduction Strategy Report

$J^-(a_i, a_k)$: set of criteria for which action a_k est preferred to action a_i .

$P^+(a_i, a_k) = \sum P_j$, $j \in J^+(a_i, a_k)$: sum of criteria weights pertaining to the set $J^+(a_i, a_k)$.

$P^=(a_i, a_k) = \sum P_j$, $j \in J^=(a_i, a_k)$: sum of criteria weights pertaining to the set $J^=(a_i, a_k)$.

$P^-(a_i, a_k) = \sum P_j$, $j \in J^-(a_i, a_k)$: sum of criteria weights pertaining to the set $J^-(a_i, a_k)$.

Total weight of criteria: $P = P^+(a_i, a_k) + P^=(a_i, a_k) + P^-(a_i, a_k)$

Non-discordance: allows to reject an out-ranking hypothesis, obtained from the concordance condition application, when there is an a strong opposition on one criteria at least.

Discordance index: $D_{i,k} = \begin{cases} 0, si J^-(a_i, a_k) = \emptyset \\ \frac{1}{\delta_j} \cdot \text{Max}\{g_j(a_k) - g_j(a_i)\}, \text{avec } j \in J^-(a_i, a_k) \end{cases}$

δ_j is the magnitude related to criteria j for which there is the maximum disagreement.

Application:

Let (a_1, a_2) be the couple of actions, then:

$$J^-(a_1, a_2) = \{2,4,5\}$$

$$g_2(a_2) - g_2(a_1) = (30) - (29) = 1$$

$$g_4(a_2) - g_4(a_1) = (-6) - (-15) = 9$$

$$g_5(a_2) - g_5(a_1) = (5) - (0) = 5$$

$$\Rightarrow \text{Max}\{g_j(a_2) - g_j(a_1)\} = 9$$

Thus, δ corresponds to criteria 4 scale: 30. Then: $D_{1,2} = \frac{9}{30} = 0.3$

Out-ranking relationship S: action a_i out-ranks action a_k if, by definition, on the one hand, criteria for which action a_i is at least as good as action a_k are important enough and if, on the

other hand, the consideration of remaining criteria does not generate a too strong oppositionion to this proposition:

$$C_{i,k} \geq c \text{ et } D_{i,k} \leq d$$

Therefore, action a_i out-ranks action a_k when:

$$\begin{cases} C_{i,k} \geq c \\ D_{i,k} \leq d \end{cases} \Leftrightarrow a_i S a_k$$