

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

**PRETRAITEMENTS AVANT VALORISATIONS MATIERE
ET ENERGIE DES DECHETS SOLIDES**

***PRETREATMENTS PRIOR TO MATTER AND ENERGY
RECOVERY OF SOLID WASTE***

août 2017

**E. VERNUS, C. DUBUISSON – PROVADEMSE INSAVALOR
M. COMBE, J. HOULET, N. EL BARHAOUI – SETEC**



Créée en 1989 à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD – REseau COopératif de Recherche sur les Déchets et l'Environnement – est le fruit d'une triple coopération entre industriels, pouvoirs publics et chercheurs. L'objectif principal de RECORD est le financement et la réalisation d'études et de recherches dans le domaine des déchets et des pollutions industrielles.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et organismes publics) définissent collégalement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des laboratoires publics ou privés.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :

RECORD, Prétraitements avant valorisation matière et énergie des déchets solides, 2017, 168 p, n°15-0247/1A

© RECORD, 2017

RESUME

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la perspective d'un recours accru aux matières premières issues de déchets dans les processus de production de matière et d'énergie.

A partir d'une liste de problématiques identifiées et sélectionnées comme présentant un enjeu significatif, l'étude dresse une revue de procédés, disponibles ou en développement, permettant de prétraiter certains déchets solides en vue de lever certains verrous techniques qui limitent leurs possibilités de valorisation.

L'objectif de tels prétraitements consiste à extraire le ou les composés considérés comme polluants ou non valorisables, afin que le déchet puisse être transformé en une matière première secondaire (MPS), utilisable dans un processus industriel de production de matière ou d'énergie.

Ainsi, 31 procédés ont été identifiés comme permettant de répondre aux problématiques sélectionnées. Ils sont décrits sous la forme de fiches. Ces procédés ont été classés sous forme d'un tableau selon la nature des déchets concernés et la finalité recherchée pour leur valorisation.

L'étude a conduit également à proposer 3 fiches descriptives de procédés dont l'application peut permettre le prétraitement de déchets variés ainsi que 4 fiches génériques dressant un panorama des solutions techniques répondant à une même problématique générale.

MOTS CLES

Déchets solides, prétraitements, valorisation matière, valorisation énergétique, polluants, matière première secondaire, ressources alternatives

SUMMARY

The present study constitutes a part of a prospect addressing the increased use of waste materials in the production of matter and energy.

Based on a list of problems identified and selected as containing a significant challenge, the study reviews the available processes, as well as those under development to pretreat a number of solid waste types in order to remove the technical obstacles that limit their potential for recovery.

The objective of such pretreatments is to extract the compounds considered as polluting or non-recoverable, so that the waste can be transformed into a secondary raw material, which can be used in the industrial process of matter and energy production.

Thus, 31 processes have been identified as enabling to address the selected issues. They are described in the form of information sheets. These processes have been classified and arranged into tables according to the nature of the concerned waste and the final destination for its recovery.

The study also led to propose 3 descriptive sheets of processes, the application of which can allow the pre-treatment of various waste types, as well as 4 generic sheets giving an overview of the technical solutions answering the same general problem.

KEY WORDS

Solid waste, pretreatment, matter recovery, energy recovery, pollutants, secondary raw material, alternative resource

Contexte de l'étude

La Loi de transition énergétique pour la croissance verte a fixé comme objectif le découplage progressif entre la croissance économique et la consommation de matières premières. A ce titre, en matière de recyclage, elle fixe le cap d'un recyclage de 55% des déchets non dangereux à l'horizon 2020 et de 65% en 2025. Un certain nombre de mesures sont prévues par la loi comme l'obligation de contractualiser avec un éco-organisme pour la gestion des DEEE, la reprise des déchets du BTP par les distributeurs, l'obligation de recyclage des navires, la mise en œuvre du tri en 5 flux des déchets, l'incitation au tri à la source des biodéchets ou encore l'encadrement technique et réglementaire de la préparation et de l'utilisation de CSR. De la même manière des objectifs ambitieux sont fixés pour le développement des énergies renouvelables et notamment de la méthanisation.

De telles mesures sont bien sûr favorables à l'augmentation des taux de recyclage de déchets mais insuffisantes si elles ne sont pas accompagnées d'une évolution des processus industriels permettant la valorisation des déchets à la hauteur des objectifs fixés.

En effet, le recours à des matières premières dites secondaires ou alternatives, c'est à dire issues de déchets, dans les processus de production de matière ou d'énergie nécessite, dans bon nombre de cas, une préparation ou transformation du déchet à valoriser pour le rendre conforme au cahier des charges du processus industriel.

L'augmentation des objectifs de valorisation impose alors de compléter les opérations de tri réalisées dans le cadre de la collecte, par des opérations de préparation adaptées.

Cette étape préalable ou prétraitement peut consister à retirer du déchet ses fractions non valorisables (ou valorisables dans d'autres filières), en augmenter la siccité ou en retirer ou supprimer des éléments, substances ou composés organiques dont la présence n'est pas conforme au cahier des charges de production.

La valorisation matière ou énergie des déchets solides connaît actuellement certaines limites, liées à plusieurs facteurs tels que la présence de polluants ou d'indésirables qui vont nuire au taux de valorisation, la présence de molécules ou constituants dans le déchet qui vont nuire à l'intégrité des installations de traitement (type acide ou chlore etc.), ou encore la présence de substances pouvant induire des risques sanitaires ou l'émission de gaz à effet de serre.

Cette problématique se pose pour des déchets produits de longue date mais dont la valorisation reste plafonnée (déchets de construction et démolition, mâchefers, sables de fonderie, pneus usagés, câbles sous gaine plastique), des déchets dont la production est en développement (déchets plastiques de DEEE contenant des retardateurs de flamme bromés, déchets polymères composites, lampes fluocompacts, ...) ou encore des déchets susceptibles de constituer des combustibles solides, liquides ou gazeux.

Cette étude permet de donner des pistes et des recommandations à suivre, afin de lever certains verrous bloquant le développement de la valorisation de tels déchets solides.

Objectifs et plan de l'étude

Les objectifs de l'étude sont d'établir une revue des procédés et technologies permettant une réduction de la charge polluante de déchets solides pour rendre possible ou favoriser leur valorisation matière ou énergie, et d'évaluer les coûts associés sur la base des informations disponibles.

Les procédés de prétraitement sont fondés sur des concepts qui relèvent des principes suivants :

Context of the study

The energy transition law for green growth has set the following aim: break the link between economic growth from the raw materials consumption. For this reason, concerning recycling, the law set a minimum recycling of 55% for non-hazardous waste for 2020 and 65 % for 2025. Some measures are provided by this law, such as the obligation to put an eco-organization on contract for Waste Electronic and Electrical Equipment (WEEE) management, taking back construction waste by distributors, the requirement of ship recycling, the implementation of sorting in 5 waste flows, the incentive of source separation for biowaste or even the technical and regulatory supervision of preparation and use of solid recovered fuels. In the same way, ambitious objectives are set for renewable energy development and particularly to methanisation.

Such measures are naturally sympathetic to the recycling rate increasing, but insufficient if they are not coupled with an industrial process evolution which allows waste valorization to a level that fulfills the objectives.

Indeed, the resort of secondary raw materials also called secondary materials or alternatives raw materials, that is to say from waste, in processes of material or energy production often needs a preparation or transformation of the waste that has to be valorized, to comply with the technical specifications.

The increase of valorization objectives demand to adapted preparation operations to the existing sorting operations.

This preliminary stage may consist in removing from the waste its non-recoverable proportion (or recoverable by other sectors), by increasing its dryness or removing elements, substances or organic compounds whose presence is forbidden by the technical specifications of production.

Matter or energy valorization of solid waste is currently facing some issues, linked to several factors such as the presence of pollutants or unwanted substances which are going to reduce the valorization rate, the presence of molecules or constituents in the waste that may damage the integrity of treatment facilities (like acid or chlorine etc.), or even the presence of substances that may induce health risks or greenhouse gas emissions.

This problematic arises for long-lived waste products but whose valorization remains capped (construction waste, incinerator bottom ash, foundry sands, End of life tyres, wire in plastic sheaths), waste whose production is developing (plastic of WEEE including brominated flame retardant, polymer composite waste, fluorescent lamp, ...) or even waste that may be comprised of solid, liquid or gaseous fuels.

This study allows to provide trails and recommendations to follow, in order to remove some of the obstacles that stop the development of valorization of such solid waste.

Objectives and study plan

The purposes of the study are to establish a review of processes and technologies allowing a reduction of the pollutant load of solid waste to make possible or boost its matter or energy valorization, and to estimate the related costs based on the available information.

The pre-treatment processes are based on concepts related to the following principles:

- Physical (grinding, sieving, centrifugation, extrusion, magnetic separation, ...),
- Chemical (neutralization, conversion reaction, inerting, ...),

- physiques (broyage, criblage, centrifugation, extrusion, séparation magnétique, etc.),
- chimiques (neutralisation, conversion réactionnelle, inertage, etc.),
- physico-chimiques (lavage, adsorption, floculation, extraction par solvant, complexation, précipitation, etc.),
- thermiques (oxydation, désorption, extraction à la vapeur, fusion, etc.),
- thermo-chimiques (conversion, pyrolyse, gazéification, hydrotraitement, etc.),
- biologiques (métabolisation des phénols, etc.).

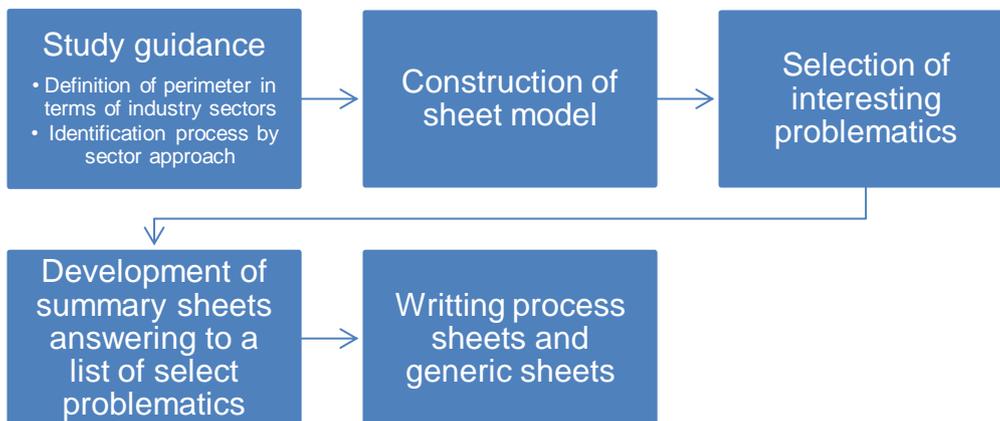
- Physico-chemical (washing, adsorption, flocculation, extraction by solvent, complexation, precipitation, ...),
- Thermal (oxidation, desorption, extraction with steam, melting, ...),
- Organic (metabolization of phenols, ...).

The study deals only with solid waste, with a target of decrease of pollutant load before a matter or energy valorization. The pollutant is defined, in this case, as the element which does not allow the valorization. The priority has been given to pollutants in environmental terms, however conditioning (type of drying) hasn't been excluded from the present study (in particular if they allow to valorize a waste with strong economic and environmental issue).

L'étude concerne les déchets solides uniquement, avec une problématique d'abattement de la charge polluante en amont d'une valorisation matière ou énergie. Le polluant est défini ici, comme l'élément qui empêche la valorisation. La priorité a été donnée aux polluants au sens environnemental, mais les conditionnements (type séchage) n'ont pas été exclus de l'étude (en particulier s'ils permettent de valoriser un déchet à fort enjeu économique et environnemental).

The different stages of the work program are presented in the diagram below:

Les différentes phases du programme de travail sont présentées dans le schéma ci-dessous :



Ce programme de travail, convenu avec le comité de suivi de l'étude, a permis d'aboutir à la construction d'un modèle de fiche (permettant de valider le niveau d'information des fiches sommaires, procédés et génériques). De plus, il a permis d'établir la méthodologie de recensement des couples « déchet-polluant » qui ont fait l'objet de fiches (développement d'une matrice « filière-procédé » de manière à couvrir le spectre des procédés de traitements disponibles ou en développement, inspirée de « La classification des filières de traitement des déchets » d'Alain Navarro (1994) et de la liste européenne des déchets (LED)). Cette matrice, soumise au comité de suivi, a permis de sélectionner des couples « déchet-problématique » d'importance prioritaire pour les membres du comité et d'écartier des problématiques peu réalistes, visant un gisement limité ou peu intéressantes d'un point de vue technologique. A la suite de l'application de cette méthodologie et de la rédaction des fiches sommaires, le programme de travail a été complété en considérant que certains sujets méritaient une approche plus transversale comme la possibilité d'employer un même procédé pour différentes applications de prétraitement ou encore la possibilité de recours à différents types de procédés pour parvenir à un prétraitement adapté. Cette réflexion nous a conduit à élaborer des fiches « procédé » et des fiches « génériques ».

This diagram, agreed with the committee of the study, has led to the construction of a sheet model (allowing to approve the information level of the summary, process and generic sheets). Moreover, it has led to establish the census methodology of couples "waste-pollutant" for which a sheet has been written (development of a "sector-process" matrix in order to cover all the available or developing treatment processes, based on "the classification of waste treatment sectors" by Alain Navarro (1994) and on the European List of Waste (ELE). This matrix, submitted to the committee, has allowed to select couples "waste-problematic" of priority importance for the committee members and to remove problems that weren't really realistic, concerning a limited deposit or not very interesting on the technological perspective. After having applied this method and written the summary sheets, the work program has been achieved considering that some topics needed a more transversal approach like the possibility to use the same process for different several applications or even several processes to reach one adapted pretreatment. This reflection led us to create "process" sheets and "generic" sheets.

Les informations recueillies dans les fiches comprennent les éléments suivants : objectif du prétraitement (vis-à-vis de l'état actuel de voie de valorisation), rappel du contexte, de la problématique et présentation des bases scientifiques du procédé, la nature de polluant visé, la maturité du procédé présentée, la technologie de référence pour le traitement du déchet, un schéma du procédé, la description des étapes de traitement, les avantages et intérêts, les inconvénients et limites du prétraitement, la réglementation applicable, exemples d'installations commerciales, le potentiel d'émergence, un champs de commentaires et une rubrique bibliographique présentant les principales sources ayant servies à la rédaction de la fiche.

Principaux résultats obtenus

Au total, 32 fiches sommaires, comprenant, 20 procédés de prétraitement commercialement disponibles et 12 procédés en cours de développement, ont été rédigées. De plus, 3 fiches « procédés » et 4 fiches « génériques » ont été développées. La liste des fiches sommaires, classées par déchet, problématique et état de maturité de la technologie, est présentée ci-dessous :

The information given in the sheets includes the following elements: aim of the pretreatment (compared to the actual way of valorisation), reminder of the context and the problematic, presentation of scientific basis on the process, the nature of the target pollutant, the ripeness of the presented process, the reference technology for the waste treatment, a diagram of the process, the description of the treatment stages, the benefits and interests, the drawbacks and the limits of the pretreatment, the practical regulations, examples of commercial facilities, the emergence potential, a field for comments, and a bibliographical part exposing the main sources that has been used to make the sheet.

Main obtained results

In total, 32 summary sheets have been written. 20 of which are pretreatment processes commercially available, and the 12 remaining are under development. Moreover, 3 "process" sheets and 4 "generic" sheets have been created. The list of the summary sheets, sorted by waste, problem and state of ripeness of the technology, is presented below:

DECHET	PROBLEMATIQUE	TITRE	MATURITE
Cendres sèches riches en COT	La séparation électrostatique du COT pour rendre des cendres sèches (charbon) trop riches en COT conformes au critère de l'EN450 et rebrûler la fraction enrichie en COT	Séparation électrostatique / Cendres sèches	DISPONIBLE
Cendres sèches riches en COT	Incinération des cendres pour en oxyder la fraction combustible restante, si celle-ci est significative.	Combustion/ Cendres sèches	DISPONIBLE
Plâtre issu des matériaux de construction et de démolition	Séparation du plâtre des matériaux de construction et démolition (SERFIM – NANTET)	Chaine de tri et broyage / Plâtre issu des matériaux de construction et de démolition	DISPONIBLE
Plâtre issu des matériaux de construction et de démolition	Présence de sulfates en teneur supérieure aux limites d'acceptabilité technique et environnementale pour une valorisation dans des matériaux à base de liants hydrauliques	Elimination des sulfates / Déchets contenant des résidus de plâtre	EN DEVELOPPEMENT
Plaques et carreaux de plâtre	Présence d'indésirables (isolants, résidus) à séparer pour valoriser le plâtre	Extraction des indésirables / Déchets de plâtre	DISPONIBLE
Granulats routiers	Présence de goudrons limitant la valorisation	Encapsulage / Granulats routiers pollués aux HAP	DISPONIBLE
MIDND	Présence de métaux lixiviables à des concentrations supérieures aux seuils de valorisation en technique routière ou autre scénario de valorisation en construction	Extraction par lavage chimique/MIDND	DISPONIBLE
Sables de fonderie	Présence de résidus de liants organiques limitant leur valorisation en construction (technique routière ou autre)	Combustion en lit fluidisé/Sables de fonderie	DISPONIBLE
Sables de fonderie	Présence de résidus de liants organiques limitant leur valorisation en construction (technique routière ou autre)	Dégangage thermique/Sables de fonderie	EN DEVELOPPEMENT
Sables de fonderie	Présence de résidus de liants organiques limitant leur valorisation en construction (technique routière ou autre)	Ultrasons haute fréquence/Sables de fonderie	EN DEVELOPPEMENT
Déchets matières plastiques, DEEE	Séparation des retardateurs de flamme pour valorisation matière	Extraction sélective de polymères/DEEE	EN DEVELOPPEMENT

DECHET	PROBLEMATIQUE	TITRE	MATURITE
Déchets composites	Séparation des différents éléments des composites afin de les valoriser	Solvolyse / Déchets composites	EN DEVELOPPEMENT
Pneumatiques usagés	High sulfur content presence generating SOx emissions during combustion Présence de soufre générant des émissions de SOx lors de la combustion	Dé Vulcanisation par pyrolyse et micro-onde/ Déchets de pneumatiques usagés	DISPONIBLE
Pneumatiques usagés	Présence de soufre générant des émissions de SOx lors de la combustion	Dé Vulcanisation par oxydation contrôlée / Pneumatiques usagés	DISPONIBLE
Pneumatiques usagés	Présence de soufre générant des émissions de SOx lors de la combustion	Dé Vulcanisation biologique / Pneumatiques usagés	DISPONIBLE
Câbles	Elimination des indésirables pour valorisation des métaux présents dans les câbles électriques	Séparation automatisée des constituants / Câbles	DISPONIBLE
VHU	Présence de fluides dangereux pour l'environnement (huile de moteur, antigel, liquide de freins, CFC, PCB ...) à séparer avant valorisation des métaux	Extraction des fluides / VHU	DISPONIBLE
Lampes usagées	Séparation du mercure avant recyclage des métaux	Broyage et tamisage / Lampes fluocompactes	DISPONIBLE
Lampes usagées	Séparation du mercure avant recyclage des métaux	Coupage soufflage / Tube fluorescent	DISPONIBLE
Tubes fluorescents et écrans plats	Séparation du mercure avant recyclage des métaux	Séparation automatisée des constituants / lampes, tubes fluorescents et écrans plats	DISPONIBLE
Déchets pâteux	Récupération des solvants dans les déchets pâteux	Désorption par vide poussé/déchet pâteux	DISPONIBLE
Déchets de bois B	Bois faiblement traités à dépolluer pour produire des combustibles propres	Hydrolyse et fermentation séparées / Bois B	EN DEVELOPPEMENT
Déchets agro-alimentaires	Elimination des sucres complexes pour augmentation de la production de combustibles propres	Hydrolyse acide / Déchets agroalimentaires de conserveries végétales	EN DEVELOPPEMENT
Déchets plastiques	Déchloration du PVC pour valorisation de plastiques comme combustibles liquides	Déchloration catalytique / PVC	EN DEVELOPPEMENT
Déchets plastiques	Déchloration du PVC pour valorisation de plastiques comme combustibles liquides	Pyrolyse par étapes / mélanges de polymères (dont PVC)	DISPONIBLE
Déchets de bois C - fortement traité	Bois fortement traités à dépolluer pour produire des combustibles propres	Lixiviation chimique acide sulfurique / Déchet bois CCA	EN DEVELOPPEMENT
Déchets de bois C - fortement traité	Bois fortement traités à dépolluer pour produire des combustibles propres	Extraction biologique / Bois traités CCA	EN DEVELOPPEMENT
Refus de TMB et OMr	Amélioration de la qualité des CSR à partir des refus de TMB et des OM	Amélioration de la qualité des CSR	DISPONIBLE
Boues de STEP	Amélioration de la production de méthane et la dégradation des matières organiques en amont d'une digestion anaérobie	Prétraitement ultrasonique en vue d'améliorer la digestion anaérobie / Boues de STEP	DISPONIBLE
Déchets agro-alimentaires	La digestion anaérobie nécessite un temps de rétention du processus non négligeable. Des prétraitements permettent de réduire ce temps de réaction et d'améliorer la production de méthane	Ozonation/ Déchets agroalimentaires	DISPONIBLE
Déchets agro-alimentaires	Réduction des polymères gras en vue de produire du méthane	Saponification/ Déchets agroalimentaires d'abattoir	DISPONIBLE
Déchets organiques	Abattement du soufre des déchets organiques avant méthanisation	Réactif de désulfuration / Déchets organique soufrés	DISPONIBLE

WASTE	PROBLEMATIC	TITLE	MATURITY
Dry ash rich in Total Organique Carbon (TOC)	Electrostatic break-up of TOC to conform, the dry ash (coal) too rich in carbon, at the EN450 norm and burn the TOC enriched fraction	Electrostatic break-up / Dry coal ash	AVAILABLE
Dry ash rich in Total Organique Carbon (TOC)	Incineration of ash to oxidize the remaining fuel fraction	Combustion/ Dry coal ash	AVAILABLE
Gypsum from construction and demolition materials	Break-up the gypsum contained in the construction and demolition materials (SERFIM – NANTET)	Sorting and grinding sorting chain / Gypsum from construction and demolition materials	AVAILABLE
Gypsum from construction and demolition materials	Presence of sulphates in excess of technical and environmental acceptability limits for add value to materials based on hydraulic binders	Elimination of sulphates / Wastes containing gypsum residues	IN DEVELOPING
Gypsum plasterboard and planks	Unwanted presence (insulation, résidues) to be separated to enhance the plaster valorization	Unwanted extraction / Plaster waste	AVAILABLE
Road aggregate	Tar presence restricting recovery	Encapsulation / Road aggregate contaminated with PAHs	AVAILABLE
IBA (Incinerator bottom ash)	Leachable metals presence in upper concentration to conform with the road bulding valorization or other matter recovery	Chemical washing extraction/ IBA	AVAILABLE
Foundry sands	Organic binder residues presence restricting their matter recovery (road bulding or others)	Fluidised bed combustion / Foundry sands	AVAILABLE
Foundry sands	Organic binder residues presence restricting their matter recovery (road bulding or others)	Thermal decomposition/ Foundry sands	IN DEVELOPING
Foundry sands	Organic binder residues presence restricting their matter recovery (road bulding or others)	High frequency ultrasound/ Foundry sands	IN DEVELOPING
Plastic waste, WEEE	Séparation of flame retardants to material recovery	Selective extraction of polymers / WEEE	IN DEVELOPING
Composite waste	Séparation of flame retardants to valorization	Solvolyis / Composite waste	IN DEVELOPING
End of life tyres	High sulfur content generating SOx emissions during combustion	Desulphurisation by microwave and pyolysis process par micro-onde/ Used tyres	IN DEVELOPING
End of life tyres	High sulfur content generating SOx emissions during combustion	Desulphurisation by controlled oxidation/ Used tyres	IN DEVELOPING
End of life tyres	High sulfur content generating SOx emissions during combustion	Biological desulphurisation / Used tyres	AVAILABLE
Wires	Unwanted elimination for métais recovery into electric wires	Automatic separation of component / Electrical wires	AVAILABLE
End-of-life vehicle (ELV)	Presence of environmentally hazardous fluids (engine oil, antifreeze, brake fluid, CFC, PCB ...) to be separated prior to recovery of metals	Fluids extraction / ELV	AVAILABLE
Used lamps	Mercury separation before recycling of metals	Grinding et sieving / fluorescent lamp	AVAILABLE
Used lamps	Mercury separation before recycling of metals	Cutting blow / fluorescent lamp	AVAILABLE

WASTE	PROBLEMATIC	TITLE	MATURITY
Fluorescent tube et flat screens	Mercury separation before recycling of metals	Automatic separation of component / lamps, fluorescent tube and flat screens	AVAILABLE
Pasty waste	Recovery solvents from paste waste	Desorption by high vacuum system / pasty wastes	AVAILABLE
Waste Wood (Grabe B)	Clean up faintly treated wood to produce clean fuels	Separate enzymatic hydrolysis and fermentation / Waste Wood	IN DEVELOPING
Agri-food waste	Complex sugars disposal to increase production of clean fuels	Acid hydrolysis / Solid residues from agri-food waste	IN DEVELOPING
Plastic wastes	Dechlorination of polyvubylchloride (PVC) to plastic valorization like liquid fuels	Catalytic Dechlorination / PVC	IN DEVELOPING
Plastic wastes	Dechlorination of polyvubylchloride (PVC) to plastic valorization like liquid fuels	Pyrolysis by stages / Polymer blend (with PVC)	AVAILABLE
Waste Wood (Grabe C : highly treated)	Clean up highly treated wood to produce clean fuels	Chemical sulfuric leaching / CCA-treated wood	IN DEVELOPING
Waste Wood (Grabe C : highly treated)	Clean up highly treated wood to produce clean fuels	Biological extraction / CCA-treated wood	IN DEVELOPING
Refusals of MBT and résiduel municipal solid waste (MSW)	Enhance Solid Recovered Fuel (SRF) quality producted from Refusals of MBT and résiduel household waste	Enhance SRF quality	AVAILABLE
Sewage sludge	Enhance of methane production and oganic matter degradation before anaerobic digestion	Ultrasonic pretreatment / Sewage sludge	AVAILABLE
Agri-food waste	Decrease the reaction time of anaerobic digestion and improving methane production	Ozonation pretreatment / Agri-food waste	AVAILABLE
Agri-food waste	Decrease of fatty polymers to enhance méthane production	Saponification / slaughterhouse waste	AVAILABLE
Organic waste	Sulfur reduction from organic waste before anaerobic digestion	Desulfurization reagent / Sulfur organic waste	AVAILABLE

La liste des fiches procédés et génériques est présentée ci-dessous :

The list of the « Generic » and « process » sheets is presented below:

DECHET	PROBLEMATIQUE	TITRE	MATURITE
FICHES PROCEDES			
Matériaux revêtus de type bétons/ métaux	Présence de revêtements	Décapage cryogénique	EN DEVELOPPEMENT
Déchets solide	Polluants dans déchets solides	Extraction des polluants par fluide supercritique	EN DEVELOPPEMENT
Sols et sédiments	Extraction de polluants du sol et revalorisation du site	Lavage et hydrocyclonage	DISPONIBLE
FICHES GENERIQUES			
Charges organiques (DASRI, ss-produits de l'industrie de la viande)	Déchets contenant des micro-organismes pathogènes à traiter par hygiénisation avant méthanisation	Hygiénisation	
Boues, tout déchet solide humide	Extraction de l'eau contenu dans les déchets solides afin de permettre la valorisation	Séchage/extraction d'eau	
OMR, Bois, Métaux, emballages...	Présence de produits chlorés ou halogénés limitant la valorisation	Tri optique	
Effluents, eaux usées contaminées	Extraction des métaux lourds des déchets contaminés	Extraction des métaux lourds	

WASTE	PROBLEMACTIC	TITLE	MATURITY
PROCESS SHEETS			
Concrete coated material / metals	Presence of coated	Cryogenic scraping	IN DEVELOPING
Solid waste	Pollutants into solid waste	Removal pollutants by supercritical fluid	IN DEVELOPING
Soil and sediment	Soil pollutants extraction	Washing and hydrocycloning	AVAILABLE
GENERIC SHEETS			
Organic loads (Infectious clinical waste, meat industry waste)	Wastes containing pathogenic microorganisms to be treated by hygienisation before methanisation	Hygienization	
Sludges, all wet waste	Extraction of the water contained in the solid waste in order to allow the recovery	Drying	
MSW, Wastes, metals, wrapping	Chlorinated or halogenated products who limiting the valorization	Optical sorting	
Effluents, contaminated waste water	Heavy metals extraction from contaminated waste	Heavy metals extraction	

Conclusions

Les travaux menés dans le cadre de cette étude ont consisté dans un premier temps à identifier un ensemble de problématiques d'intérêt pour lesquelles une étape préalable de prétraitement par réduction de la charge polluante est nécessaire avant de valoriser un déchet solide, que ce soit sous la forme de matière première secondaire ou d'énergie.

Avec l'aide du Comité de Suivi et de la Direction scientifique de RECORD, cette liste a été affinée et certaines problématiques concernant différents types de déchets ont été pointées pour faire l'objet d'une approche plus générique dans la phase finale des travaux.

Certaines problématiques, traitées par différents procédés, ont fait l'objet de plusieurs fiches. C'est le cas en particulier du prétraitement des sables de fonderie, des cendres de charbon, des pneumatiques usagés, de matériaux polymères, de lampes usagées, de déchets de plâtre, de déchets de bois C ou encore de déchets agroalimentaires. L'amélioration de la qualité des CSR préparés à partir de refus de tri mécano-biologique, problématique à fort enjeu stratégique, a fait l'objet de la rédaction d'une fiche spécifique.

D'autres problématiques identifiées font l'objet de solutions sans caractère technologique innovant (élimination des produits phytosanitaires résiduels dans les EVPP, extraction des indésirables des papiers/cartons à recycler). Celles-ci n'ont pas été détaillées dans le cadre de cette étude.

Enfin, il est apparu le cas d'une problématique ne pouvant pas être résolue par un prétraitement du fait du caractère diffus des composés à séparer des déchets : il s'agit de la présence de composés silicés dans les biodéchets générant une corrosion précoce des équipements de valorisation énergétique par méthanisation.

D'autre part, certains procédés de prétraitement ayant un large spectre d'applications ont été pointés pour faire l'objet de fiches procédés. Les technologies décrites sont le nettoyage cryogénique, l'extraction par fluide supercritique, ainsi qu'un procédé innovant couplant lavage et hydrocyclonage.

Conclusions

Firstly, the work conducted in this study consisted to identify a set of problematics of interest for which a preliminary step of pretreatment is necessary before valorising a solid waste, whether under the form of secondary raw material or energy.

In agreement with the committee of the study of RECORD, this list has been refined and some issues concerning different types of waste have been selected for a generic approach in the final step of the work.

Some problematics, which have been dealt with by different processes, are presented in several facts sheets. This is particularly the case for the pretreatment of foundry sands, coal ash, used tires, polymer materials, used lamps, plaster waste, wood waste or agri-food waste. The improvement of the quality of CSR prepared from the refusal of mechanical-biological sorting, problematic with a strategic challenge, was the subject of the writing of a specific sheet.

Other identified problematics have been removed from the preliminary selection because of their non-innovative technological character (elimination of the residual plant protection products in the empty packaging phytosanitary products, extraction of the undesirables of the papers / cartons to be recycled).

Finally, one of the selected problematic could not be solved by pretreatment because of the diffuse nature of the compounds to be separated from the waste. This problematic was the presence of silicic compounds in biowaste producing early corrosion of equipment of energy recovery by methanisation.

On the other hand, some pretreatment processes having a broad spectrum of applications have been pointed out to be the subject of process sheets. The technologies described are cryogenic cleaning, supercritical fluid extraction, and an innovative process linking washing and hydrocycloning.

A total of 39 sheet were writted.

Au total, 39 fiches ont été rédigées.

Le classement des procédés de prétraitement identifiés montre qu'ils visent tous la production de matières premières secondaires qu'il s'agisse de ressources matière ou de ressources énergétiques. Ainsi, parmi les MPS dont la valorisation serait rendue possible figurent :

- Des ressources énergétiques (combustibles solides, liquides ou gazeux) ;
- Des métaux stratégiques
- Des métaux non ferreux
- Des matériaux minéraux
- Des matières plastiques

Les technologies concernées par ces prétraitements sont en majorité de type physico-chimique, puis thermique, mécanique, chimique ou relèvent d'une combinaison de principes thermiques et physico-chimiques (fluides supercritiques), thermiques et chimique (ozonation et procédé thermique, pyrolyse et distillation), et dans une moindre mesure biologiques voire chimique et biologique.

Si certains de ces procédés ont été développés pour répondre à une problématique relevant d'enjeux stratégiques permettant la préparation de MPS à haute valeur ajoutée (extraction en vue de valorisation des terres rares de DEEE et autres matières plastiques, dépollution en vue de préparation de combustibles) d'autres visent des cas plus spécifiques concernant un gisement relativement limité de déchets et produisant une faible valeur ajoutée (élimination du carbone résiduel de cendres de charbon, extraction par lavage de sels et de métaux, préparation de granulats minéraux). Ces derniers devront probablement diversifier leurs applications potentielles pour en assurer la rentabilité économique.

Cette revue permet donc, pour un gestionnaire de déchet à la recherche de solutions de prétraitement, d'identifier des solutions potentielles de prétraitement mutualisables ou adaptables à des problématiques non identifiées et/ou émergentes.

The classification of the identified pre-treatment processes shows that they all target the production of secondary raw materials, whether material resources or energy resources. Thus, among the secondary raw materials whose valorization would be made possible include:

- *Energy resources (solid, liquid or gaseous fuels);*
- *Strategic Metals*
- *Non-ferrous metals*
- *Mineral materials*
- *Plastics*

The technologies involved in these pretreatments are mostly physicochemical, then thermal, mechanical, chemical or a combination of thermal and physicochemical (supercritical fluids), thermal and chemical principles (ozonation and thermal process, pyrolysis and Distillation), and to a lesser extent biological, even chemical and biological.

While some of these processes have been developed to address a strategic issue that allows the preparation of secondary raw material with high added value (extraction for the recovery of rare earth elements from WEEE and other plastics, depollution for the preparation of fuels) others focus on more specific cases involving a relatively limited deposit of waste and producing a low added value (removal of residual carbon from coal ash, extraction by washing of salts and metals, preparation of mineral aggregates). These latter will likely need to diversify their potential applications to ensure economic profitability.

This reviews should address, for a waste manager looking for pre-treatment solutions, to identify potential pre-treatment solutions that can be mutualized or adapted to unidentified and/or emerging problems.