



Projet National de recherche et développement

RAPPORT DE RECHERCHE

Thème 1 Technologie de tri sélectif des granulats béton concassé

Auteur : C. DEBOFFE – NEO ECO

R/15/RECY/027
LC/13/RECY/31
Septembre 2015

Site internet : www.pnrecybeton.fr

Président : Jacques ROUDIER

Directeur : Horacio COLINA

Directeur Scientifique : François DE LARRARD

Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr, tél. : 01 44 13 32 79



Projet National de recherche et développement

FICHE SIGNALÉTIQUE

TITRE : Technologie de tri sélectif des granulats béton concassé

RAPPORT N° : R/15/RECY/027

DATE D'ETABLISSEMENT : Septembre 2015

AUTEUR(S) : C. DEBOFFE

ORGANISME(S) CHARGE(S) DE L'ACTION : NEO ECO

THEME DE RATTACHEMENT : 1

LETTRE DE COMMANDE : LC/13/RECY/31

Site internet : www.pnrecybeton.fr

Président : Jacques ROUDIER

Directeur : Horacio COLINA

Directeur Scientifique : François DE LARRARD

Gestion administrative et financière : IREX (www.irex.asso.fr), 9 rue de Berri 75008 PARIS, contact@irex.asso.fr, tél. : 01 44 13 32 79

Sommaire

Résumé :	4
Abstract :	5
1. Contexte :	6
1.1. Problématique :	6
1.2. Contexte en France :	6
1.3. Présentation du projet :	7
1.4. Objectifs :	7
1.5. Enjeux :	7
1.5.1. Enjeux environnementaux :	7
1.5.2. Enjeux économiques :	7
1.5.3. Enjeux réglementaires :	8
2. État de l'art tri optique :	9
2.1. Les différentes sortes de déchets BTP :	9
2.2. Exemples des acteurs Français :	9
2.2.1. Exemples d'industriels :	9
2.2.2. Centres de compétences, associations et autres :	9
2.2.3. Institutionnels :	9
2.3. Technologies tri optique :	10
2.3.1. Technologie proche infrarouge :	10
A-Caractéristiques de la technologie :	10
B-Principe :	11
C-Processus industriels en « Proche infrarouge » :	12
2.3.2. Technologie RAYON X :	12
A-Principe de transmission :	12
B-Limites :	12
2.4. Les machines de tri optique :	13
2.4.1. Machine Mistral (Proche Infrarouge) :	13
A-Application :	13
B-Atouts :	13
2.4.2. Machine Melten :	14
A-Application :	14
B-Atouts :	14
2.4.3. Machine Boréas :	15
A-Application et atouts :	15
2.4.4. Machine Xpert T (RAYON X) :	15
A-Application :	16
B-Atouts :	16
2.5. Améliorations possibles :	16
2.5.1. Le capteur métal :	16
2.5.2. Détection haute résolution :	16
2.5.3. Le tri des paillettes : Mistram FineSort.....	16
2.6. Finalités du tri :	17
2.6.1. Préparation d'un granulats colorés et tri des métaux/non ferreux entre eux :	17
A-Préparation d'un granulats de couleur :	17
B-Récupération et Séparation des métaux non ferreux :	17
2.6.2. Filière bois :	18
2.6.3. Filières gravats :	19
2.6.4. Élimination des non inertes :	19
2.7. Valorisation :	19
2.7.1. Valorisation matière :	19
2.7.2. Valorisation thermique :	20
2.7.3. Valorisation biologique :	20
3. Séparation tri optique des déchets valorisables :	20
3.1. Rapport de test 1 :	20
3.1.1. Introduction :	20
3.1.2. Caractéristique du flux utilisé.....	20

A-Répartition granulométrique	20
B-Répartition du flux.....	21
C-Masse surfacique	22
3.1.3. Schéma général du tri	23
3.1.4. Performances de tri.....	23
3.1.5. Conclusion.....	24
3.2. Rapport de test 2 :	26
3.2.1. Introduction :	26
3.2.2. Procédure des essais :.....	26
3.2.3. Tests de tri :.....	29
Conclusion :.....	31
Bibliographie:.....	32
Annexe technique : Réglages machine.....	33

Résumé :

La problématique des déchets BTP est quasi systématiquement abordée avec des approches visant le traitement des déchets une fois qu'ils sont produits.

Une approche en amont avec la conception de bâtiments visant spécifiquement la réduction des déchets est à ce jour quasi inexistante en France.

Ce projet est le premier développement expérimental d'une filière de recyclage des déchets du BTP avec une telle technologie de tri optique du plâtre.

En effet, l'entreprise PellencSelective Technologies a développée des technologies (Proche infrarouge, RAYON X) qui tiennent en un tri optique alliant à la fois une détection matière et une détection couleur.

Ce rapport est réparti en trois chapitres :

Chapitre 1 : Présentation de la problématique des déchets BTP et le contexte Français de cette dernière.

Chapitre 2 : État de l'art sur les différentes technologies et machines du tri optique.

Chapitre 3 : Présentation des résultats des tests réalisés avec des technologies de séparation de tri optique.

Abstract :

The problematic of the construction and public work wastes is often dealt in order to manage and treat this type of waste once it's produced.

An upstream approach with a conception designed specifically to reduce this type of waste is almost non-existent today in France.

This project is the first experimental development that propose to manage the construction and public work wastes with a optical sorting technologie for plaster.

Indeed, PellencSelective company has developed Technologies (Near infrared, X-RAY) which hold in an optical sorting combining both a material detection and color detection.

This report is divided into three chapters:

Chapter 1: Presentation of the problematic of the construction and public work wastes the French contexte concerning this matter.

Chapter 2: Presentation of the different technologies and machines for an optical sorting.

Chapter 3: Presentation of results of tests that were realised with optical sorting separation technologies.

1. Contexte :

1.1. Problématique :

Les déchets du bâtiment et des travaux publics (BTP) proviennent de chantiers sous maîtrise d'ouvrage publique (État, collectivités locales) ou privée (entreprises, particuliers).

Pour le bâtiment, la problématique est complexe. Le faible taux de valorisation des déchets de ce secteur s'explique par la conjugaison d'un ensemble de facteurs : une grande diversité des déchets souvent mélangés et contaminés, des difficultés à les trier (manque de formation, d'espace pour les bennes, etc.), les surcoûts d'une gestion optimisée des déchets parfois difficilement assumés, le manque de sensibilisation des acteurs de l'acte de construire, le manque d'exutoires proches pour la valorisation.

Le but du projet est donc de garantir un tri performant et régulier malgré :

1. Des mélanges de matériaux complexes
2. Des variations de débits importantes
3. Des variations de compositions de flux

1.2. Contexte en France :

En France les déchets issus du BTP représentent un gisement de près de 250 millions de tonnes par an, soit 10 fois plus que les déchets ménagers. Seulement 40% de ces déchets sont actuellement recyclés et valorisés alors que la programmation de la loi sur la transition énergétique et environnementale fixe un taux de valorisation de 70% à l'horizon 2020.

Si les grandes entreprises du secteur s'organisent, les artisans du bâtiment, soumis aux mêmes lois, ont de la peine à trouver des solutions. La majorité de leurs déchets de chantiers finissent enfouis sans être valorisés.

Dans le cadre du Grenelle Environnement, trois engagements concernant directement les déchets du bâtiment ont été retenus :

- engagement n° 256 : rendre obligatoires les audits préalables aux chantiers de démolition de bâtiments.

Pour favoriser la valorisation des déchets, un audit préalable aux chantiers de démolition, caractérisant les matériaux présents et explicitant les modes possibles de tri, recyclage et gestion des déchets, sera rendu obligatoire. Cet engagement est explicitement repris dans les lois Grenelle Environnement 1 et 2 (respectivement articles 46 et 190).

- engagement n° 257 : mise en place d'un instrument économique affecté pour encourager la prévention de la production de déchets du BTP et leur recyclage.

Un groupe de travail animé par les pouvoirs publics, auquel participaient les professionnels concernés, a formulé plusieurs propositions (aides aux maîtres d'ouvrages, à l'investissement d'infrastructures de valorisation, etc.). Quelques-unes ont déjà été introduites dans la loi de finances 2009 (augmentation de la taxe sur l'extraction de granulats, les centres de stockages de classe II).

- engagement n° 258 : rendre obligatoires et concertés les plans de gestion des déchets du BTP.

L'instauration des plans départementaux de gestion des déchets du BTP par la circulaire du 15 février 2000 a été un premier pas pour mieux organiser localement cette gestion, tant en matière de valorisation que d'élimination, mais ces plans sont encore insuffisamment généralisés. Les lois Grenelle ont donc pour objectif de rendre obligatoire leur élaboration.

1.3. Présentation du projet :

Ce projet consiste à séparer mécaniquement la fraction valorisable d'un gisement de granulats de béton concassé. Pour cela, le cheminement du flux de déchets sera le suivant :

- ② retrait des éléments métalliques ferreux grâce à un overband ;
- ② séparation de la fraction fine par un scalpeur, afin de purifier le flux de déchets ;
- ② tri aéraulique pour sortir du flux les éléments indésirables légers ;
- ② tri optique afin de séparer les inertes « propres » et les fractions « plâtre », « briques » et « Verre ».

Les granulats en partie recouverts de plâtre seront automatiquement éliminés.

Au final le flux de déchets ne sera composé que d'éléments inertes, de taille définie. Les autres fractions de déchets telles que les métaux ou encore le plâtre seront également valorisées.

1.4. Objectifs :

Ce projet a pour objectif :

- ② Obtenir une fraction de déchets inertes en mélange de qualité, de granulométrie choisie, débarrassée du plâtre, de la brique, du verre et des différents déchets non inertes susceptibles de s'y trouver ;
- ② Valoriser au minimum 80 % des déchets inertes entrants dans l'unité de tri ;
- ② Séparer les déchets de plâtres, qui représentent approximativement 5 % du gisement, en fractions valorisables (plaques de plâtre et de Placoplatre) et non valorisables (plâtre lié à d'autres matériaux) ;
- ② Ne stocker que les déchets inertes ultimes.

1.5. Enjeux :

Ce projet s'inscrit dans une démarche d'optimisation de la valorisation des déchets. Il répond à divers enjeux:

1.5.1. Enjeux environnementaux :

- ② Réduction des volumes de déchets à stocker définitivement ;
- ② Préservation des ressources naturelles non renouvelables en permettant l'utilisation de matériaux inertes valorisés ;

1.5.2. Enjeux économiques :

- ② Développement et duplication de ce type de processus sur différents sites à l'échelle nationale.
- ② Développement des parts de marché dans ce type d'activité.

1.5.3. Enjeux réglementaires :

-  La loi impose une valorisation ou une élimination contrôlée des déchets du bâtiment.
-  Les tonnages des déchets du BTP sont très importants et même si la majorité est de nature inerte.
-  Chaque département doit être muni d'un plan d'élimination des déchets du BTP, articulé avec les plans d'élimination des déchets "ménagers et assimilés".

2. État de l'art tri optique :

2.1. Les différentes sortes de déchets BTP :

- ② Déchets inertes (pierres, terre et matériaux de terrassement, plâtre, céramique, matériaux de démolition non mélangés...) : les déchets inertes sont des déchets stables dans le temps, qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas, ne produisent aucune réaction chimique, physique ou biologique durant leur stockage. Ils sont issus de la fin de vie de produits naturels (pierres, terres, sables) ou de produits manufacturés (béton, céramique, brique, verre).
- ② les déchets non dangereux ou DIB - (bois, plastiques, métaux, quincaillerie...) sont des déchets produits par différents types d'industries (dont celle du bâtiment) de commerce et de services. Ils ne présentent pas de caractère dangereux ou toxique mais ils ne peuvent pas être considérés comme inertes. Ce sont soit des déchets mono-matériaux (le bois non traité, les différents métaux, le plâtre, le bitume...), soit des matériaux composites, des produits associés à du plâtre (complexes d'isolations par exemple), des matériaux fibreux (attention au cas particulier de l'amiante), du verre traité, des matières plastiques. Les déchets d'emballage appartiennent à cette catégorie de déchets.
- ② Déchets dangereux (peintures, bois traités avec des oxydes de métaux lourds, amiante friable, hydrocarbures...) : les déchets dangereux sont des déchets qui contiennent des substances toxiques et nécessitent des traitements spécifiques lors de leur élimination. On y trouve par exemple le bois traité, les peintures, solvants et vernis, les produits chimiques de traitement (antioxydant, fongicides, abrasifs, détergents..) mais aussi l'amiante et les produits électrique/électronique du bâtiment.
- ② Emballages

2.2. Exemples des acteurs Français :

2.2.1. Exemples d'industriels:

- ② EUROVIA,
- ② LAFARGE
- ② YPREMA

2.2.2. Centres de compétences, associations et autres:

- ② CAPEB (Confédération des artisans et des petites entreprises du bâtiment),
- ② FFB (Fédération Française du Bâtiment),
- ② FNTP (Fédération Nationale des Travaux Publics),
- ② OFRIR (Observatoire Français du Recyclage dans les Infrastructures Routières),
- ② UNPG (Union Nationale des Producteurs de Granulats),

2.2.3. Institutionnels :

- ② ADEME

2.3. Technologies tri optique :

2.3.1. Technologie proche infrarouge :

La technologie proche infrarouge développée pour le tri matière consiste en une spectrométrie proche infrarouge tandis qu'une caméra haute résolution permet la détection des objets selon leur couleur.

Un second passage de la « fraction plâtre » permet ensuite de séparer les éléments valorisables (plaque et carreaux de plâtre) de ceux qui ne le sont pas (plâtre lié à de l'inerte) afin d'augmenter la pureté du flux sortant.

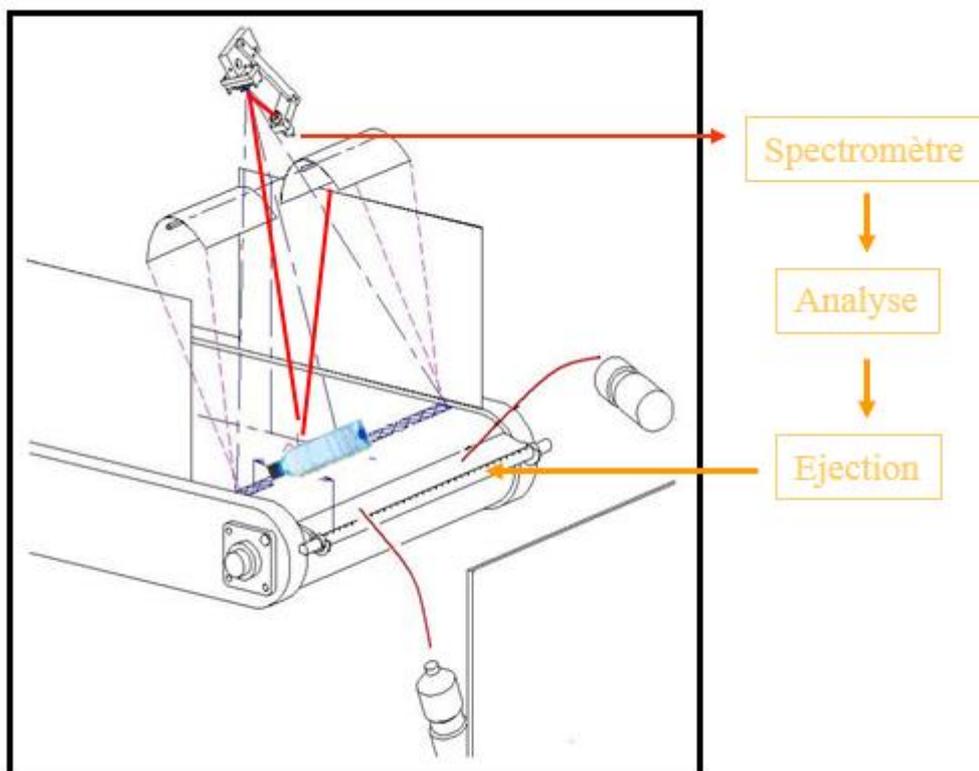
De plus, la gestion informatique offre la possibilité d'effectuer un tri séparé ou simultané de plusieurs couleurs selon les besoins identifiés.

Enfin, la technologie développée permet une très grande vitesse de mesure et ainsi une grande capacité de traitement.

A-Caractéristiques de la technologie:

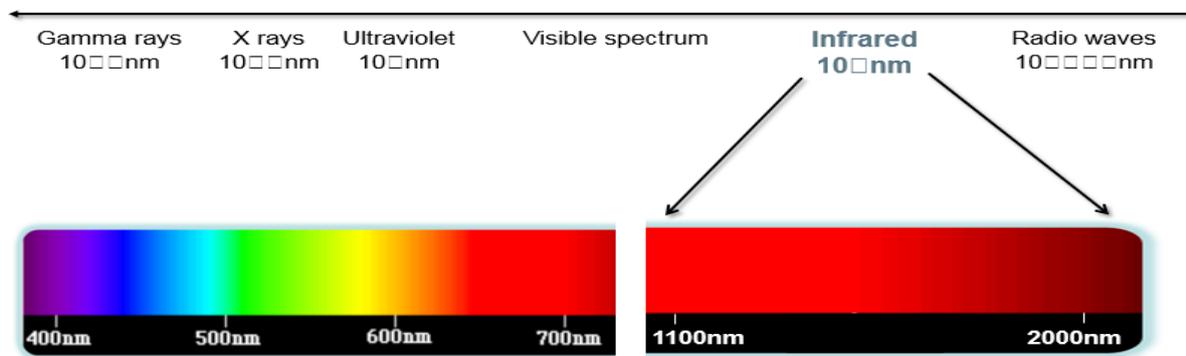
	Tri « Matières » Système proche infrarouge	Tri « Matières » système proche infrarouge HR	Tri « Couleurs » Système VISION
Résolution	1 cm ²	0,5 cm ²	1 mm ²
Taille minimum des objets	10*10mm	4*4mm	30mm
Taille maximum des objets éjectables	30*30mm	10*10mm	30mm

B-Principe :

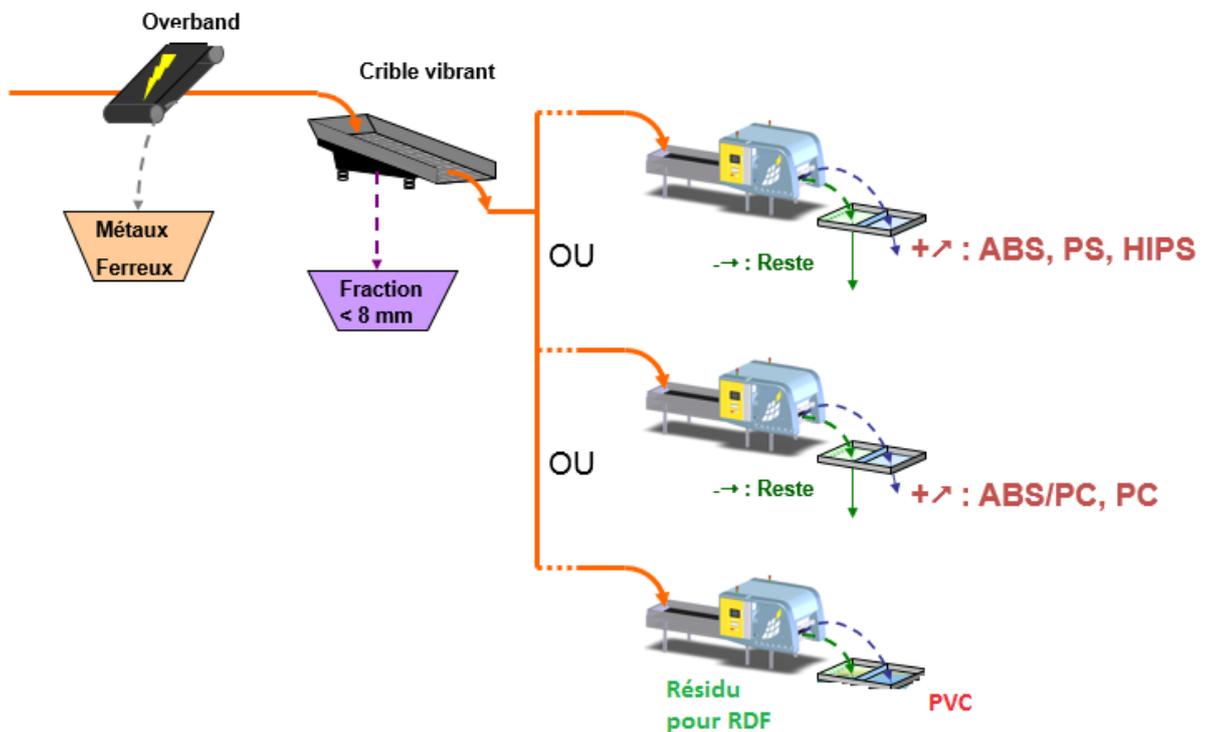


1. Les lampes halogènes éclairent l'objet
2. La lumière est réfléchiée par l'objet
3. Une tête optique scanne toute la lumière du tapis
4. La lumière est décomposée par un spectromètre
5. Un ordinateur analyse les informations Infrarouge du spectre
6. Les buses, commandées indépendamment, éjectent les objets
7. Les objets éjectés se retrouvent triés

LE SPECTRE INFRAROUGE



C-Processus industriels en « Proche infrarouge »:



2.3.2. Technologie RAYON X :

A-Principe de transmission:

- 🔍 Description technique
 - La machine analyse les rayons X transmis à travers un objet
 - Les objets absorbent les rayons X en fonction de leur épaisseur ou de leur densité atomique
- 🔍 Rayons X par transmission
 - S'affranchit de la condition monocouche
 - Seule technologie capable de détecter les charges sur des produits noirs

B-Limites :

- 🔍 Intensité de source trop faible :
Ne permettent pas de traverser les métaux
- 🔍 Mono-énergie peu adaptée au tri des déchets :
Confusion de signature entre les matériaux denses peu épais et les matériaux épais peu denses:
-une épaisseur de PVC = 5 épaisseurs de PET
-une épaisseur de cuivre = 3 épaisseurs d'Aluminium
- 🔍 Certains retardateurs de flamme non détectés:
Si taux de chlore ou brome trop bas

2.4. Les machines de tri optique :

2.4.1. Machine Mistral (Proche Infrarouge) :

- ② Machine de tri optique combinant les 2 technologies brevetées : Une spectroscopie dans l'infra rouge et l'autre dans le visible.
- ② Les 2 technologies travaillent sur le même pixel: Croisement des informations concernant la nature du matériau et sa couleur sur le même pixel. Un seul PC pour la mesure matière et couleur.



A-Application :

- ② Centres de tri
 - ✓ Tri couleur PET clairs/foncés ou cristal/ azurés/ foncés
 - ✓ Tri couleur PEHD blancs/naturels
- ② Unité de régénération
 - ✓ Tri couleur PET azurés/cristal
 - ✓ Tri couleur PEHD blancs/naturels
- ② DEEE
 - ✓ Cartes électroniques
- ② Toutes applications
 - ✓ Nécessitant un tri simultané matière et couleur

B-Atouts :

- ② Un gain de 5 à 10 points dans les performances
- ② Efficacité, Pureté jusqu'à 95% selon les applications:

Matière :

- Toutes les possibilités de Mistral SPIN en Infra-rouge
- Une plus grande finesse de détection
- Largeur d'analyse spectrale étendue

Couleur :

- Meilleure analyse des nuances de couleur
- Meilleure performance sur les objets sombres

2.4.2. Machine Melten :

Machine avec détecteur métal intégré :

- ✓ Machine capotée
- ✓ Armoire déportée



A-Application :

1. Valorisation

- Valorisation des métaux ferreux et non ferreux dans des flux de déchets (Emballages, DIB, OMR papier)
- Valorisation des métaux à dominance acier Inox dans les flux de métaux (RBA, véhicule hors d'usage, ferraille, DEEE, Câbles, Post broyage, et Mâchefers)

2. Épuration

- Épurer un flux de plastiques de ses métaux résiduels (régénération plastiques PET, PEHD, films PELD...)
- Épurer un flux de déchets de ses métaux résiduels (Compost/CSR/ ...)
- Nettoyer une fraction de métal incinéré pour faire une sous couche routière (Mâchefers)

B-Atouts :

1. Performances

- Identification précise de la particule métallique: bobines Ø 25mm
- Efficacité sur les objets mixtes avec inclusions métalliques (épuration)
- Détection des petits objets (fils Ø 1,5mm.)
- Pureté maîtrisée sur les petites fractions (5-15mm)
- au-delà de 95% constaté sur sites pour des débits allant de 7 à 20t/h (mélange à 15-50% de métaux à l'entrée)

2. Services machine

- Sensibilité de détection et puissance d'éjection réglables indépendamment
- Soufflage de pièces compris entre 2-3g/cm² et 4-6g/cm² selon l'espacement des buses
- Option pilotage PC avec télémaintenance et reporting de données

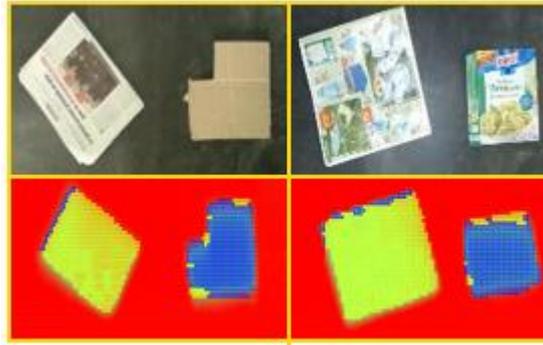
3. Conditions de fonctionnement

- Pas sensible à l'humidité
- Maintenance réduite au minimum

2.4.3. Machine Boréas :

Technologie moyen infrarouge brevetée :

- ✓ Caméra moyen infra rouge
- ✓ Analyse du grammage des fibres
- ✓ Séparation des cartons bruns, colorés, blancs
- ✓ Séparation des plastiques, ELA...
- ✓ Séparation des plastiques noirs



A-Application et atouts :

- ☉ Centres de Tri : séparation corps creux corps plats
 - ❑ Obtenir un flux de JRM
 - ❑ Isoler un flux majoritaire de cartons/cartonnettes (EMR)
- ☉ Papeteries: recyclage des JRM
 - ❑ Obtenir un flux de JRM
 - ❑ Pureté minimale 97%
- ☉ Performances : Jusqu'à 85%
 - ❑ Sur l'ensemble des cartons/cartonnettes (Bruns mais aussi, colorés, blancs et noirs)

2.4.4. Machine Xpert T (RAYON X) :



A-Application :

- ② Séparation de certains métaux entre eux:
Cuivre vs aluminium
- ② Éjection des contaminants dans un flux D3E:
Produits bromés / PVC / polymères chargés y compris noirs
- ② Éjection des métaux denses dans un flux de mâchefers:
Cuivre /Laiton/bronze/acier/inox/zinc/plomb...
- ② Éjection des inertes dans un flux d'organiques :
Verre / cailloux

B-Atouts :

- ② Énergie d'excitation élevée 160 kV
- ② Bien adapté pour différencier les métaux
- ② Finesse d'analyse jusqu'à 1mm
- ② Tri de petites granulométries
- ② Bi-énergie
- ② Insensible aux épaisseurs et orientations
- ② Détection de teneurs en Brome 5% voire 2 %

2.5. Améliorations possibles :

2.5.1. Le capteur métal :

Le capteur métal est situé en amont de la ligne de détection des autres matières et fonctionne indépendamment. Pour un tapis de 1200 mm, le capteur métal est formé de 8 éléments répartis comme l'indique le schéma ci-dessous. Chaque élément est constitué de 3 bobines.

- 1- Le capteur détecte le métal en mouvement à son arrivée sur un élément
- 2- Ces informations sont ensuite envoyées à l'unité de traitement qui commande les électrovannes correspondantes aux éléments du capteur métal.
- 3- Les électrovannes éjectent alors les objets qui se retrouvent dans le caisson de sortie.

2.5.2. Détection haute résolution :

Détection HR: > 3x3 mm :

- Élimination possible de petits objets (1,5 mm de large) grâce à des buses distantes de 12,5 mm
- Technologie « Proche Infrarouge » et Vision
- Séparation des Plastiques Techniques :
- ABS / ABS-PC / HIPS

2.5.3. Le tri des paillettes : Mistram FineSort

- ② Une avancée technologique
 - ✓ Excellence de la technologie brevetée Mistral SPIN
 - ✓ Une résolution 5 fois supérieure à la HR
 - ✓ Nouveau bond dans les performances (efficacité et pureté)
- ② Une conception optimisée
 - ✓ Tête de lecture à 920mm avec maintien des performances
 - ✓ Puissance de signal intacte malgré la finesse de détection

- ✓ Entretien de la machine facilité
- 🌀 Une maîtrise globale: de l'alimentation jusqu'au soufflage
 - ✓ Répartition optimisée par vibrant des produits
 - ✓ Présentation des produits sur convoyeur plan d'accélération
 - ✓ Distance détection / éjection ultra réduite
- 🌀 Un concept adapté à tous types de produits fins
- 🌀 Valoriser des matières
 - ✓ Valoriser les cartes Epoxy
 - ✓ Valoriser les plastiques techniques (PS, ABS, ABS-PC - HIPS majoritaires)
 - ✓ Valoriser les métaux résiduels (cuivre, alu... les plus chers sur le marché)
- 🌀 Épurer un flux
 - ✓ Épurer un flux de contaminants métalliques
 - ✓ Ex: carte électroniques dans un flux de non ferreux

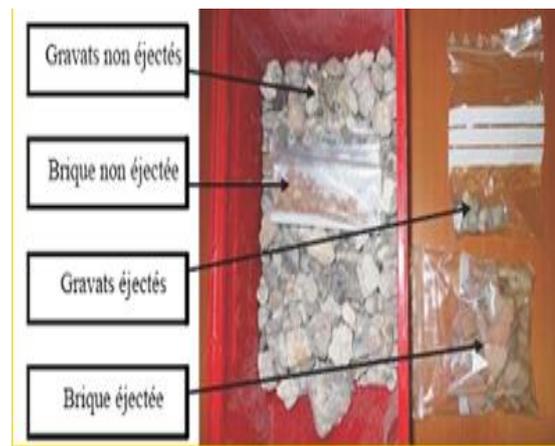
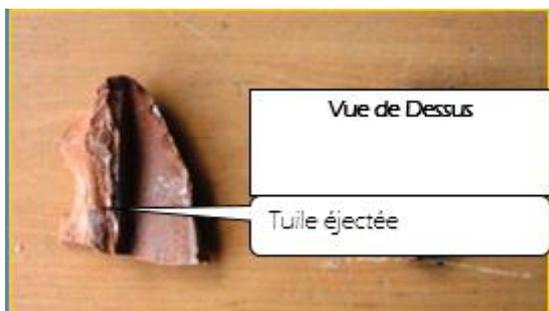


2.6. Finalités du tri :

2.6.1. Préparation d'un granulat coloré et tri des métaux/non ferreux entre eux :

A-Préparation d'un granulat de couleur :

- ✓ Extraire la brique d'un flux de gravats
- ✓ Permettre un débouché sur un marché à plus forte valeur ajoutée



Détection en VISON
90% d'efficacité en test

B-Récupération et Séparation des métaux non ferreux :

- 🌀 Extraire les métaux non ferreux résiduels:
 - ✓ Récupérer le ZURIK après les Courant de Foucault:

- ✓ Optimiser le RSI sur les lignes de métaux broyés
- 🔍 Extraire les cuivreux dans un flux type ZORBA:
- ✓ Envoyer les métaux non ferreux légers et denses dans les filières dédiées



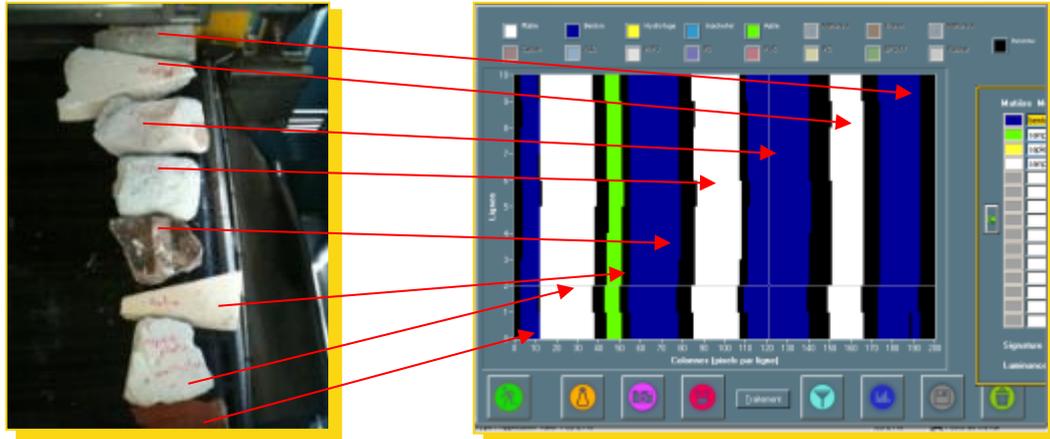
2.6.2. Filière bois :

- 🔍 Optimisation de l'extraction du bois :
 - ✓ Récupérer un flux de bois d'une fraction de déchets en mélange : Permettre la valorisation des fibres cellulosiques de manière optimale
- 🔍 Différencier le bois par classe:
 - ✓ Permettre la valorisation des bois dans la bonne filière: Panneaux de particules et chaudières à bois



2.6.3. Filières gravats :

- Nettoyer les flux de gravats du plâtre:
 - ✓ Permettre un débouché aux gravats



Détection en NIR

Blanc : plâtre
Vert : autre plâtre
Bleu : Contaminant

2.6.4. Élimination des non inertes :

- Optimiser la mise en classe III :
 - ✓ Obtenir un flux d'inertes pur à 95% (verre, inertes, céramiques, pierres)



2.7. Valorisation :

2.7.1. Valorisation matière :

- Valorisation des métaux (en mélange/ séparation des non ferreux)
- Valorisation du granulat (en mélange / par couleur)
- Valorisation des plastiques (durs et films)
- Valorisation des fibreux (papier, cartons)

2.7.2. Valorisation thermique :

- ☉ Produire un CSR en optimisant la valorisation énergétique des flux complexes à trier (Évacuer le PVC et contrôler le PCI) et ainsi produire :
 - ✓ Electricité
 - ✓ Chaleur

2.7.3. Valorisation biologique :

- ☉ Compost
- ☉ Methane

3. Séparation tri optique des déchets valorisables :

3.1. Rapport de test 1 :

3.1.1. Introduction :

Pour ce flux, il s'agit d'un tri matière et couleur, c'est-à-dire que nous éjecterons positivement (en un seul passage) les polluants tels que le bois et le plâtre (reconnaissance de la matière), et la brique rouge (reconnaissance de la couleur), grâce à notre machine Bi-Technologie 1G équipée d'un spectromètre SPIN NIR (proche infrarouge), d'une caméra et d'un barreau de buses HR.

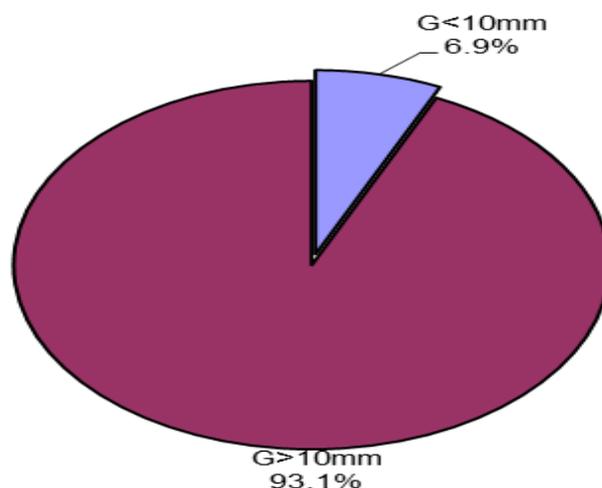
3.1.2. Caractéristique du flux utilisé

A-Répartition granulométrique

Comme le montrent les figures suivantes, le pourcentage du flux dont la granulométrie est inférieure à 10mm est de 6,9% et celui d'une granulométrie supérieure à 10mm est de 93,1%.

Tailles	G<10mm	G>10mm	Total
Poids (g)	3040	41260	44300
Répartition	6.9%	93.1%	100.0%

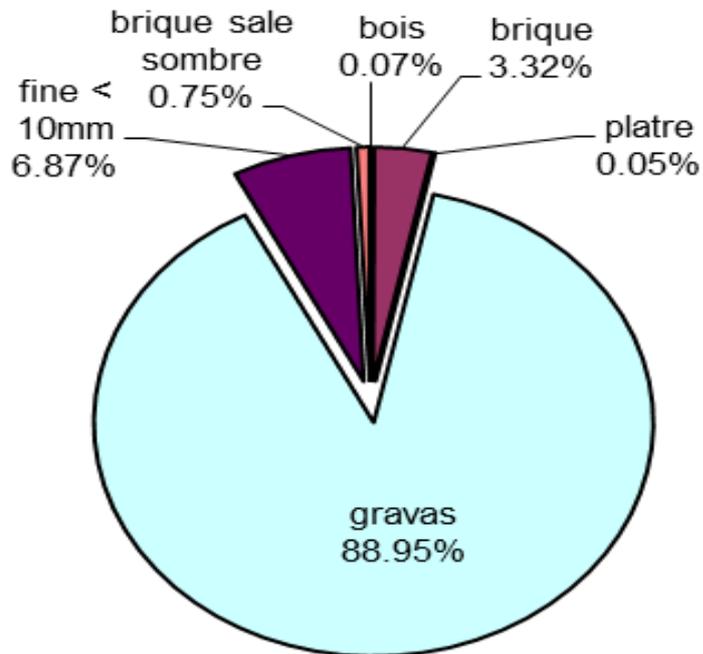
Répartition Granulométrique



B-Répartition du flux

Le flux est réparti selon les granulométries et selon les matières.
Les figures suivantes montrent le poids et le pourcentage des différentes matières du flux.

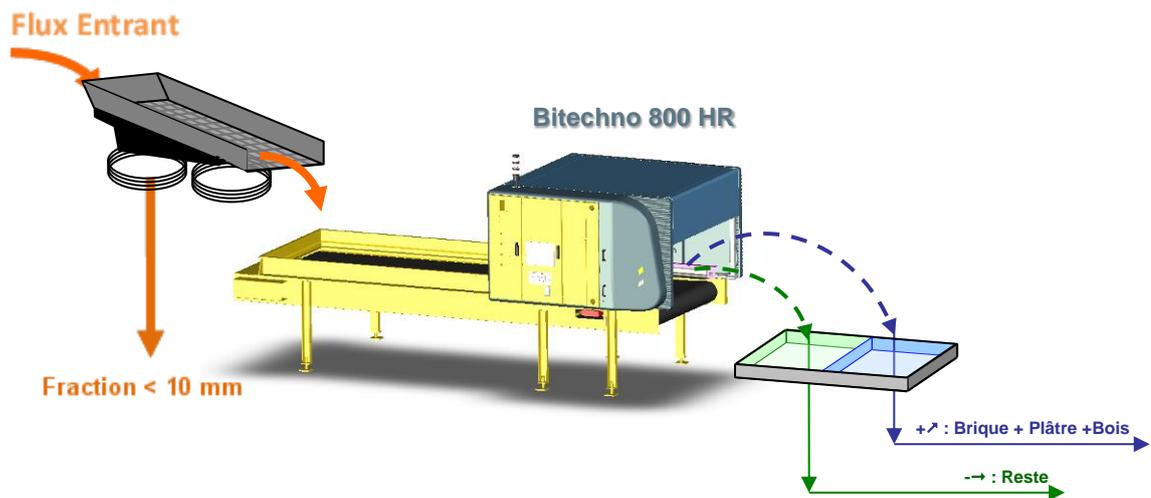
Matières	Poids (kg)	Répartition
Bois	0.03	0.1%
Brique	1.47	3.3%
Plâtre	0.02	0.0%
mixte plâtre	2.18	4.9%
Gravât	37.2	84.0%
fine < 10mm	3.04	6.9%
brique sale sombre	0.33	0.7%
Total	44.27	100.0%



C-Masse surfacique



3.1.3. Schéma général du tri



3.1.4. Performances de tri

Le tableau ci-dessous représente les performances de tris (couleur et matière) en mettant l'accent sur deux critères que sont la pureté et l'efficacité. Dans ce cas, nous avons précisé l'efficacité pour chacune des matières puis calculé une efficacité globale. Pour la fraction négative du tri (Bac 1), nous avons procédé à un échantillonnage, tandis que pour le bac 2 la fraction a été analysée en totalité.

	Brique	Plâtre	Bois	Gravats	Total	Pureté
Bac 2 positif (kg)	1.47	0.02	0.03	2.18	3.7	
Bac 1 Négatif (kg)	0.33	0	0	37.2	37.53	99.1%
Total	1.8	0.02	0.03	39.38	41.23	
Efficacité	81.7%	100.0%	100.0%			
Efficacité Globale	82.2%					
Pertes Gravats				5.5 %		

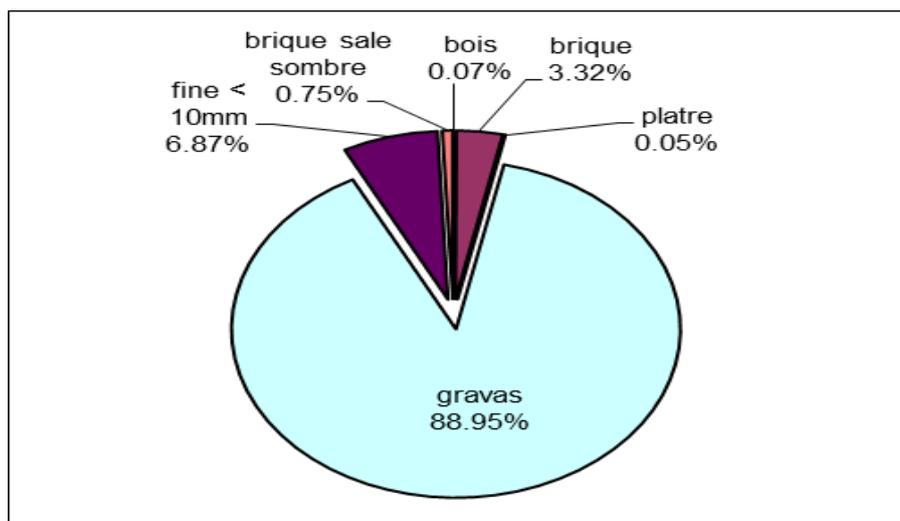


3.1.5. Conclusion

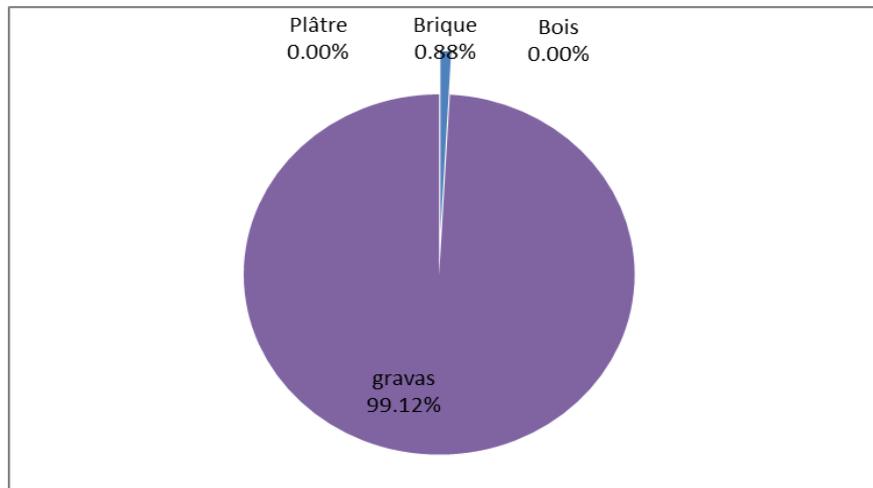
On peut considérer qu'avec une efficacité moyenne supérieure à 80 %, l'épuration du flux de gravats par soufflage des morceaux de brique, plâtre et bois (fibreux) donne un bon résultat en unité de test. Les deux graphiques ci-dessous précisent le taux de pollution avant et après le tri.

La partie fine du flux (inférieur à 10mm) a été retirée par le tamis de la table vibrante, ce qui ne nous permet pas de confirmer ce taux de pollution sur l'intégralité du flux.

Composition du flux d'entrée (avant)



Composition du flux de sortie (après)
Fraction négative (non soufflé)



Limite de détection et réserve :

- Il y a une présence de mixte plâtre/gravats retrouvé en fraction positive car vu comme plâtre (non différentiable par spectrométrie).
- Les quelques morceaux de brique retrouvés dans la fraction négative (non soufflé) sont sales et sombres (entouré de terre humide notamment). Ils sont donc trop proches de la couleur du tapis pour être détectés, reconnus et soufflés.
- À noter que le flux est humide, et que le flux était très peu polluer en bois et plâtre « pur ». Ce qui gonfle artificiellement les valeurs d'efficacité jusqu'à 100%.

Efficacité Couleur (Brique)	>75%
Efficacité Matière (Plâtre et Bois)	>90%
Débit sur une machine de 1200 mm large, taux de remplissage à 15%	20 T/h

3.2. Rapport de test 2 :

3.2.1. Introduction :

Les matériaux à trier sont des déchets de démolition, ces matériaux se composent de :

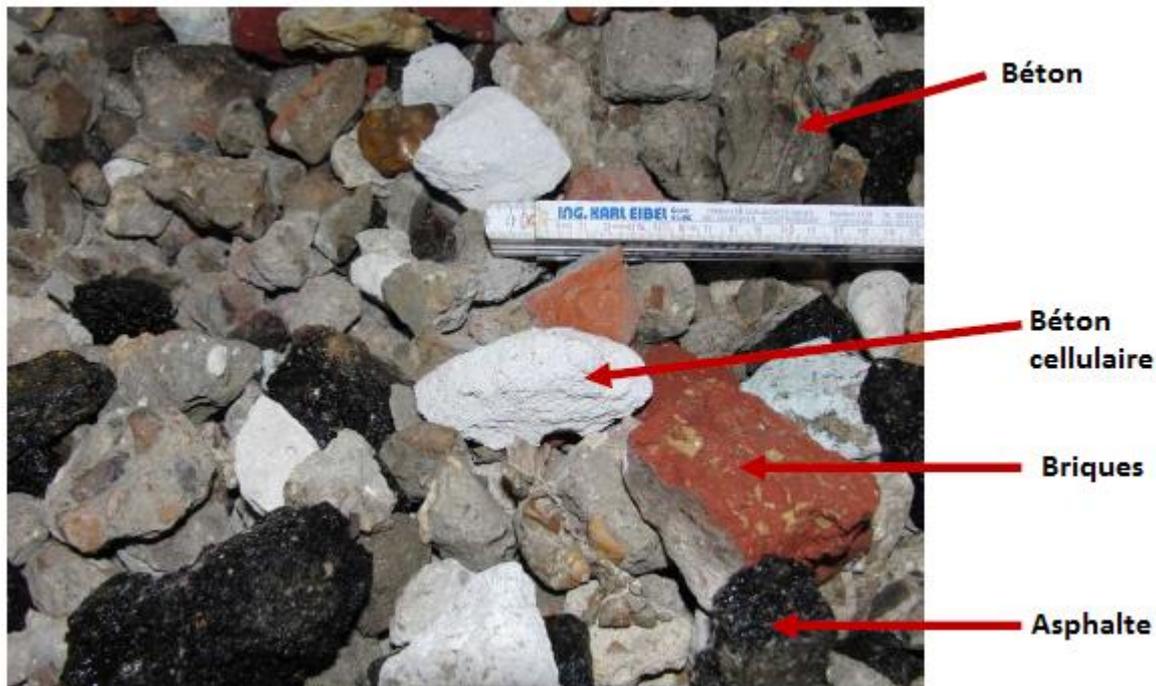
- ② Béton gris
- ② Brique rouge
- ② Asphalte noir
- ② Béton cellulaire blanc

Pour une valorisation en béton, les briques, les asphaltes et les bétons cellulaires doivent être enlevés.

Les matériaux sont séparés en 2 fractions.

3.2.2. Procédure des essais :

Fraction 1 : 20-80mm





La fraction 20-80mm est triée en utilisant un trieur PRO COLOR tertiaire avec deux caméras pour détecter les pierres des deux côtés.

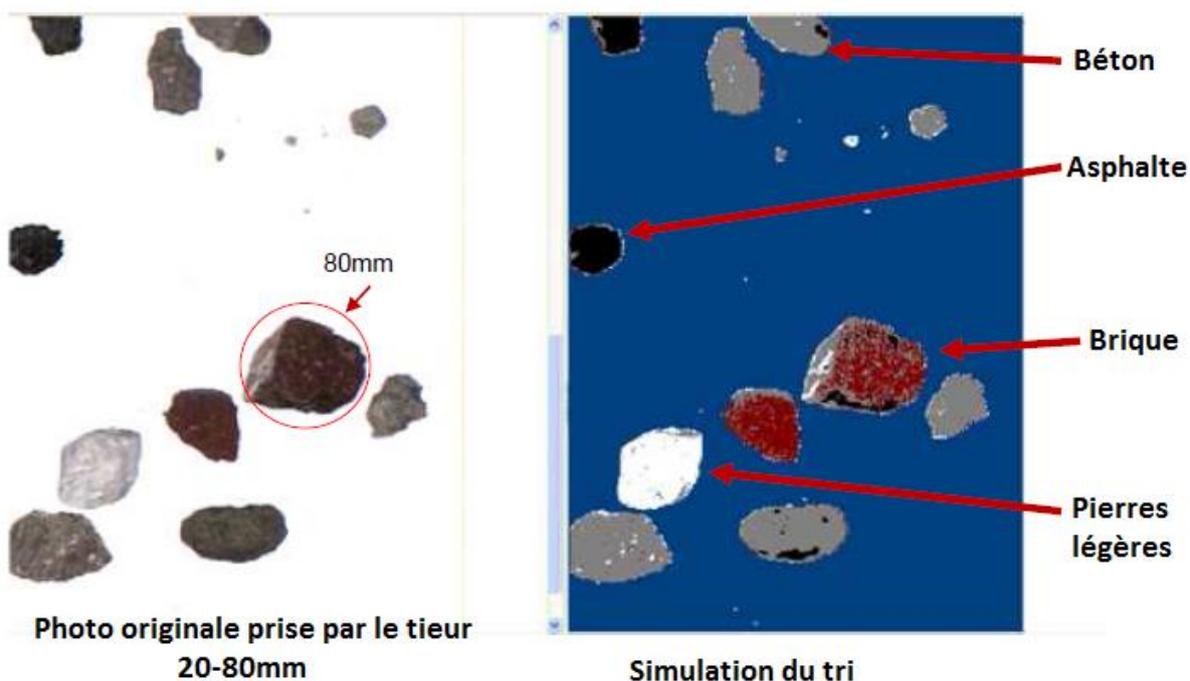
Fraction 2 : 6-20mm





La fraction 6-20mm est triée en utilisant une « Combisense chute ».
Cette dernière est équipée d'une caméra et d'un système de soupape à grande vitesse, qui peut éjecter jusqu'à 5000 pièces par seconde.

Des photos des matériaux ont été prises et analysées.
Les classes de couleurs et les paramètres de tri sont évalués et une éventuelle procédure de tri est simulée.



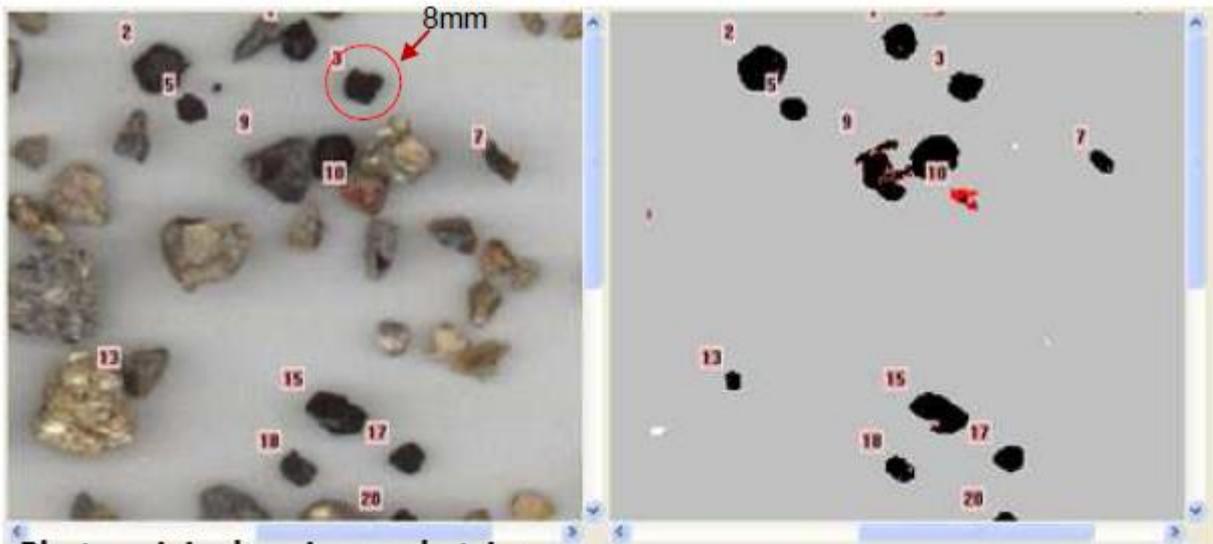


Photo originale prise par le trieur
6-20mm

Simulation du tri

3.2.3. Tests de tri :

Test 1 : 20-80mm

Béton accepté



Brique, asphaltes et
béton cellulaire rejetés



Flux entrant	Béton accepté		Brique, asphaltes et béton cellulaire rejetés	
530 kg	360 kg	77,9%	170 kg	32,1%

Le test est effectué avec une capacité d'alimentation de 75 t / h.

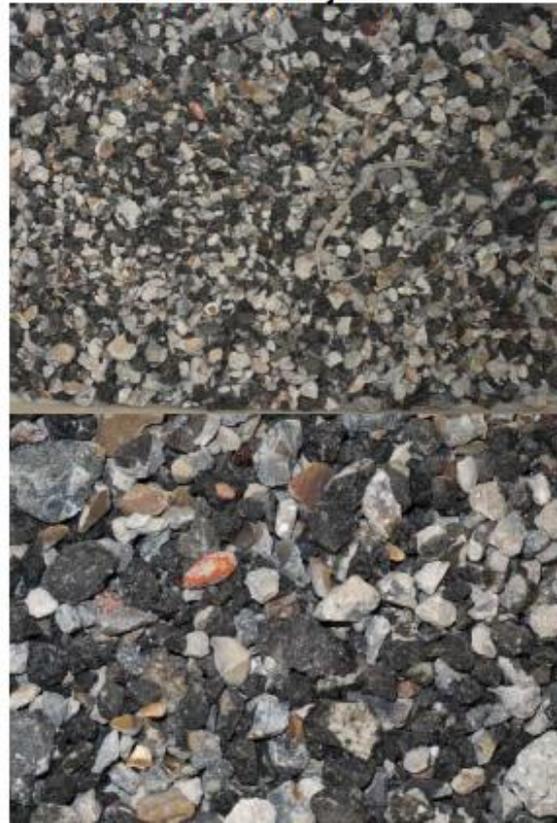
Le matériau est humidifié pour augmenter le contraste de couleur entre les différents matériaux.

Test 2 : 6-20mm

Béton accepté



Brique, asphalte et
béton cellulaire rejetés



Flux entrant	Béton accepté		Brique, asphalts et béton cellulaire rejetés	
630 kg	415 kg	77,9%	215 kg	32,1%

Le test est effectué avec une capacité d'alimentation de 12t / h.
Le matériau doit être totalement sec, pour obtenir ces résultats.

Conclusion :

- Les technologies développées permettent une très grande vitesse de mesure et ainsi une grande capacité de traitement.
- Les essais ont montré clairement la capacité de tri de la matière.
- Les fractions ont été triées avec un rendement élevé.

Bibliographie:

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Dechets-du-batiment,19574.html>

<http://www.paprec.com/sites/default/files/cp-paprec-raboni-dechet-btp.pdf>

<http://www.planetoscope.com/recyclage-dechets/1428-production-de-dechets-par-l-industrie-du-btp-et-du-batiment-en-france.html>

<http://archives.entreprises.gouv.fr/2012/www.industrie.gouv.fr/base-tde/fiche3234.html?id=90>

<http://recovering.fr/index.php?id=13>

Rapport de test Technologie 1

Rapport de test Technologie 2

Annexe technique : Réglages machine

Paramètre de la ligne de tri : (technologie 1)

Logiciel Mistral :	Version 13.2.2
Logiciel Sirocco :	Version 13.3.1
Logiciel des cartes Buses :	2.6
Durée de soufflage :	20 ms
Type de spectromètre :	SPIN Emballage
Tension céramique max :	4 Volts (halogènes deux fois 750 W)

Type de la Machine :	Bitechno 800 HR
Échantillon :	C&D
Poids du flux reçu :	40 kg
Débit de la ligne :	11 t/h
Vitesse du tapis :	2.5 m/s
Type d'éjection :	BB
Pression d'éjection :	6 Bars
Système d'alimentation :	Vibrant
Caisson d'éjection :	Standard
Convoyeur :	Standard
Option métal :	Non
Couleur tapis :	Noir