



**HAL**  
open science

## Identification de matériaux sur site par LIBS portable et chimie pour le recyclage et la valorisation de déchets

A. Dehayem-Massop, E. Vors, S. Robino, L. Pontreau, G. Gallou, Jb. Sirven

### ► To cite this version:

A. Dehayem-Massop, E. Vors, S. Robino, L. Pontreau, G. Gallou, et al.. Identification de matériaux sur site par LIBS portable et chimie pour le recyclage et la valorisation de déchets. CHIMIE-TRIE XVII, Jan 2016, Namur, Belgique. 43, pp.939 - 948, 2016. hal-02416337

**HAL Id: hal-02416337**

**<https://hal.science/hal-02416337>**

Submitted on 24 Mar 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Identification de matériaux sur site par LIBS portable et chimométrie pour le recyclage et la valorisation de déchets

Onsite identification of materials by portable LIBS and chemometrics for waste recycling and reuse



A. Dehayem-Massop<sup>1</sup>, E. Vors<sup>2</sup>, S. Robino<sup>3</sup>, L. Pontreau<sup>3</sup>, G. Gallou<sup>3</sup>, J.-B. Sirven<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, University of Nairobi, Kenya. <sup>2</sup> CEA, DEN, DANS, DPC, SEARS, LANIE, F-91191 Gif-sur-Yvette, France. <sup>3</sup> IVEA Solution, Bâtiment 503, Centre Scientifique d'Orsay, 91400 Orsay, France

[jean-baptiste.sirven@cea.fr](mailto:jean-baptiste.sirven@cea.fr)

## CONTEXTE ET OBJECTIF

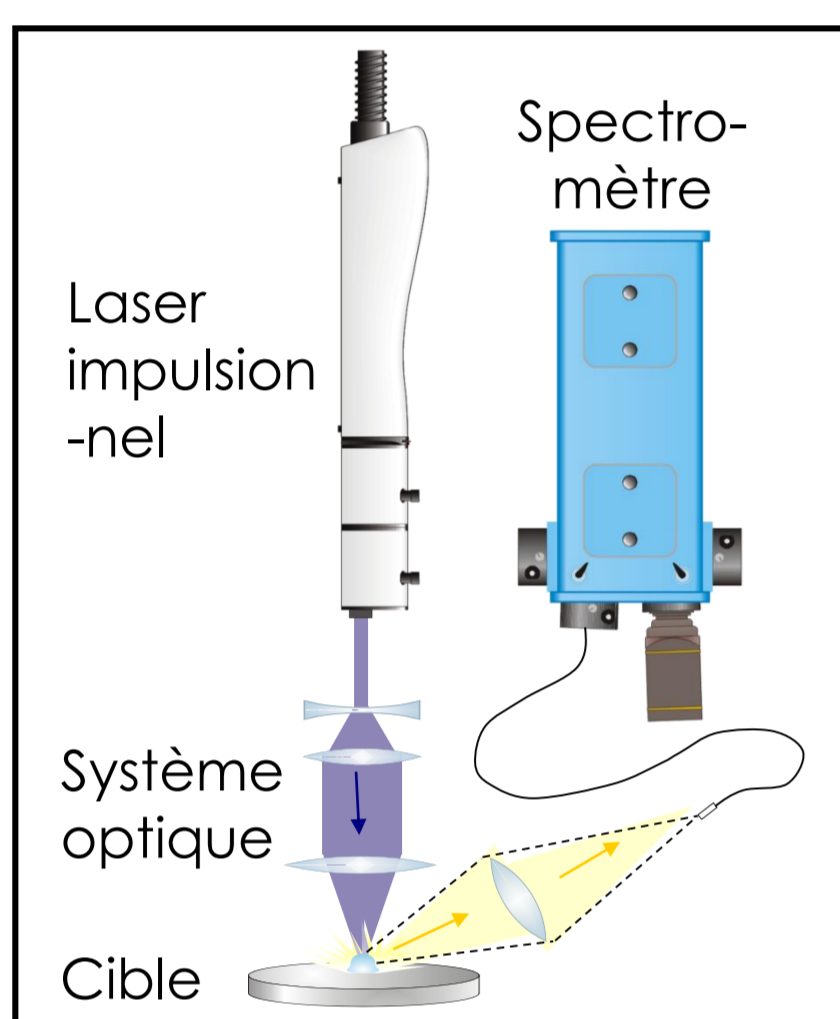
Le traitement des déchets issus d'installations industrielles impliquent des opérations de **tri des matériaux** permettant de recycler ou de valoriser une partie des matières. Pour cela, leur identification précise est essentielle afin de permettre l'application des normes liées à la gestion des déchets. Un tel tri sélectif peut être réalisé sur la base d'analyses chimiques permettant de déterminer la composition des matériaux et de les orienter vers les filières de traitement adaptées (métaux, ciment, béton, alliages, polymères...). Ces analyses peuvent être réalisées par des automates ou bien par des opérateurs. Dans ce cas, et compte tenu du flux d'échantillons à analyser, les techniques de mesure rapides et portables sont privilégiées.

La **spectroscopie de plasma produit par ablation laser (LIBS – laser-induced breakdown spectroscopy)** est une technique d'analyse multi-élémentaire, rapide, et directe. Elle est ainsi très bien adaptée à l'analyse de matériaux sur site, notamment par des instruments portables actuellement en fort développement, en particulier dans le domaine du tri.

Ce projet, centré sur le système portable EasyLibs™ commercialisé par la société Ivea Solution, a pour objectif de réaliser un **module logiciel d'identification des matériaux** pour le tri sélectif de déchets, la récupération de matières valorisables telles que les métaux précieux ou stratégiques, la réhabilitation de sites pollués, ou encore le démantèlement et l'assainissement d'installations nucléaires.

## ACQUISITION DES DONNEES

### Principe de la LIBS



### Base d'échantillons

4 grandes classes d'intérêt pour le projet : **alliages, verres, plastiques, bétons**

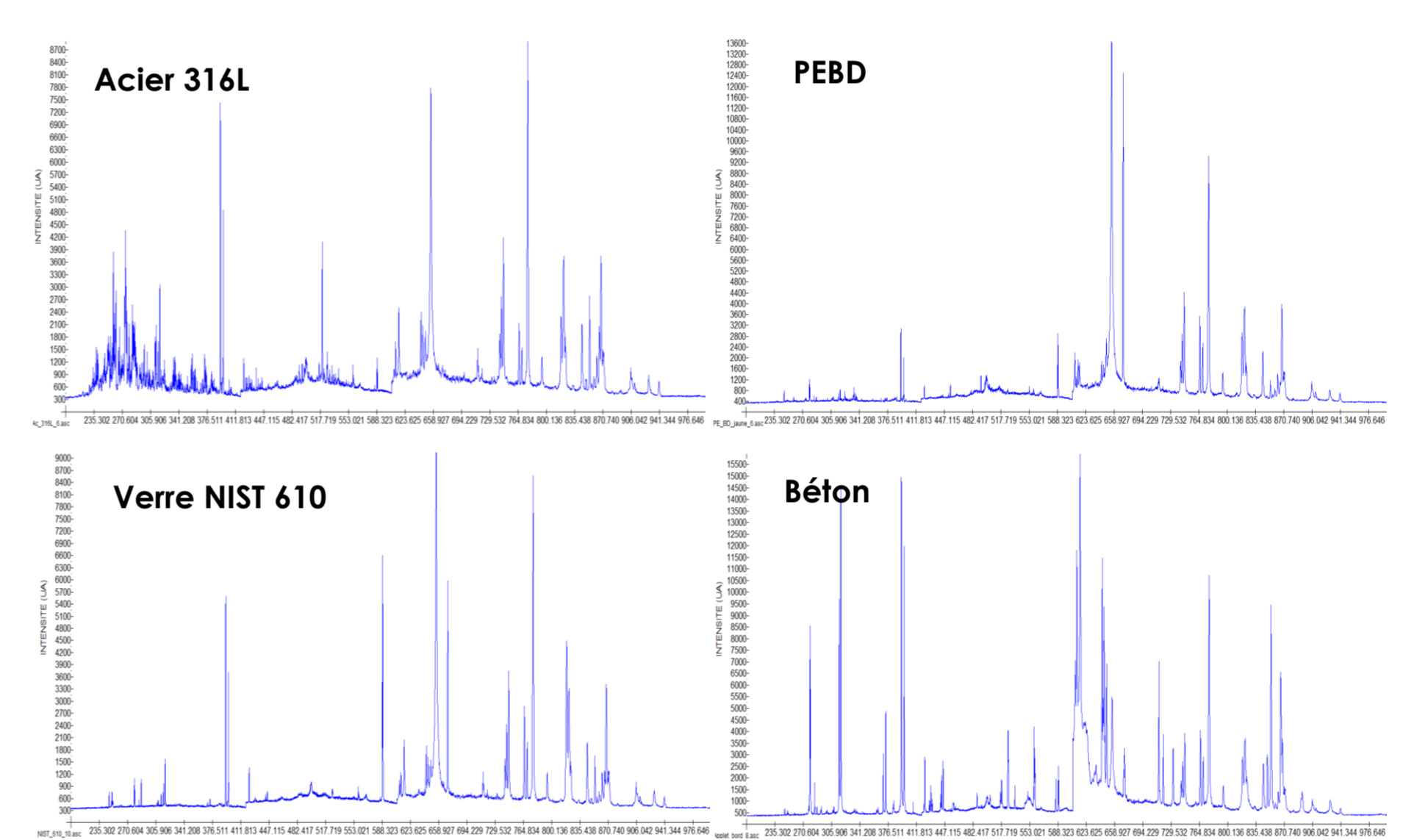
- 254 échantillons dont :
- 126 alliages (50 %)
  - 43 verres (17 %)
  - 65 plastiques (26 %)
  - 5 bétons (2 %)
  - + quelques autres (5 %)

### Équipement et mesures

Système LIBS portable EasyLibs™ (Ivea Solution)  
1064 nm, 1 tir/spectre  
Mode double impulsion utilisé pour les plastiques  
10 spectres/échantillon



### Exemples de spectres obtenus



## Démarche

1. Définition de **niveaux de classification hiérarchique** (jusqu'à 4 niveaux successifs).

Ex. : *Alliage (Niveau 1) > Acier (Niveau 2) > Inox (Niveau 3) > 316L (Niveau 4)*.

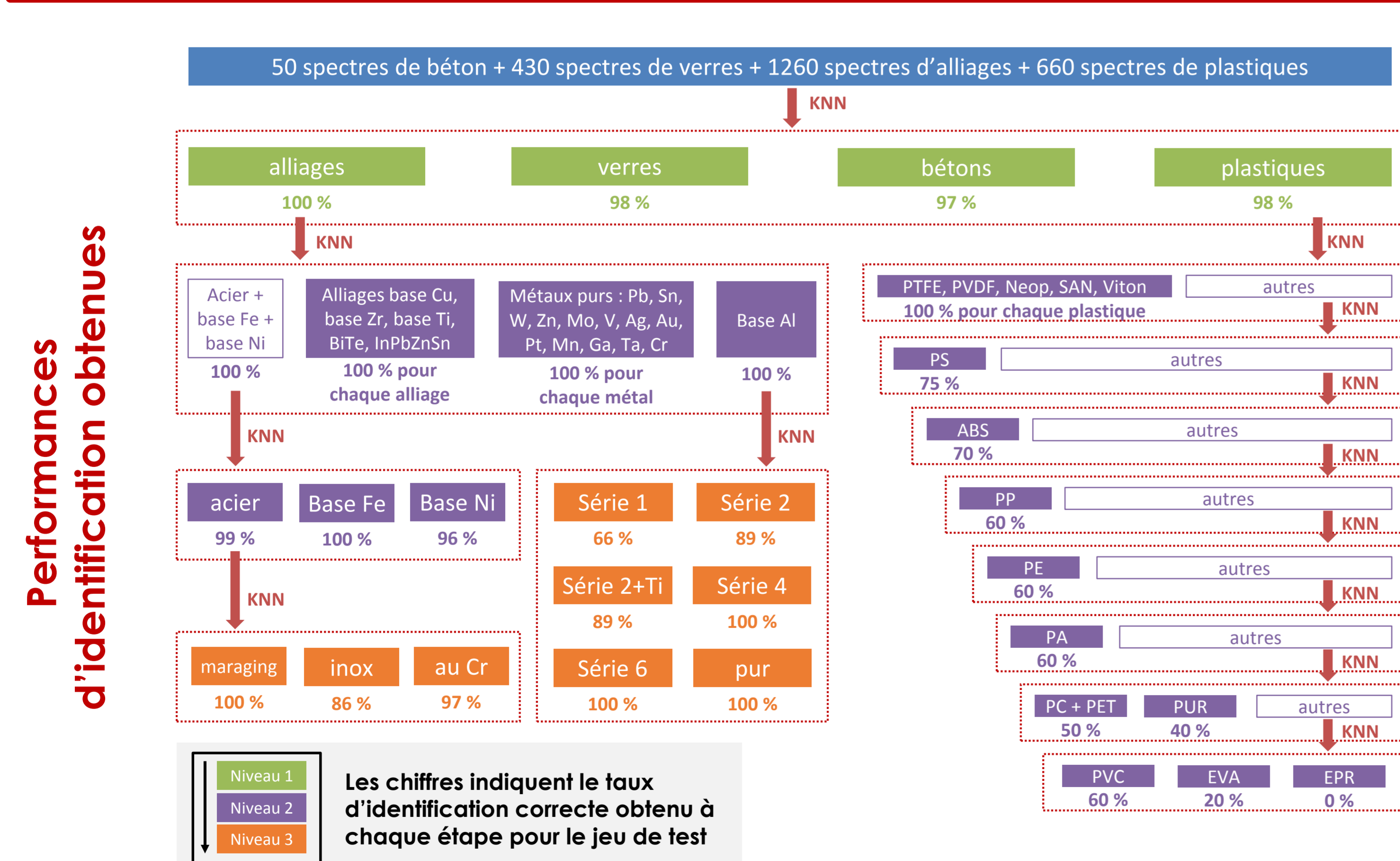
2. Analyse du REX industriel pour définir la **finesse d'identification à atteindre** pour répondre aux besoins de tri :

- Niveau 1 pour les bétons et les verres,
- Niveau 2 pour les plastiques,
- Niveau 3 minimum pour les alliages, idéalement 4 pour les aciers et les alliages d'aluminium.

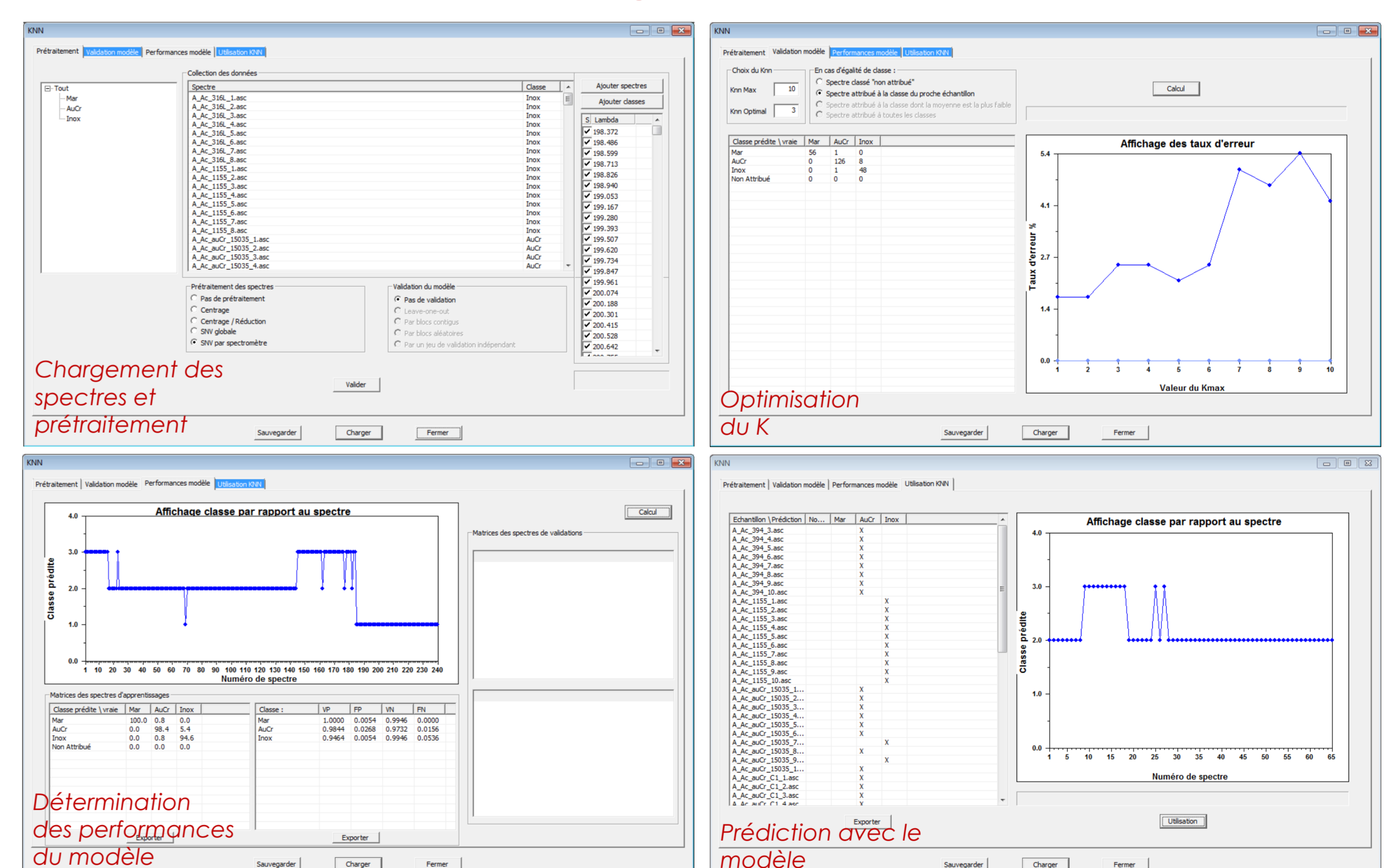
3. **Traitement des données :**

- 70 à 80 % des spectres utilisés pour l'apprentissage, 20 à 30 % pour le test.
- Prétraitement : **SNV spectromètre par spectromètre** (UV 200-400 nm / VIS 400-600 nm / NIR 600-1000 nm)
- Modèles prédictifs successifs par la méthode des **K plus proches voisins** sur les scores d'une analyse en composantes principales.
- Selon le modèle,  $N_{\text{composantes}} = 5 \text{ à } 15$  et  $K = 3 \text{ à } 7$ .
- Validation croisée par la méthode Venetian Blind.

## RÉSULTATS



## Interface logiciel développée



## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

À l'issue du développement de la méthodologie de classification, nous avons obtenu de **très bonnes performances pour les bétons, verres et alliages au niveau d'identification visé** (> 86 % sauf pour un type d'aluminium). Ce développement a conduit à la conception d'un module d'identification hiérarchique rapide de matériaux par LIBS et K plus proches voisins, **module désormais intégré au logiciel du système EasyLibs™**.

Les limites de l'étude sont essentiellement la représentativité de la base de données, décroissante à mesure que la finesse d'identification augmente, la reproductibilité non encore testée, et les médiocres performances obtenues sur les plastiques, a priori pour des raisons de couplage entre le rayonnement laser à 1064 nm et ce type de matériaux. Ces différents points constituent les principales pistes de progrès de ce travail.

**Nous remercions le conseil départemental de l'Essonne (programme ASTRE 2013) pour le soutien financier à ce projet.**

[1] Miziolek A. W. et al., "Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS). Fundamentals and applications". Cambridge University Press, Cambridge, 2006.

[2] Zhang T.-L. et al., "Progress of Chemometrics in Laser-induced Breakdown Spectroscopy Analysis". Chinese Journal of Analytical Chemistry 43(6): 939-948, 2015.