

**KU LEUVEN**

SOLVOMET GROUP



# Presentation KU Leuven SOLVOMET Group:

*Laboratory of Metallurgical Chemistry & Industrial Service Centre*

February 2021

# SOLVOMET Group

## Laboratory of Metallurgical Chemistry



### SOLVOMET Group Mission

The dual mission of the SOLVOMET Group is (1) to perform excellent research in metallurgical chemistry and to educate and train young researchers in this domain and (2) to support its (industrial and RTD) partners in the conceptual and practical development of more sustainable solvometallurgical (and hydrometallurgical) separation processes and new mining chemicals, which are subsequently tested using state-of-the-art lab-scale and mini-pilot-scale experimental facilities.



### SOLVOMET Group Vision

The vision of the SOLVOMET Group is that chemistry can help to provide in a sustainable way the metals needed by future generations.

In this sense, the SOLVOMET Group takes advantage of the unique properties of organic molecules for developing more efficient and eco-friendly solvo-metallurgical and hydrometallurgical processes.

**KU LEUVEN**

SOLVOMET GROUP

# Background info on Prof. Koen Binnemans



- **Full professor** at the Department of Chemistry, specialised in solvometallurgy and hydrometallurgy
- Core expertise in **critical metals and solvent extraction (SX)**
- Author of more than 500 papers, **H-index = 74**, > 25,000 citations
- **ERC Advanced Grant holder** (SOLCRIMET: Solvometallurgy for critical metals)
- **ERC Proof of Concept holder** (SOLVOLI: Solvometallurgy for battery-grade refining of lithium)
- Co-founder **SOLVOMET Industrial Service Centre** for Solvometallurgy
- Steercom Member of KU Leuven Institute for Sustainable Metals and Minerals (**SIM<sup>2</sup> KU Leuven**)
- Was a Steercom Member of the European Rare Earth Competency Network (**ERECON**)
- Elected member of the **Royal Flemish Academy of Belgium for Science and the Arts (KVAB)**



# SOLVOMET Group Mission

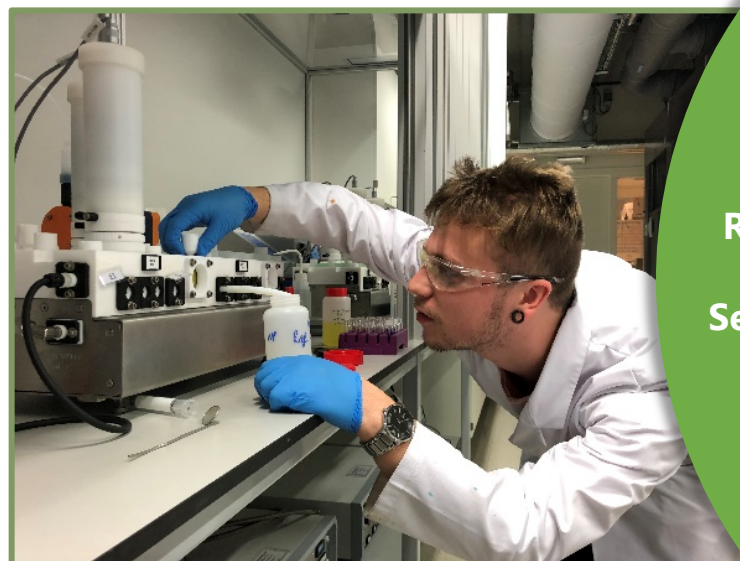
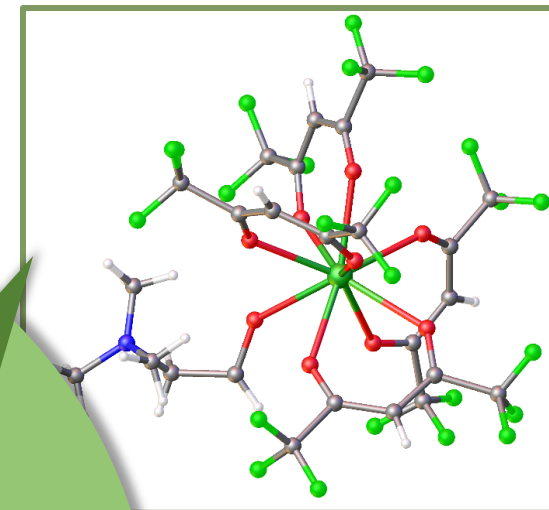
## Curiosity-driven fundamental and strategic basic research

- Design (*in-silico*) and synthesis of new extractants
- Coordination chemistry of extractants and speciation studies
- Extraction behaviour of extractants and extraction mechanisms
- Modeling of SX equilibria

## Problem-driven applied and competitive research

- Development of solvometallurgical and hydrometallurgical processes
- Modeling of solvometallurgical and hydrometallurgical processes
- Solvent formulation for SX processes
- Validation of separation processes on mini-pilot scale

# SOLVOMET Group Research domains



Metal  
Recovery  
and  
Separation

**SX**

Speciation  
&  
(thermo-  
dynamic)  
Modeling

Extractant Design  
and Solvent  
Formulation



**KU LEUVEN**

SOLVOMET GROUP

# SOLVOMET Industrial Service Centre:

## Flagship services offered (general overview)



### 1. Recovery of metals from ores, solid industrial process residues and urban waste

- ✓ Leaching at lab scale in batch reactors (up to 5 L), mortar grinder or in columns
- ✓ High-pressure leaching in autoclave reactor

### 2. Removal of metals from liquid organic process streams

- ✓ After leaching, metal ions are recovered from pregnant leach solutions by (non-)aqueous SX (see next section), (non-) aqueous ion exchange (IX) or precipitation

### 3. Solvent extraction processes (SX)

- ✓ SX processes studied from chemical point of view: mechanistic studies and kinetic studies + long-term stability studies of extractants and diluents
- ✓ SX tests in lab-scale mixer-settler batteries, batch extractors, pulsed columns or in series of separatory funnels

### 4. Analytical services

- ✓ QXRD, WDXRF, TXRF, Raman, ICP-OES, ICP-MS, NMR, UV-VIS...

# SOLVOMET Industrial Service Centre:

## Mini-pilot plant facilities for (solvo)leaching

### High pressure reactor

- Effective capacity of 800 mL
- Made from stainless steel with PTFE liner
- Max. pressure = 200 bar
- Max. T = 230 °C with PTFE liner (and 300 °C without)



### Multiple reactor system

- 6 reactors ( $V_{\max} = 40$  mL) with internal stirring
- Individual T & p control
- Max. p = 200 bar
- Max. T = 300 °C, heating rates up to 15 °C/min

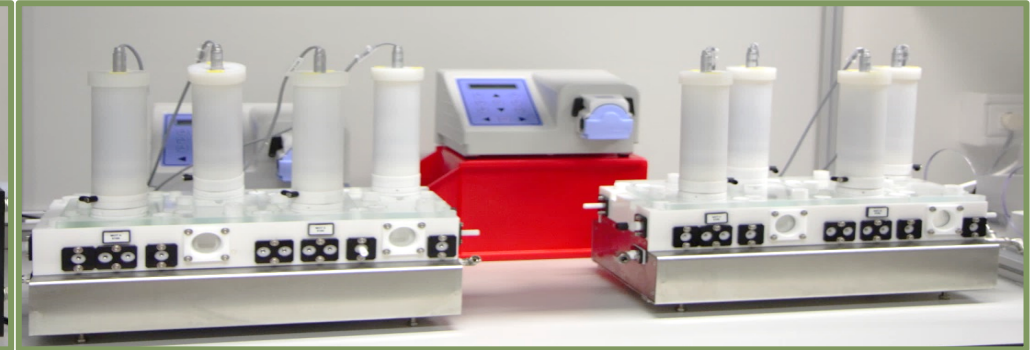


### Batch leaching reactors

- Two jacketed reactors (1 & 5 L)
- pH and T control
- Digital overhead stirrer
- Filtration system included



# SOLVOMET Industrial Service Centre: Mini-pilot facilities for continuous, countercurrent Solvent Extraction (SX) - Mixer-settlers



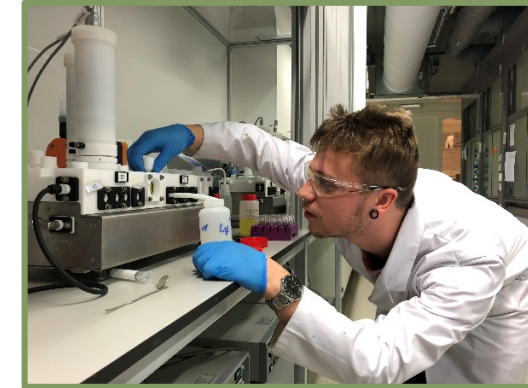
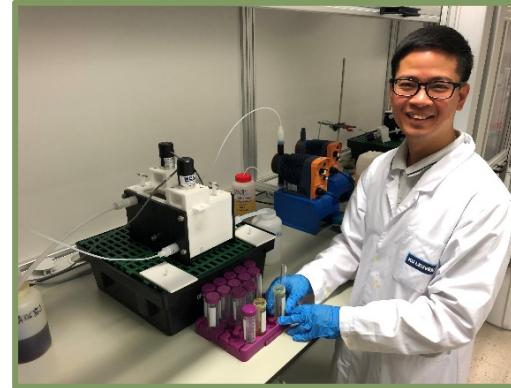
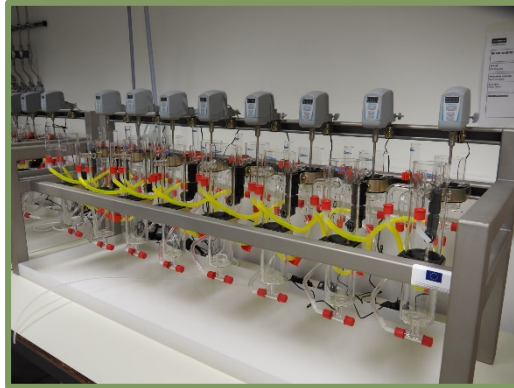
3 SX mixer-settler set-ups



# SOLVOMET Industrial Service Centre: Mini-pilot facilities for continuous, countercurrent Solvent Extraction (SX) - Mixer-settlers






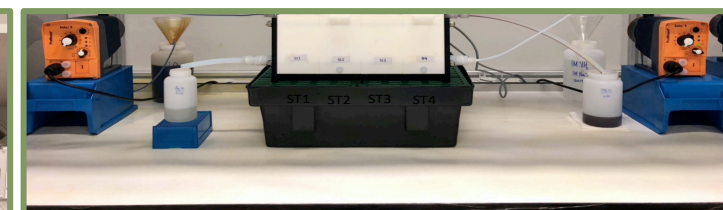
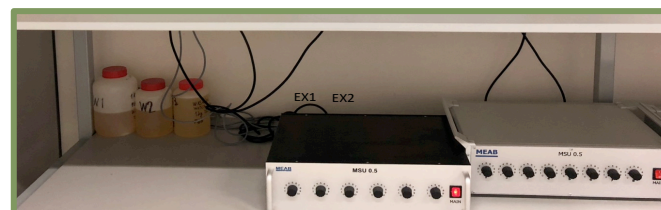
Characteristics	SX Kinetics	MEAB	Rousselet Robatel
Temperature	Only room temperature	Only room temperature	Heatable (water or oil)
Operability	Robust, easy to operate. Easy to assemble.	Robust, easy to operate.	Robust. Easy to assemble. The operation requires more attention. Mainly for research.
Visibility	Transparent	Opaque	Opaque but with a window in the settling chamber
Capacity	Mixer: 0.270 L, Settler: 1.050 L	Mixer: 0.12 L, Settler: 0.48 L	Mixer 0.035 L, Settler 0.143 L
Flows (depends on settling velocity)	Max flow: 10 L/h*	Max flow: 10 L/h	Max flow: 2-4 L/h



# SOLVOMET Industrial Service Centre: Mini-pilot facilities for continuous, countercurrent Solvent Extraction (SX) - Mixer-settlers



	Process	Equipment	Collaboration
PLATIRUS project	Pt, Pd and Rh recovery from spent autocatalysts	MEAB MS	 
Bilateral project with industry	Cu recovery from high-grade Chrysocolla	1 L Hitec Zang leaching reactor and Rousselet MS	
Fundamental research	Li and Mg separation using binary extractants	Rousselet MS	
	Nd and Dy separation using ionic liquids	MEAB MS	
	Fe, Pb and Zn separation from DES	Rousselet MS	
	Y and Eu separation using non-aqueous solvent extraction	Rousselet MS	

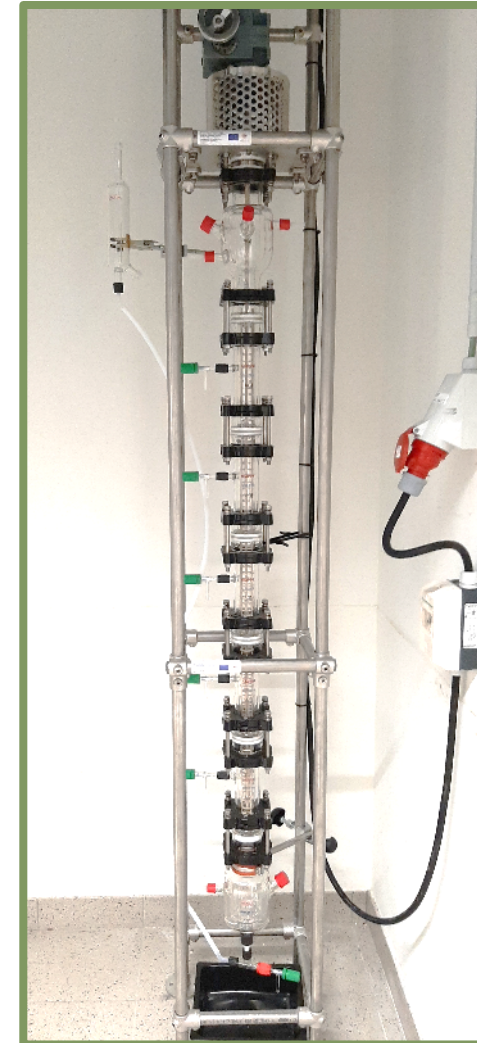


# SOLVOMET Industrial Service Centre: Mini-pilot facilities for continuous, countercurrent SX – (Agitated column SX)

## Kühni-type agitated column

For processes with low mass transfer, average residence time and high number of stages.

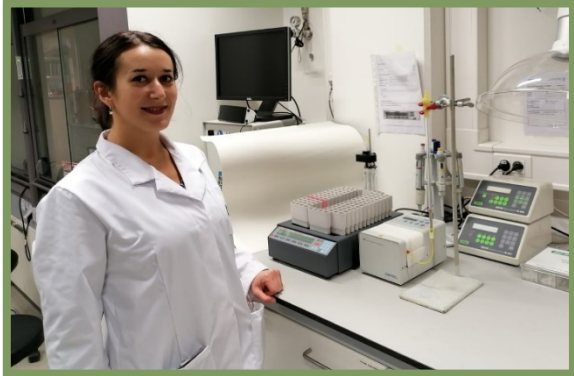
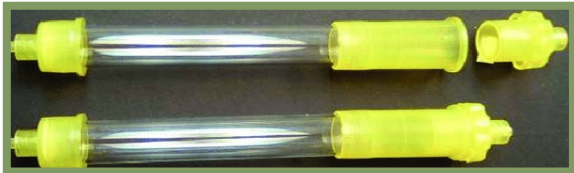
- Jacketed column made from glass with internals made from PEEK
- Max active volume: 0.9 L
- Active height: 1.2 m
- Total Flow: 5-25 L/h (both phases)



# SOLVOMET Industrial Service Centre: Lab facilities for Ion exchange work (lab-scale column IX set-up)

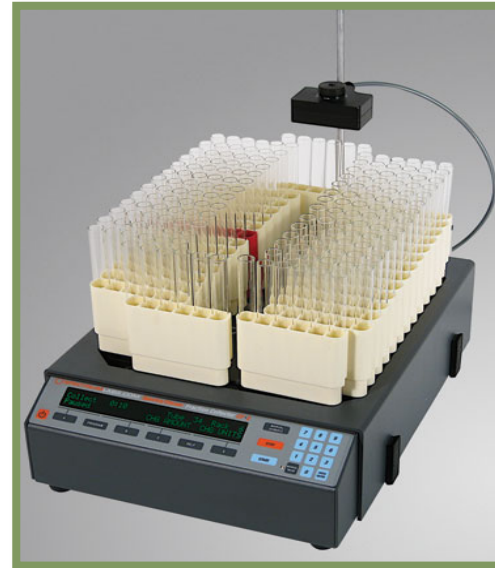
## Econo-chromatography columns

- Low-pressure (<1 bar) or gravity flow separations
- Used in various dimensions (*e.g.* 0.7 x 30 cm)



## CF-2 Fraction collector

- Equipped with drop sensor
- Capacity of 174 tubes
- Coupled with a peristaltic



## Ismatec IPC Peristaltic pump

- High-precision 8-channel dispenser
- Flow rates 0.002 – 44 ml/min



# SOLVOMET Industrial Service Centre: Key analytical facilities & services

**TXRF**



**WDXRF**



**XRD**



**ICP-OES**



**ICP-MS (Multi Quadrupole)**

# SOLVOMET Industrial Service Centre: Key analytical facilities & services

UV-VIS-NIR



FT-IR/Raman



NMR

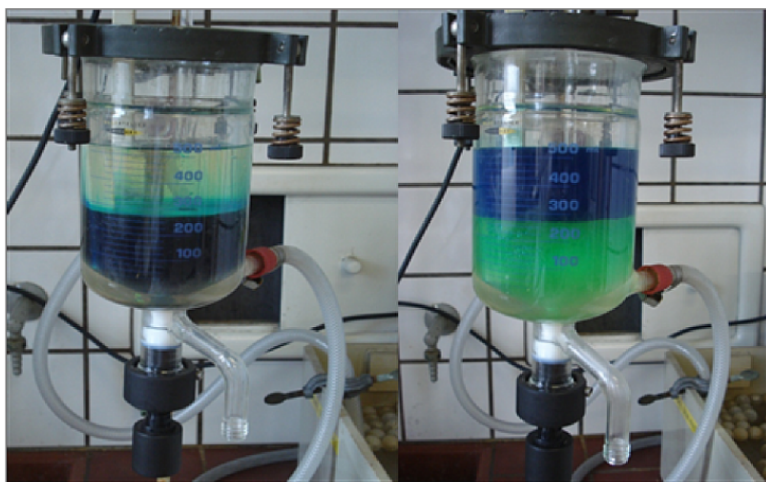
Raman microscopy



# Some key achievements by SOLVOMET

## Ionic liquid process for Co/Ni separation

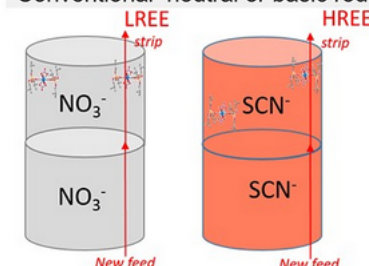
In collaboration with Umicore Research (Olen, Belgium), Prof. Koen Binnemans has developed a new ionic liquid solvent extraction process for separation of cobalt and nickel. Cobalt is efficiently extracted to the ionic liquid phase, while nickel is left behind in the raffinate. The advantages of the new process are: (1) the unprecedented high separation factor ( $> 50,000$ ), which is nearly an order of magnitude larger than the industrial benchmark processes, and (2) the very easy stripping of cobalt from the ionic liquid phase. The process was demonstrated on a mini-pilot scale in batch reactors and in a continuous process with mixer-settlers. In fact, this study provided the proof-of-principle that ionic liquids can be used on an industrial scale for separation of metals by solvent extraction.



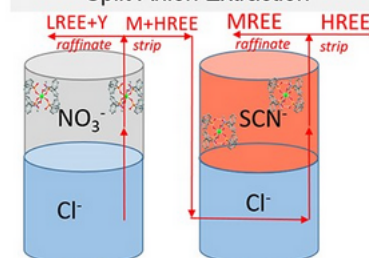
## Separation of rare earths by split-anion extraction with ionic liquids

There are two main challenges in the field of separation of rare earths by solvent extraction: (1) the development of a highly selective extraction agent that can remove one rare-earth element from a mixture without co-extraction of the other elements; (2) the development of a process that allows extraction of rare earths from a chloride solution to an organic phase by a solvating extractant. Extraction from chloride solution is preferred by industry because hydrochloric acid is much cheaper than nitric acid, and because waste water treatment is simpler in case of chlorides compared to nitrates. Solvating extractants are the preferred type of extractants, because of the possibility of loading a high concentration of rare earths in the organic phase and the easy back extraction of the rare earths from the organic phase by water instead of strong acids. Within the framework of the FP7 project EURARE on the exploitation of European rare-earth deposits, Prof. Binnemans invented a new process, called "split anion extraction" which makes the extraction of rare earths from a chloride solution possible by extraction with a nitrate ionic liquid via a solvating mechanism.

### Conventional neutral or basic route SX



### Split-Anion Extraction

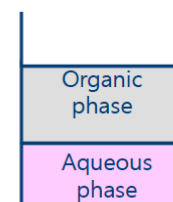


## Separation of rare-earth ions from ethylene glycol (+LiCl) solutions by non-aqueous solvent extraction with Cyanex 923†

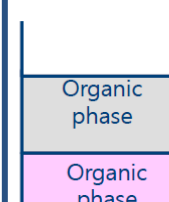
Nagaphani Kumar Batchu,<sup>a</sup> Tom Vander Hoogerstraete,<sup>b</sup> Dipanjan Banerjee<sup>b</sup> and Koen Binnemans<sup>b,\*a</sup>

The separation of a mixture of rare earths by non-aqueous solvent extraction with two immiscible organic phases has been studied. The more polar organic phase was ethylene glycol with dissolved lithium chloride and the less polar organic phase was the extractant diluted in *n*-dodecane. Cyanex 923 was found to be the most performant extractant amongst the investigated acidic, basic and solvating extractants: Cyanex 272, Cyphos IL 101, Aliquat 336, bis(2-ethylhexyl)amine, trioctylphosphine oxide (TOPO) and Cyanex 923. The replacement of the aqueous chloride feed solutions by non-aqueous ethylene glycol feed solutions had a profound effect on the distribution ratios and separation factors. The separation factors for extraction of pairs of rare earths from aqueous chloride solutions by Cyanex 923 are too low to be of practical use. On the contrary, a mixture of rare earths can be separated conveniently in four different groups by extraction with Cyanex 923 from ethylene glycol (+LiCl) solutions. The influence of several parameters such as the chloride concentration, the type of chloride salt, the addition of other polar solvents to the ethylene glycol phase, the addition of second extractant to the less polar organic phase, and the addition of complexing agents to the ethylene glycol phase has been studied. The extraction mechanism for extraction of ytterbium(III) was studied by slope analysis experiments. The ytterbium(III) species in the ethylene glycol phase and the extracted species in the *n*-dodecane phase were determined by EXAFS. Furthermore, a conceptual flow sheet for the fractionation of rare earths from an ethylene glycol (+LiCl) feed solution into different groups by extraction with Cyanex 923 has been proposed. The new extraction system is useful for extraction of scandium and for separation of scandium from the other REEs.

### Conventional Solvent extraction



### Non-aqueous Solvent extraction



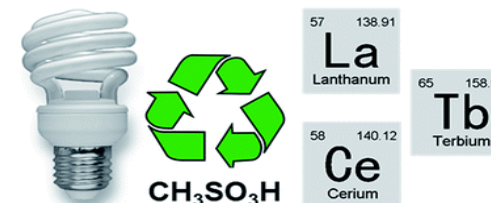
# Some key achievements by SOLVOMET

## Methanesulfonic acid: a sustainable acidic solvent

Recovery of rare earths from the green lamp phosphor  $\text{LaPO}_4:\text{Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$  (LAP) by dissolution in concentrated methanesulphonic acid



From the journal:  
RSC Advances

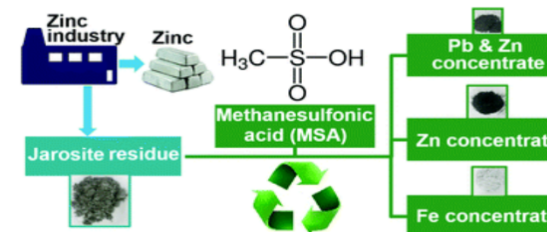


Remaghic

Methanesulfonic acid: a sustainable acidic solvent for recovering metals from the jarosite residue of the zinc industry†



From the journal:  
Green Chemistry

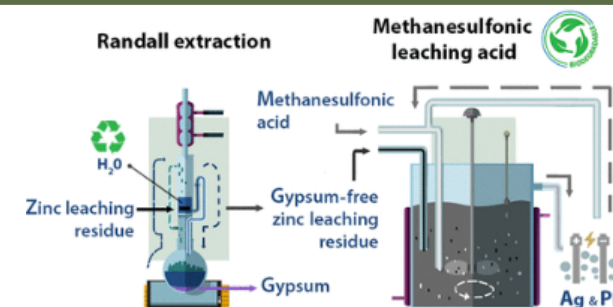


Zero Waste  
CRATES  
EU MSCA-ETN

Recovery of Lead and Silver from Zinc Leaching Residue Using Methanesulfonic Acid



From the journal  
ACS Sustainable  
Chemistry and  
Engineering



nyrstar

KU LEUVEN

SOLVOMET GROUP

# Publications deriving from bilateral projects with industry – on solvleaching

Journal of Sustainable Metallurgy  
<https://doi.org/10.1007/s40831-020-00294-3>

## RESEARCH ARTICLE



### Ammoniacal Solvleaching of Copper from High-Grade Chrysocolla

Lukas Gijsemans<sup>1</sup> · Joris Roosen<sup>1</sup> · Sofia Riaño<sup>1</sup> · Peter Tom Jones<sup>2</sup> · Koen Binnemans<sup>1</sup>

Received: 22 June 2020 / Accepted: 14 September 2020  
© The Author(s) 2020

#### Abstract

The copper silicate ore chrysocolla forms a large potential copper resource, which has not yet been fully exploited, due to difficulties associated with its beneficiation by flotation and metallurgical processing. Direct acid leaching of chrysocolla causes silica gel formation. Therefore, in this work, the feasibility of solvometallurgical methods to leach copper from high-grade chrysocolla while avoiding issues with silica gel formation was assessed. Ammoniacal solvleaching was performed with a solvent comprising the chelating extractant LIX 984 N or the acidic extractant Versatic acid 10 in an aliphatic diluent (ShellSol D70 or GTL Fluid G70), combined with a small volume of aqueous ammonia. In the three-phase system, aqueous ammonia dissolves copper from milled and sieved chrysocolla, while copper is simultaneously extracted to the organic phase, releasing ammonia that can be reused for further extraction. The best results were obtained with LIX 984 N as extractant: using a 50 vol% LIX 984 N solution, about 75% of copper could be extracted after 60 min of leaching at 25 °C. The stripping of copper from the pregnant leach solution was optimized. Quantitative stripping of copper was achieved with 1.89 M sulfuric acid and the final aqueous solution of copper sulfate had a concentration of 33 g L<sup>-1</sup>. Experiments in a leaching reactor (1 L) and small battery of mixer-settlers (3 stages, 35 and 143 mL effective volume in the mixer and the settler, respectively, per stage) were successfully conducted and allowed to recover copper with a purity of 99.9%. A conceptual flow sheet has been developed.

Journal of Sustainable Metallurgy  
<https://doi.org/10.1007/s40831-020-00305-3>

## RESEARCH ARTICLE



### Selective Removal of Zinc from BOF Sludge by Leaching with Mixtures of Ammonia and Ammonium Carbonate

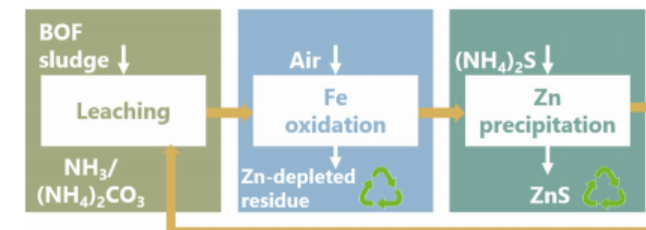
Nerea Rodriguez Rodriguez<sup>1</sup> · Lukas Gijsemans<sup>1</sup> · Jakob Bussé<sup>1</sup> · Joris Roosen<sup>1</sup> · Mehmet Ali Recai Önal<sup>1</sup> · Victoria Masaguer Torres<sup>2</sup> · Álvaro Manjón Fernández<sup>2</sup> · Peter Tom Jones<sup>2</sup> · Koen Binnemans<sup>1</sup>

Received: 18 July 2020 / Accepted: 13 October 2020  
© The Author(s) 2020

#### Abstract

The zinc content of basic oxygen furnace (BOF) sludges is too high for direct recycling into the blast furnace via the sinter plant, as excessive zinc concentrations are detrimental for the refractory lining of the blast furnace. However, by partial and selective removal of zinc from the BOF sludge, the residual sludge can be used as a secondary iron resource in the blast furnace. In this paper, BOF sludge was leached with aqueous ammonia, aqueous solutions of ammonium salts (chloride, carbonate, and sulfate), and aqueous mixtures of ammonia and ammonium salt. The mixtures of ammonia and ammonium salt could leach more zinc with respect to either the aqueous ammonia or the aqueous ammonium salt solution. The ammonia–ammonium carbonate (AAC) mixture was selected as the most suitable lixiviant due to the high zinc leaching efficiency in combination with a high selectivity towards iron; furthermore, this combination does not introduce unwanted chloride or sulfate impurities in the residue. The leaching process was optimized in terms of the liquid-to-solid ratio, total ammonia concentration, ammonium:ammonia molar ratio, temperature, and leaching time. The co-dissolved iron was precipitated as a hydroxide after oxidation of ferrous to ferric ions by an air stream, without co-precipitation of zinc, while the dissolved zinc could be easily recovered as zinc sulfide by precipitation with ammonium sulfide. The (almost) closed-loop process was successfully up-scaled from 10 mL to 1 L scale.

#### Graphical Abstract



# Publications deriving from bilateral projects with industry – on SX

ACS Sustainable Chemistry & Engineering

This is an open access article published under a Creative Commons Non-Commercial No Derivative Works (CC-BY-NC-ND) Attribution License, which permits copying and redistribution of the article, and creation of adaptations, all for non-commercial purposes.

AC AUTHORCHOICE

pubs.acs.org/journal/ascecg Research Article

## Solvent Extraction of Gold(III) with Diethyl Carbonate

Stijn Raiguel, Lukas Gijsemans, Arne Van den Bossche, Bieke Onghena, and Koen Binnemans\*

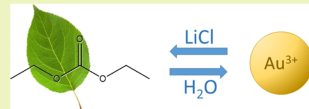
Cite This: ACS Sustainable Chem. Eng. 2020, 8, 13713–13723

Read Online

ACCESS | Metrics & More | Article Recommendations

**ABSTRACT:** Diethyl carbonate (DEC) was evaluated as a green, renewable alternative to methyl isobutyl ketone and dibutyl carbitol for the recovery of gold from copper-rich sources, such as anode slimes, by solvent extraction from chloride solutions. DEC is a powerful extractant at high chloride concentrations and can be used to sequester and concentrate gold from large volumes of dilute aqueous solutions containing high concentrations of copper. Stripping can be performed using pure water. Different variables were investigated: DEC concentration, chloride concentration, chloride source, phase volume ratio, and equilibration time. The selectivity and phase disengagement times were studied, and possible mechanisms of extraction are discussed and evaluated. In addition, the stability of DEC against hydrolysis was measured.

**KEYWORDS:** anode slime, chloride hydrometallurgy, copper, precious metal refining, solvent extraction



Hydrometallurgy 177 (2018) 146–151

Contents lists available at ScienceDirect

**Hydrometallurgy**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/hydromet](http://www.elsevier.com/locate/hydromet)

## Effect of the diluent on the solvent extraction of neodymium(III) by bis(2-ethylhexyl)phosphoric acid (D2EHPA)

Nagaphani Kumar Batchu, Koen Binnemans\*

KU Leuven, Department of Chemistry, Celestijnenlaan 200 F, bus 2404, B-3001 Heverlee, Belgium

Check for updates

**ARTICLE INFO**

**Keywords:**  
D2EHPA  
Diluents  
Lanthanides  
Rare earths  
Solvent extraction

**ABSTRACT**

The effect of different types of diluents on the extraction of neodymium(III) from a chloride aqueous feed solution by the acidic extractant bis(2-ethylhexyl)phosphoric acid (D2EHPA) was investigated. A total of 11 aliphatic, mixed aliphatic-aromatic and aromatic diluents were considered. D2EHPA was very well miscible with all diluents, even at 90% (v/v) of extractant. Aliphatic diluents gave the highest extraction efficiencies, while aromatic diluents did suppress the formation of emulsions or gels. Although a good separation of Dy(III) over Nd(III) was observed at 0.5 mol/L D2EHPA in all diluents, aromatic diluents were found to yield the highest separation factors. This study shows that the effect of the diluent on the extraction behaviour of Nd(III) is primarily determined by the aliphatic/aromatic content of the diluent. Diluents with the same concentration of aromatics show very similar behaviour. The choice of a diluent can be based on factors other than the extraction behaviour, for instance price and volatility.

CHEMICAL ENGINEERING RESEARCH AND DESIGN 161 (2020) 304–311

Contents lists available at ScienceDirect

**Chemical Engineering Research and Design**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/cherd](http://www.elsevier.com/locate/cherd)

## Selection criteria of diluents of tri-*n*-butyl phosphate for recovering neodymium(III) from nitrate solutions

Mercedes Regadio\*, Nagaphani Kumar Batchu, Koen Binnemans

KU Leuven, Department of Chemistry, Celestijnenlaan 200 F, bus 2404, B-3001 Heverlee, Belgium

Check for updates

**ARTICLE INFO**

**Article history:**  
Received 24 March 2020  
Received in revised form 27 May 2020  
Accepted 15 July 2020  
Available online 24 July 2020

**Keywords:**  
Diluents  
Neutral extractant  
Rare earths  
TBP  
Solvent extraction

**ABSTRACT**

The selection of a proper diluent should be based on several criteria such as the distribution ratio, phase disengagement time, cost, safety and environmental impact of the process. The effect of different diluents on the solvent extraction of Nd(III) by the neutral extractant tri-*n*-butylphosphate (TBP) from nitrate feed solutions was studied. The nature of the diluent had little effect on the extraction kinetics of Nd(III) by TBP above 2.5 min. In general, phase disengagement times were relatively shorter for aromatic diluents compared to aliphatic diluents. Conversely, extraction efficiencies were the highest for aliphatic diluents, slightly lower for mixed aliphatic-aromatic diluents and much lower for aromatic diluents. The poorer extraction efficiencies of aromatic diluents maybe due to the lower concentration of free extractant as a result of the stronger interactions of the diluent with water and/or of the diluent with the extractant. Under the experimental conditions, the differences in extraction between aliphatic and aromatic diluents decreased with increasing the salting-out effect of nitrate ions in the feed. At nitrate concentrations of 4.5 mol L<sup>-1</sup> or more, the different diluents had a limited influence on the metal extraction with 1 mol L<sup>-1</sup> TBP from feed solutions of 1 g L<sup>-1</sup> Nd(III). Thus, under these conditions, the selection of the diluent can be preferably based on its cost, safety and biodegradability rather than on its physico-chemical properties.

© 2020 Institution of Chemical Engineers. Published by Elsevier B.V. All rights reserved.

# Broad industrial network

## Bilateral projects

## Previous collaborations / Active collaborations within H2020 projects



# SOLVOMET's academic network

## Key Projects



## Key Partners



# Scientific & societal impact



**Peter Tom Jones**

Director KU Leuven Institute for Sustainable Metals and Minerals at KU Leuven

1w • Edited •

1,000 Web of Science citations for our 2013 critical review paper on **#rareearths** recycling! In this joint **#sim2kuleuven**, TU Delft, University of Birmingham & Öko Institute paper in 2013 we wrote: "Despite a vast, mostly lab-scale resea ...see more

1,000 Web of Science citations  
THANK YOU !

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Journal of Cleaner Production

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jclepro](http://www.elsevier.com/locate/jclepro)

Review

## Recycling of rare earths: a critical review

Koen Binnemans<sup>a,\*</sup>, Peter Tom Jones<sup>b</sup>, Bart Blanpain<sup>b</sup>, Tom Van Gerven<sup>c</sup>, Yongxiang Yang<sup>d</sup>, Allan Walton<sup>e</sup>, Matthias Buchert<sup>f</sup>

<sup>a</sup>KU Leuven – University of Leuven, Department of Chemistry, Celestijnenlaan 200F, Box 2404, B-3001 Heverlee, Belgium

<sup>b</sup>KU Leuven – University of Leuven, Centre for High Temperature Processes and Sustainable Materials Management,

Department of Metallurgy and Materials Engineering (MTM), Kasteelpark Arenberg 44, Box 2450, B-3001 Heverlee, Belgium

<sup>c</sup>KU Leuven – University of Leuven, Department of Chemical Engineering (CTE), Willem de Croylaan 46, Box 2423, B-3001 Heverlee, Belgium

<sup>d</sup>TU Delft, Department of Materials Science and Engineering, Mekelweg 2, 2628 CD Delft, The Netherlands

<sup>e</sup>University of Birmingham, School of Metallurgy and Materials, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, UK

<sup>f</sup>Öeko-Institut e.V., Infrastructure & Enterprises Division, Rheinstrasse 95, D-64295 Darmstadt, Germany

274 • 7 Comments

Like Comment Share Send

13,055 views of your post in the feed

**KU LEUVEN**

SOLVOMET GROUP

KU LEUVEN

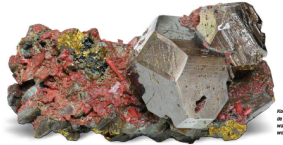
**SOLVOMET**  
Industrial Service Centre



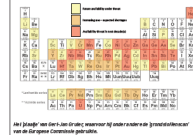
## 'DREIGEND TEKORT WORDT ONDERSCHAT'

Van steeds meer elementen is de beschikbaarheid de komende decennia niet gegarandeerd. De vraag zal vaak het aanbod overtreffen, wat industriële problemen kan brengen. Denken dat grondstoffen in onze geïndustrialiseerde wereld altijd wel ergens voorradig zijn, is 'naïef', benadrukt de expert.

Tekst: Margareta Zundert



**'H'**et is heel gemakkelijk om te denken dat er voldoende voorraden zijn van de zeldzame aardmetalen. Maar dat is niet het geval. Deze elementen zijn essentieel voor de productie van vele technologieën, zoals auto's, vliegtuigen, computers en mobiele telefoons. Volgens de Europese Commissie zal de vraag naar deze elementen de komende jaren sterk toenemen, terwijl het aanbod beperkt blijft. Dit kan tot ernstige tekorten leiden, wat de economie en de nationale veiligheid kan bedreigen.



De Europese Commissie heeft een lijst van zeldzame aardmetalen gepubliceerd die de Europese Commissie publiceert.

Over welke elementen nu precies het alarm slaat, verschillen de meningen. De Europese Commissie heeft een lijst van zeldzame aardmetalen gepubliceerd die de Europese Commissie publiceert. Deze lijst omvat elementen die in kleine hoeveelheden voorkomen, maar die essentieel zijn voor de productie van vele technologieën.

De lijst omvat elementen die in kleine hoeveelheden voorkomen, maar die essentieel zijn voor de productie van vele technologieën. Dit kan tot ernstige tekorten leiden, wat de economie en de nationale veiligheid kan bedreigen. Het is belangrijk om te weten dat deze elementen niet alleen in Europa, maar ook in andere delen van de wereld voorkomen.

De crux zit in houden wat je hebt, circulairen denken. Dat maakt je werkelijk onafhankelijk



### CHINA TREKT AAN DE TOEWIJES

China trekt aan de toewijes van zeldzame aardmetalen. Het land heeft een grote voorraad van deze elementen en is in staat om deze te exporteren naar andere landen. Dit kan tot concurrentievervalsing leiden op de wereldmarkt. Het is belangrijk om te weten dat China ook een grote consument is van deze elementen, wat de vraag naar deze elementen kan verhogen.

meer 1000 China Magazine 61

Europa wil zelf metalen ontginnen

## Eigen mijn, schone mijn

Voor batterijen, windmolens en zonnepanelen zijn diverse metalen nodig. Veel metalen. Die ontginnen we beter zelf, om minder afhankelijk te zijn van andere landen. 'Als we zeker willen zijn dat mijnbouw duurzaam is, dan moeten we het hier doen.'

W ie een put graaft voor een ander, heeft macht. Dat bleek in 2011, toen China de export van zeldzame aardmetalen aanpakte.



Dieter De Cleene is hoofdredacteur.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is. De vraag naar verschillende metalen op de lijst zal de komende decennia explosieus toenemen. Het is belangrijk om te weten dat deze metalen niet alleen in Europa, maar ook in andere delen van de wereld voorkomen.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is. De vraag naar verschillende metalen op de lijst zal de komende decennia explosieus toenemen. Het is belangrijk om te weten dat deze metalen niet alleen in Europa, maar ook in andere delen van de wereld voorkomen.

### IN HET KORT

De nakende overgang naar hernieuwbare energie zal de vraag naar kobalt, lithium en andere metalen sterk doen toenemen.

Europa werkt aan technieken en strategieën die de lidstaten in staat stellen om de grondstoffen zo duurzaam mogelijk te ontginnen.

De investeringen moeten leiden tot een beleid dat import combineert met eigen winning en recycling.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

### ECOLOGIE

De hindernissen voor de circulaire economie

## Verloren smartphones, geopolitiek en een koppige Belg

Om tot een milieuvriendelijke wereld te komen, moeten we materialen en energie recupereren uit gebruikte producten en afval. Maar met de stadsmijnbouw zullen we wellicht nooit helemaal in onze energiebehoefte kunnen voorzien.

Tekst: DIKE DRACANS

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.



De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is.

### KENNIS

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is. Dit kan tot ernstige tekorten leiden, wat de economie en de nationale veiligheid kan bedreigen. Het is belangrijk om te weten dat deze elementen niet alleen in Europa, maar ook in andere delen van de wereld voorkomen.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is. Dit kan tot ernstige tekorten leiden, wat de economie en de nationale veiligheid kan bedreigen. Het is belangrijk om te weten dat deze elementen niet alleen in Europa, maar ook in andere delen van de wereld voorkomen.

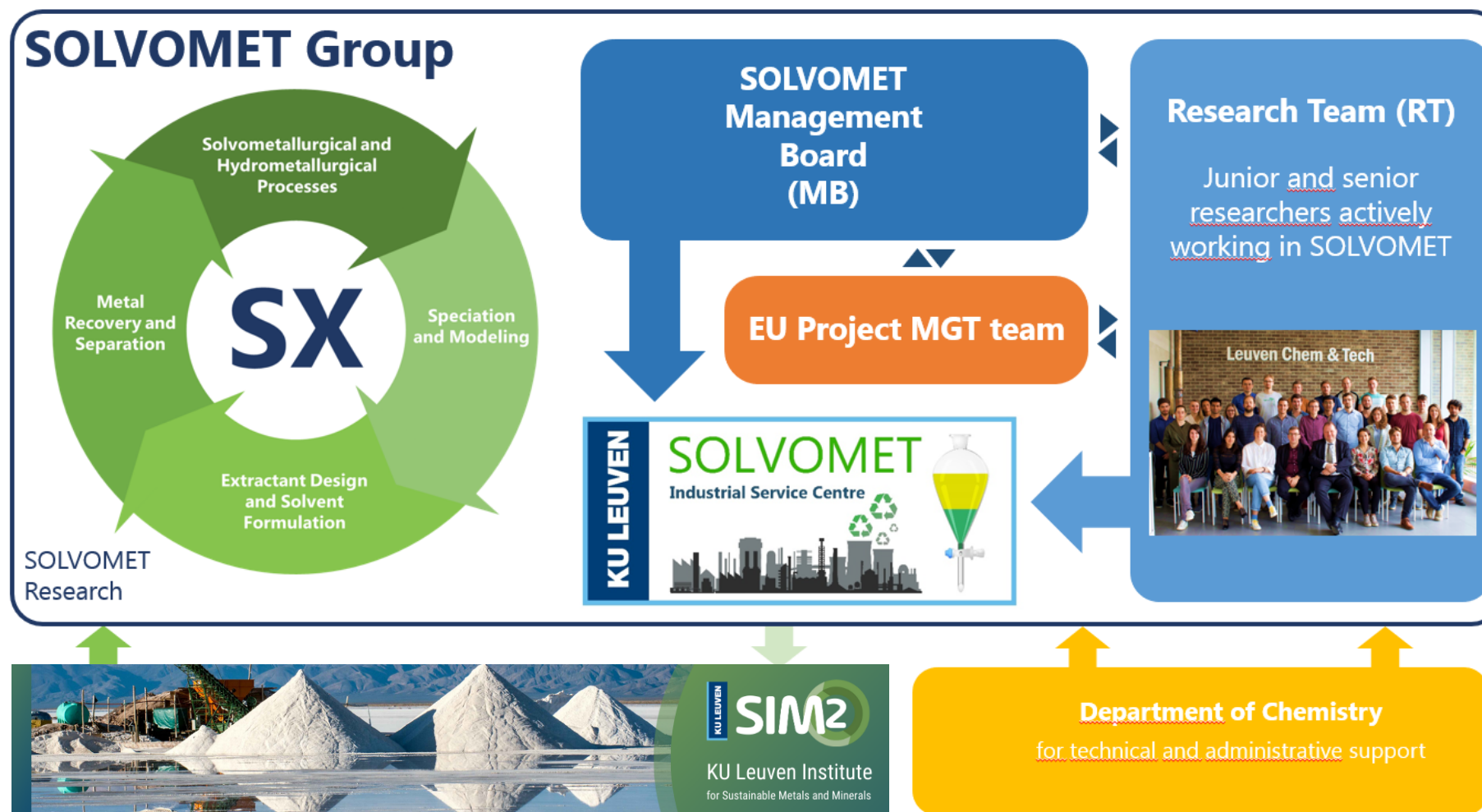
De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is. Dit kan tot ernstige tekorten leiden, wat de economie en de nationale veiligheid kan bedreigen. Het is belangrijk om te weten dat deze elementen niet alleen in Europa, maar ook in andere delen van de wereld voorkomen.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is. Dit kan tot ernstige tekorten leiden, wat de economie en de nationale veiligheid kan bedreigen. Het is belangrijk om te weten dat deze elementen niet alleen in Europa, maar ook in andere delen van de wereld voorkomen.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is. Dit kan tot ernstige tekorten leiden, wat de economie en de nationale veiligheid kan bedreigen. Het is belangrijk om te weten dat deze elementen niet alleen in Europa, maar ook in andere delen van de wereld voorkomen.

De Europese Commissie houdt nauwlettend een lijst bij met zogenoemde 'kritieke grondstoffen', waarvan de bevoorrading onzeker is. Dit kan tot ernstige tekorten leiden, wat de economie en de nationale veiligheid kan bedreigen. Het is belangrijk om te weten dat deze elementen niet alleen in Europa, maar ook in andere delen van de wereld voorkomen.

# SOLVOMET Group Governance



**KU LEUVEN**

SOLVOMET GROUP

# SOLVOMET Industrial Service Centre:

## Project types



### Services Agreement

- **Project description:** 4-page document describing tasks, deliverables, milestones, budget, timing etc.
- **IP:** foreground IP transferred to company
- **Duration:** typically 6 to 12 months
- **Cost:** salaries of the involved researchers + 50% extra for working budget (chemicals, lab use, travel...)).
- **Publications:** not planned unless explicitly desired by company in terms of dissemination goals
- **Ideal for fast delivery of (confidential) results by experienced, hands-on researchers**

### Industrial PhD project

- **Project description:** 4-page document with research programme, budget
- **IP:** foreground IP transferred to company
- **Duration:** 4 years
- **Cost:** ~95,000 euro/year [salary + 50% (overhead + working budget for chemicals, lab use, travel...)]
- **Publication clause:** Allowing to publish more generic parts of research while keeping the rest confidential
- **Equitable remuneration principle:** e.g. preferred partnership for follow-up projects
- **Ideal for first-class training of PhD researcher that can go and work for the company later**

### Industrial postdoc project

- **Project description:** 4-page document research programme, budget
- **IP:** foreground IP transferred to company
- **Duration:** 1 to 2 years
- **Cost:** ~120,000 euro/year [salary + 50% (overhead + working budget for chemicals, lab use, travel...)]
- **Publication clause:** Allowing to publish more generic parts of research while keeping the rest confidential
- **Equitable remuneration principle:** e.g. preferred partnership for follow-up projects
- **Ideal for advanced, first-class training of postdoc researcher that can go and work for the company later**

# SOLVOMET is embedded in the KU Leuven Institute for Sustainable Metals and Minerals (SIM<sup>2</sup> KU Leuven)



## Research Line 1

Geological exploration and advanced resource characterisation



## Research Line 2

Remanufacturing and demanufacturing



## Research Line 3

Sustainable metallurgical processes



## Research Line 4

Upcycling processes for primary and secondary resources



## Research Line 5

Sustainability assessment and policy research

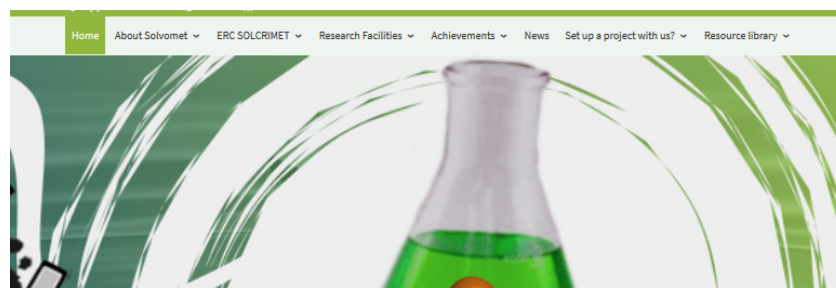


## Research Line 6

Process intensification and digitalisation

SIM<sup>2</sup> KU Leuven's mission is to develop, organise and implement problem-driven, science-deep research and future-oriented education, contributing to the environmentally friendly production and recycling of metals, minerals and engineered materials, supporting the transition to a climate-friendly, circular-economy.

# All info on SOLVOMET: [www.solvomet.eu](http://www.solvomet.eu)



## SOLVOMETALLURGY?



Solvometallurgy is the extraction of metals from ores, extractive waste, industrial process residues, production scrap and urban waste using non-aqueous solutions. Solvometallurgy differs from hydrometallurgy by the absence of a discrete water phase.

[Read more >](#)

## FACILITIES



SOLVOMET offers lab-scale and mini-pilot infrastructure for solvometallurgical leaching and solvent extraction process development and testing. Concurrently, SOLVOMET offers analytical services as well.

[Read more >](#)

## FLAGSHIP DOMAINS



SOLVOMET is specialised in 1. solvometallurgical recovery of metals from low-grade ores, extractive waste, industrial process residues and metal-rich urban waste, 2. removal of metals from liquid streams, and 3. solvent extraction processes.

[Read more >](#)

## SET UP A PROJECT?



SOLVOMET is your experienced partner for both bilateral (contract research & consultancy) projects and EU/national projects in the domain of solvometallurgy.

[Read more >](#)

### Welcome to SOLVOMET



SOLVOMET is KU Leuven's Centre for Solvometallurgy. SOLVOMET's mission is to support its industrial and RTD partners in the conceptual and practical development of more sustainable solvometallurgical separation processes and new mining chemicals, which are subsequently tested using state-of-the-art lab-scale and mini pilot-scale experimental facilities.

### Subscribe to SOLVOMET Newsletter

### Latest news items

Scandium in Greek bauxite and bauxite residue  
May 22, 2018



## Mini-pilot scale equipment

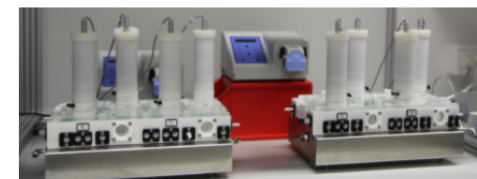
The SOLVOMET centre is continuously investing in mini-pilot scale equipment for leaching and solvent extraction experiments, allowing to tackle upscaling issues (from the lab-scale to the mini-pilot scale level) and to assist in the development of novel, commercial solvometallurgical flow sheets. Upscaling questions that are investigated by the SOLVOMET centre include:

1. How can the solid-liquid separation be done after leaching, especially in case of viscous liquids?
2. How can the solvent be recycled after leaching?
3. How can loss of solvent on the solid particles be minimised?

### 1. Mini-pilot scale solvent extraction studies

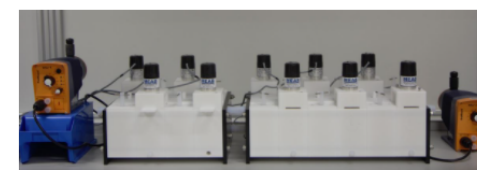
Batch solvent extraction processes can be scaled up to a mini-pilot scale in a continuous counter current mode in our mixer-settler set-up, with the final goal to examine the possibility of scaling up the process and/or producing larger volumes of purified metal solution. First, a flow sheet is designed to determine the number of stages and optimal aqueous-to-organic phase ratio of extraction, scrubbing and stripping based on McCabe-Thiele diagrams. Furthermore, the residence time is established. Next, the process is run in the mixer-settlers. Samples of each stage are taken on a regular basis to evaluate the performance and make adjustments if necessary.

#### SX Battery 1 (Russelet)



The mixer settler set-up of Russelet Robatel consists of 12 stages, that can be heated up to 80 °C using a circulating water bath. The stages are each isolated and made of PVDF. The volume of the mixer and settler chambers in each stage is 35 mL and 143 mL, respectively. The total flow rate can reach up to 6 L/h.

#### SX Battery 2 (MEAB)



The mixer settler set-up of MEAB consists of 27 stages in total, which can be combined into extraction, scrubbing and stripping steps according to the objected flow sheet of the solvent extraction process. The mixer settlers are made of PVDF and can be used at room temperature (heating is not possible). The volume of the settler chamber is 480 mL and a max total flow rate up to 10 L/h can be achieved depending on the physical characteristics of both phases and the behavior of the mixture.

### Welcome to SOLVOMET



SOLVOMET is KU Leuven's Centre for Solvometallurgy. SOLVOMET's mission is to support its industrial and RTD partners in the conceptual and practical development of more sustainable solvometallurgical separation processes and new mining chemicals, which are subsequently tested using state-of-the-art lab-scale and mini pilot-scale experimental facilities.

### Visit the website of the SOLVOMET Group



### SOLVOMET GROUP

### Subscribe to SOLVOMET Newsletter

### Latest news items

Selective leaching of lead from matte and slag of lead smelter plants using...  
November 23, 2020

KU LEUVEN

SOLVOMET GROUP

<https://solvomet.eu>  
<https://kuleuven.sim2.be/>

Contact: Peter Tom Jones (LinkedIn profile)

