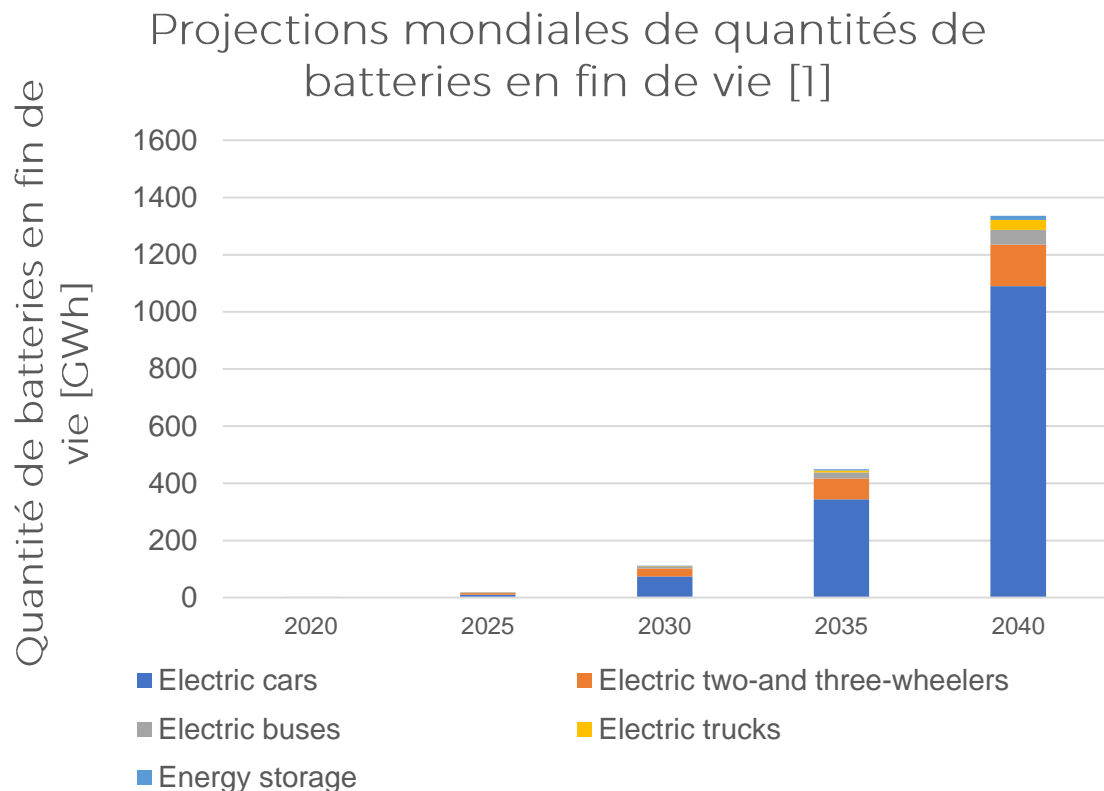


Prétraitement mécanique et hydrométallurgie : une complémentarité nécessaire pour atteindre les performances réglementaires de recyclage des batteries Li-ion

Gwénaëlle Radenac, Julien Leclaire, Université Claude Bernard Lyon 1
Guilhem Grimaud, MTB Group

GDR Prométhée – 23/24 mai 2024

Batteries Li-ion : réglementation



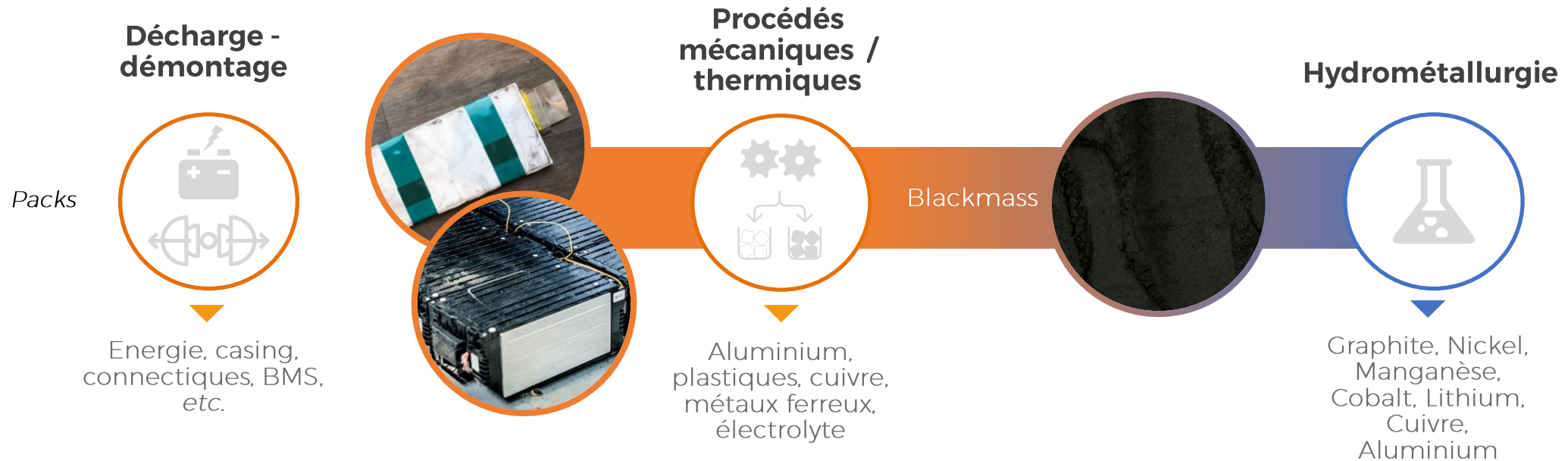
Règlement européen relatif aux batteries et au recyclage des batteries [2]

	Elément(s)	2027	2031
Taux de récupération	Cu, Co, Ni	90 %	95 %
	Li	50 %	80 %
Taux de réincorporation	Co	16 %	
	Li, Ni	6 %	

[1] IEA (2021), Amount of spent lithium-ion batteries from electric vehicles and storage in the Sustainable Development Scenario, 2020-2040, IEA, Paris.

[2] Règlement du Parlement européen et du conseil relatif aux batteries et aux déchets de batteries (juin 2023). <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-2-2023-INIT/fr/pdf>

Recyclage par voie hydrométallurgique



Composition de la blackmass



→ **Oxyde métallique : $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Mn}_x\text{Co}_y\text{O}_2$ ($0 < x < 1$; $0 < y < 1$), LiFePO_4 , etc. (CAM)**

→ **Graphite : C**

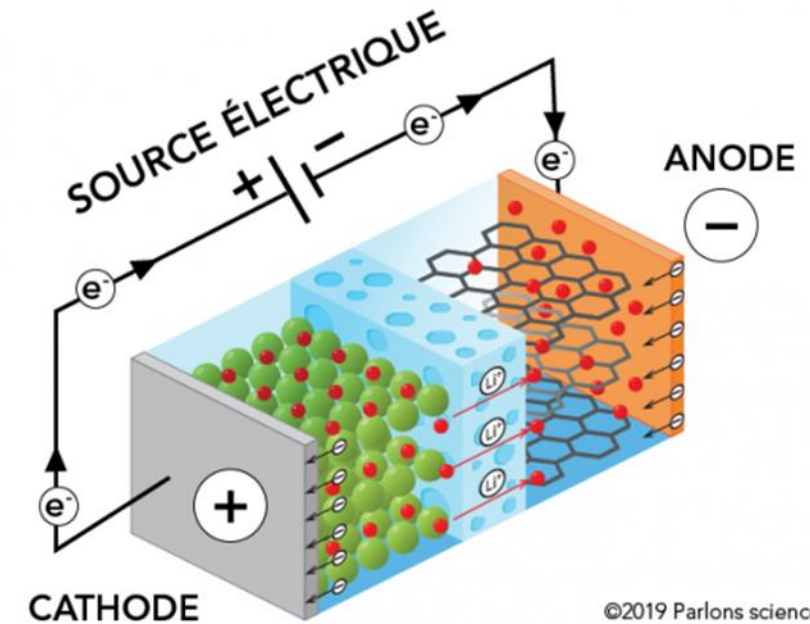
→ Polymères : PVDF, SBR, CMC

→ Aluminium : Al

→ Cuivre : Cu

→ Carbonates de diméthyle, de diéthyle, d'éthylène, etc.

→ LiPF_6 (et produits de dégradation) et/ou additifs de l'électrolyte



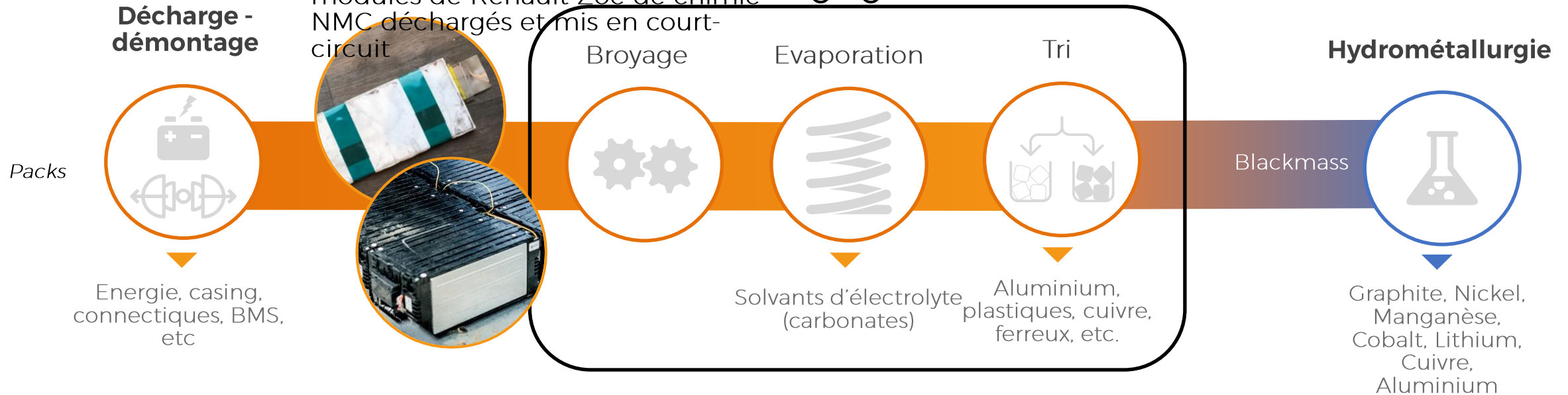
©2019 Parlons sciences

Procédé général de recyclage

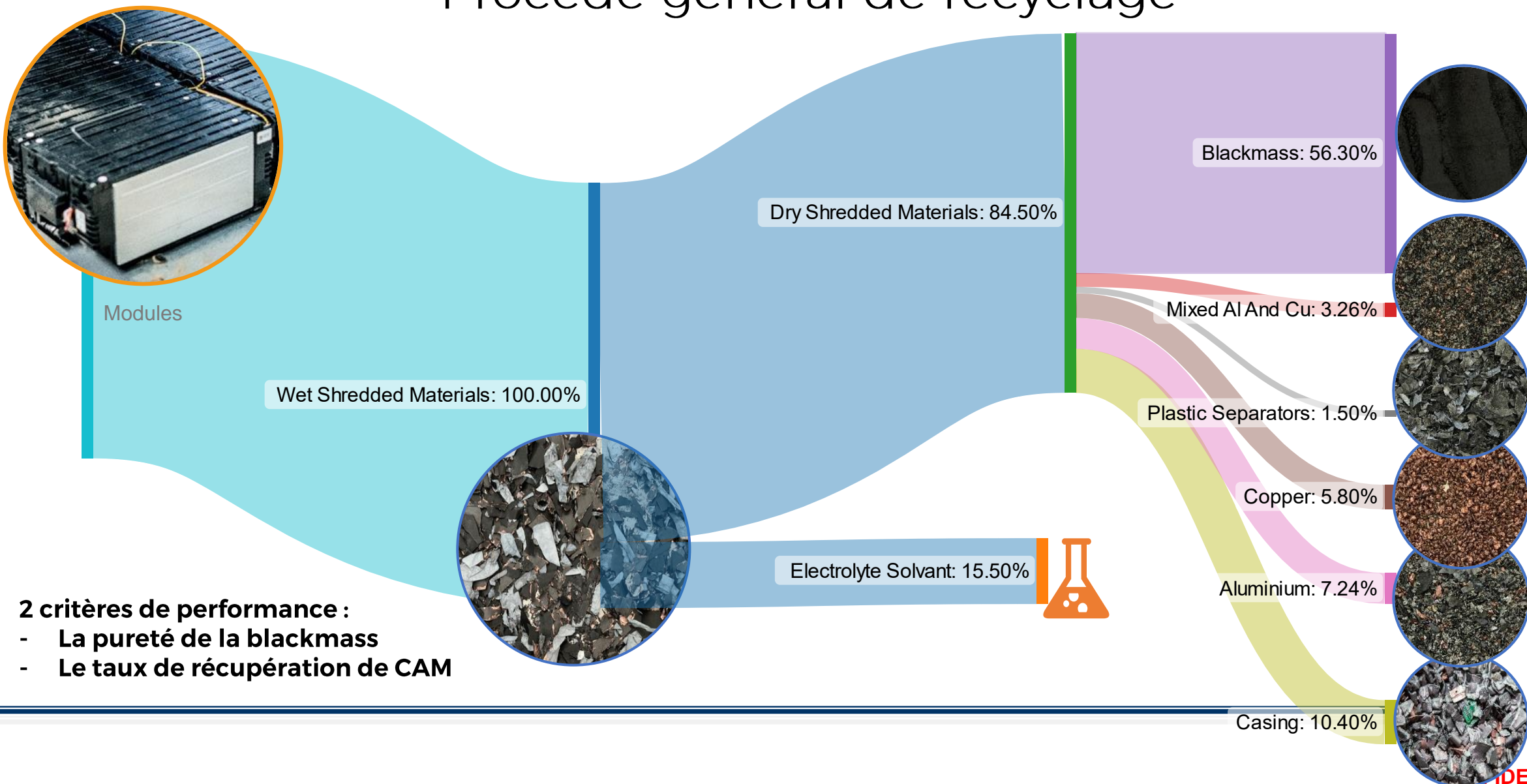
Batteries Li-ion en fin de vie :

modules de Renault Zoé de chimie NMC déchargés et mis en court-circuit

Procédés mécaniques - thermiques



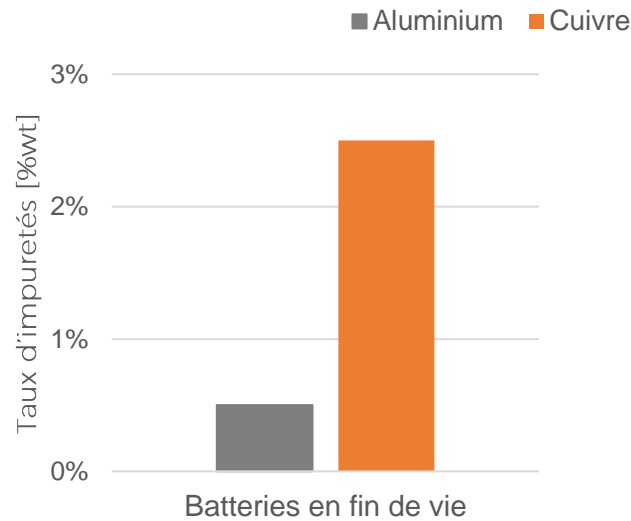
Procédé général de recyclage



- 2 critères de performance :**
- La pureté de la blackmass
 - Le taux de récupération de CAM

Impuretés dans la blackmass

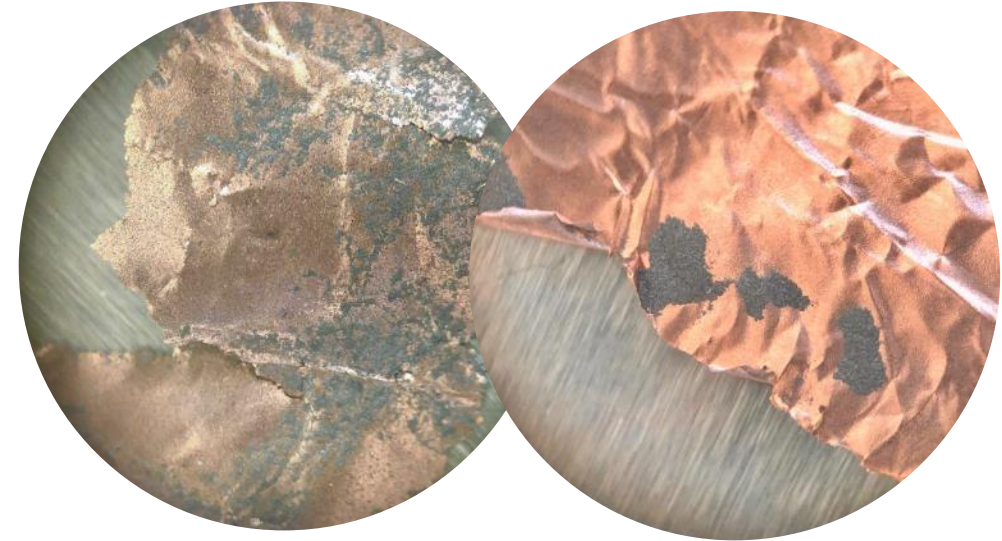
Taux d'impuretés dans la blackmass suivant le type de produit



Observation au microscope optique de collecteurs de courant en cuivre à l'issue du broyage

Cuivre issu de batteries en fin de vie

Cuivre issu de rebuts secs



Origine possible de la détérioration du cuivre : dissolution partielle pendant la vie de la batterie. Le phénomène de *plating* en fonction des conditions de décharge de la batterie [4]

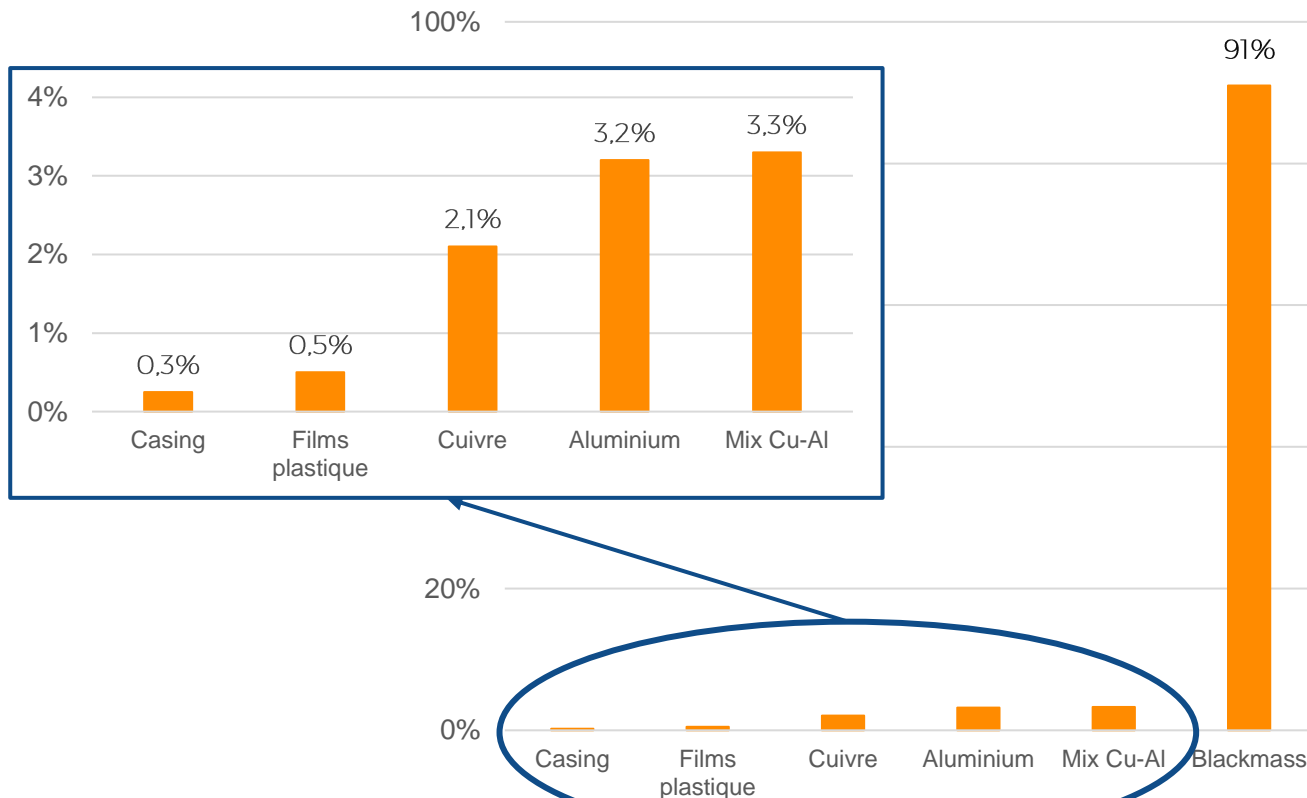
Comment valoriser par hydrometallurgie le cuivre contenu dans la blackmass pour atteindre un taux de récupération élevé ?

[3] L. Hanf, M. Diehl, L. Kemper, M. Winter, S. Nowak, Electrophoresis 2020, 41, 1568.

[4] A. Kaas, C. Wilke, A. Vanderbruggen, A. U. Peuker, Waste Management 2023, 172, 1-10

Taux de récupération de CAM

Répartition de CAM dans les différentes sorties du process



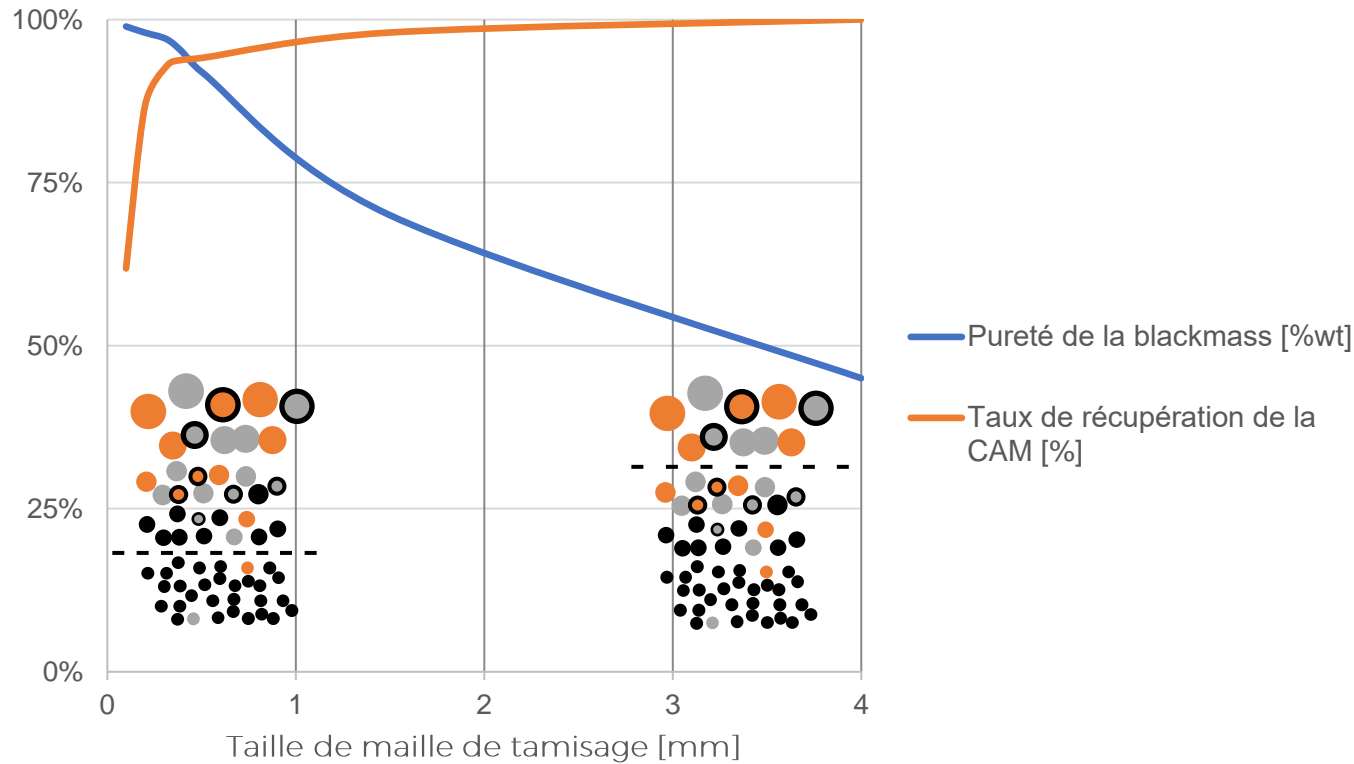
Observation au microscope des collecteurs de courant avant la separation du cuivre et de l'aluminium



Matériau du collecteur
Liant(s) usuel(s) [5]
Comment améliorer la délamination de la CAM de l'aluminium sans entraîner plus d'impuretés dans la blackmass ?
Borne positive Aluminium PVDF
Borne négative Cuivre SBR, CMC

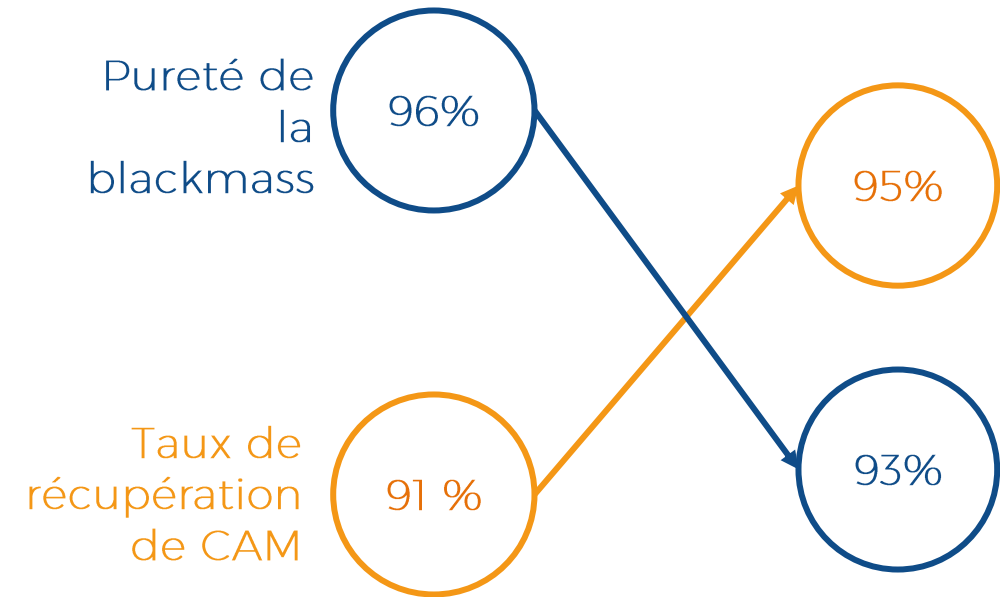
Impuretés *versus* taux de récupération

Evolution de la pureté de la blackmass et du taux de récupération de CAM suivant la taille de maille de tamisage



Scénario 1 :
Blackmass

Scénario 2 :
Blackmass
+ Cu-Al mix



Quel taux d'impuretés en aluminium et en cuivre est-il acceptable dans le process hydrométallurgique ?

Optimiser le recyclage global

- ▶ **Améliorer les performances spécifiques du prétraitement mécanique**
- ▶ **Arbitrer certains choix en fonction du procédé hydrométallurgique ultérieur**
 - ▶ **Étudier les taux de récupération à l'échelle du procédé complet**

Merci pour votre attention !

