

Optimisation de liants alternatifs base fer-manganèse pour le carbure de tungstène

Arnaud Leclef^{1,2}, Laurent Boilet³, Alexandre Mégret¹, Christelle Nivot², Arnaud Tricoteaux², Véronique Vitry¹

1. Université de Mons, Belgium
2. Université Polytechnique Hauts-de-France, France
3. Belgian Ceramic Research Centre, Belgium

Contexte – Au sujet du WC-Co

WC-Co :

- Grandes dureté (1600HV_{30}) et ténacité ($9\text{ MPa.m}^{1/2}$)
- Résistances à l'usure et à la corrosion
- Réfractaire
- Secteurs d'activités variés
- Mise-en-œuvre maîtrisée

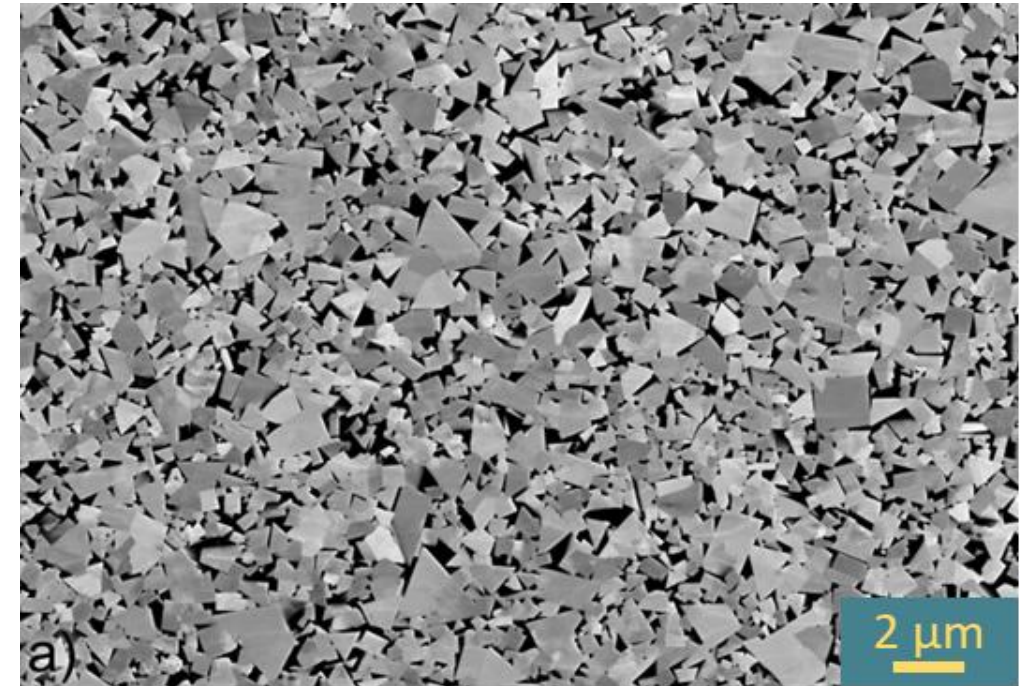
Phase carbure

Assure la dureté
90 wt.%



Phase liante

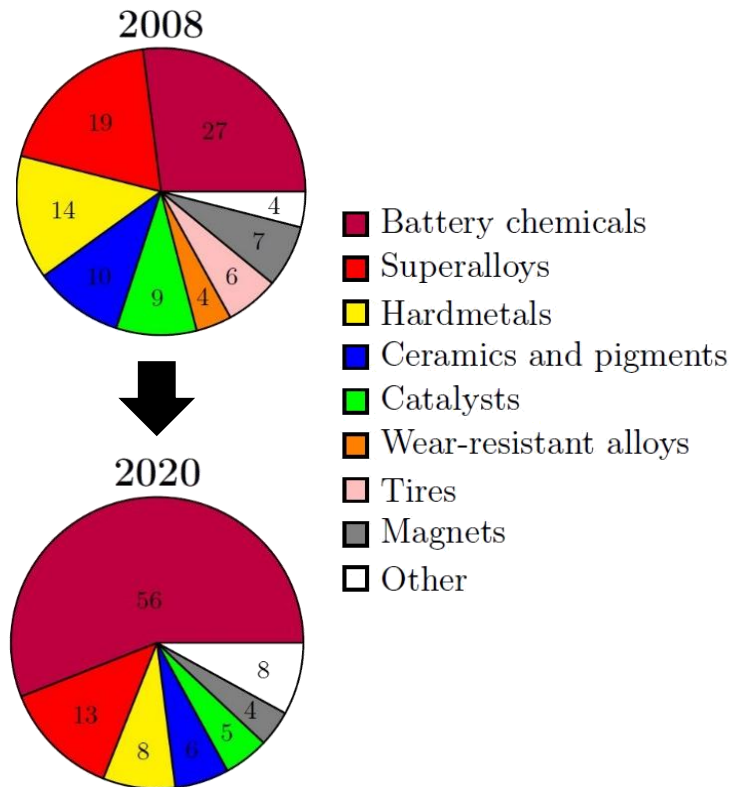
Assure la ténacité
10 wt.%



Problématique du cobalt

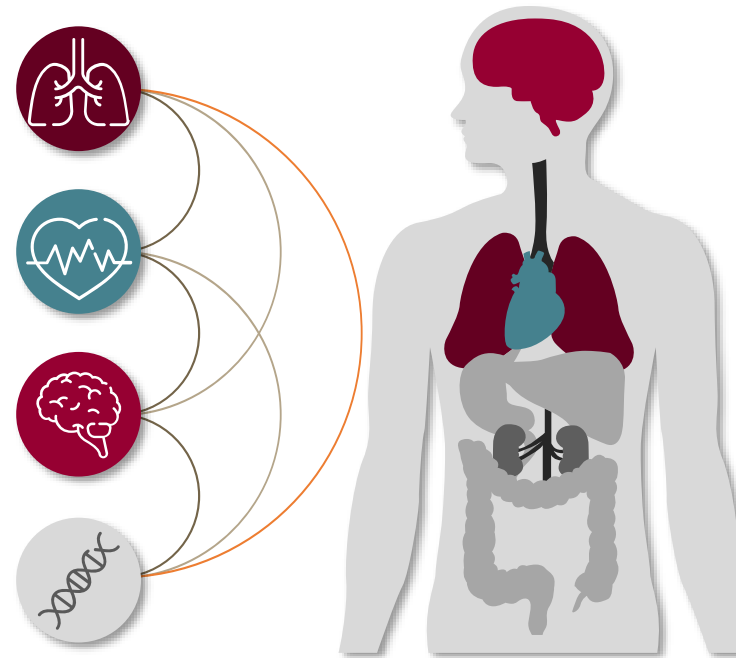
Critique...

Depuis 2011 en UE



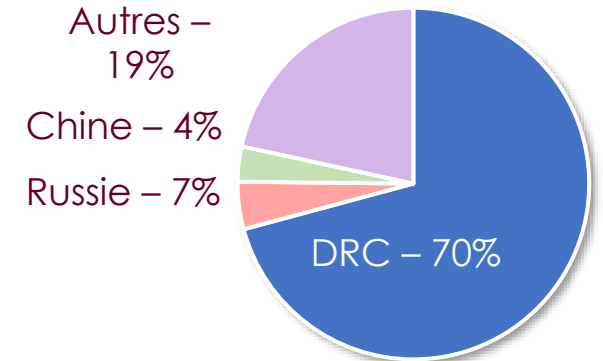
Source : European Commission

... toxique...



... et à haut risque d'approvisionnement

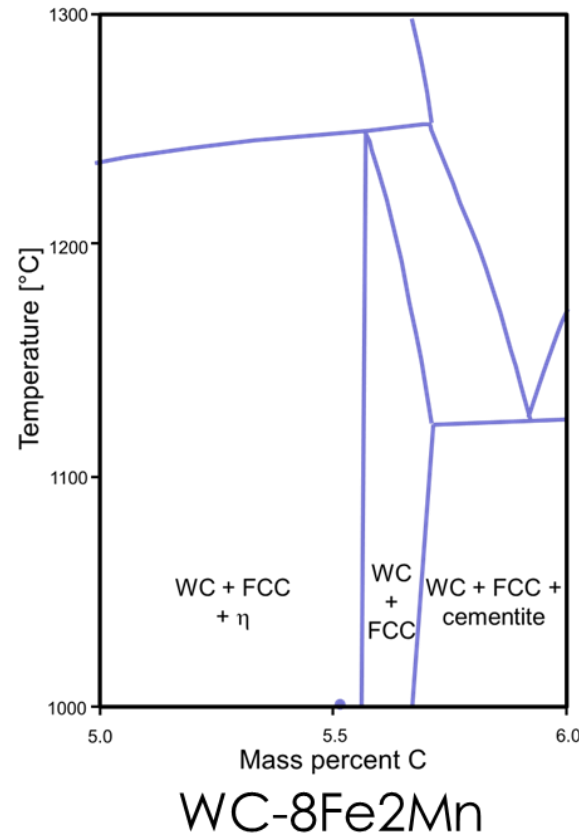
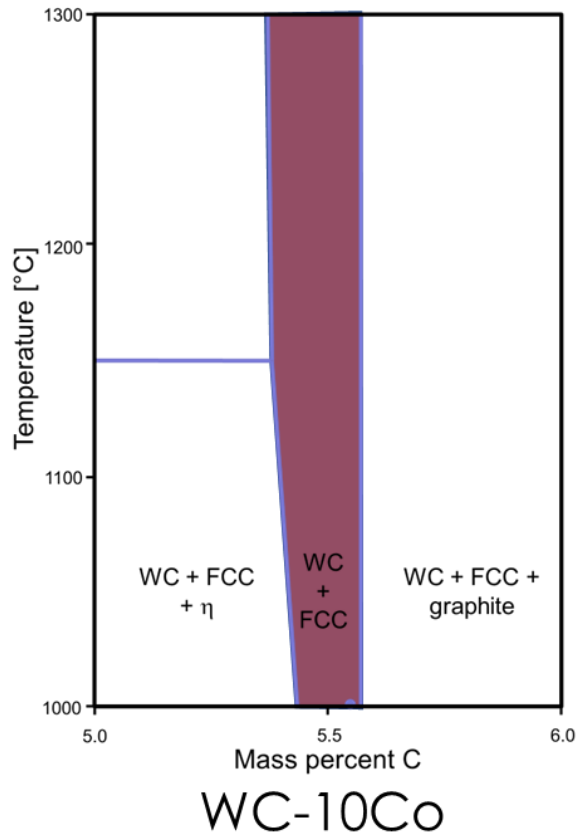
Extraction mondiale de cobalt



2 000
morts /an,
dont 20%
d'enfants

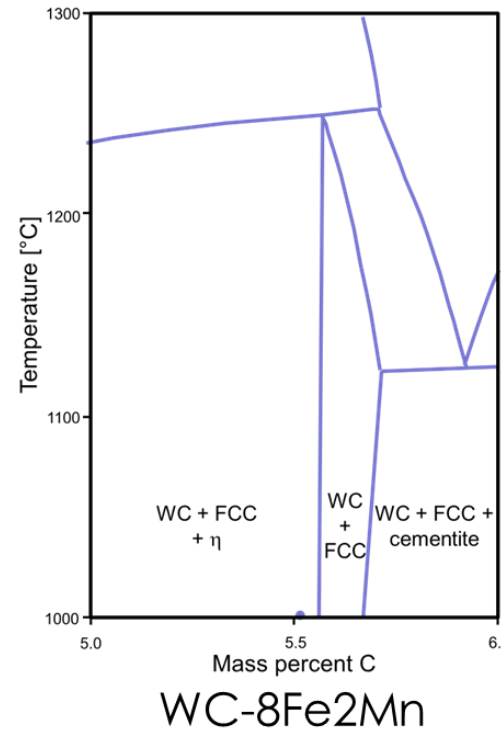
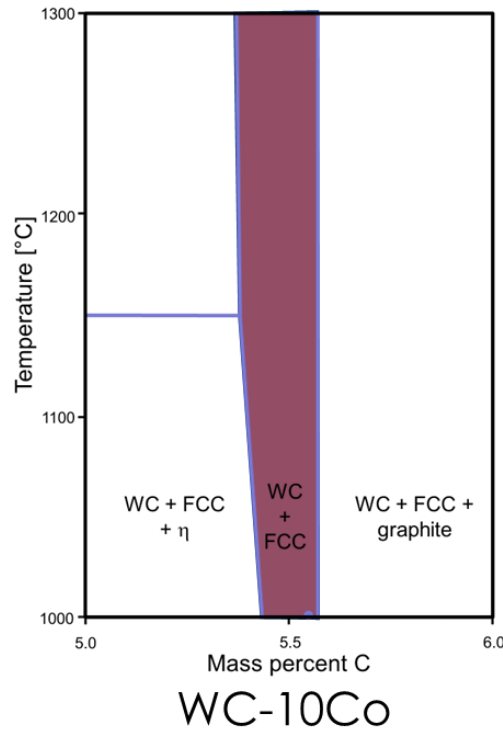
Source : independent.co.uk

Solution : Liants base Fe-Mn ?

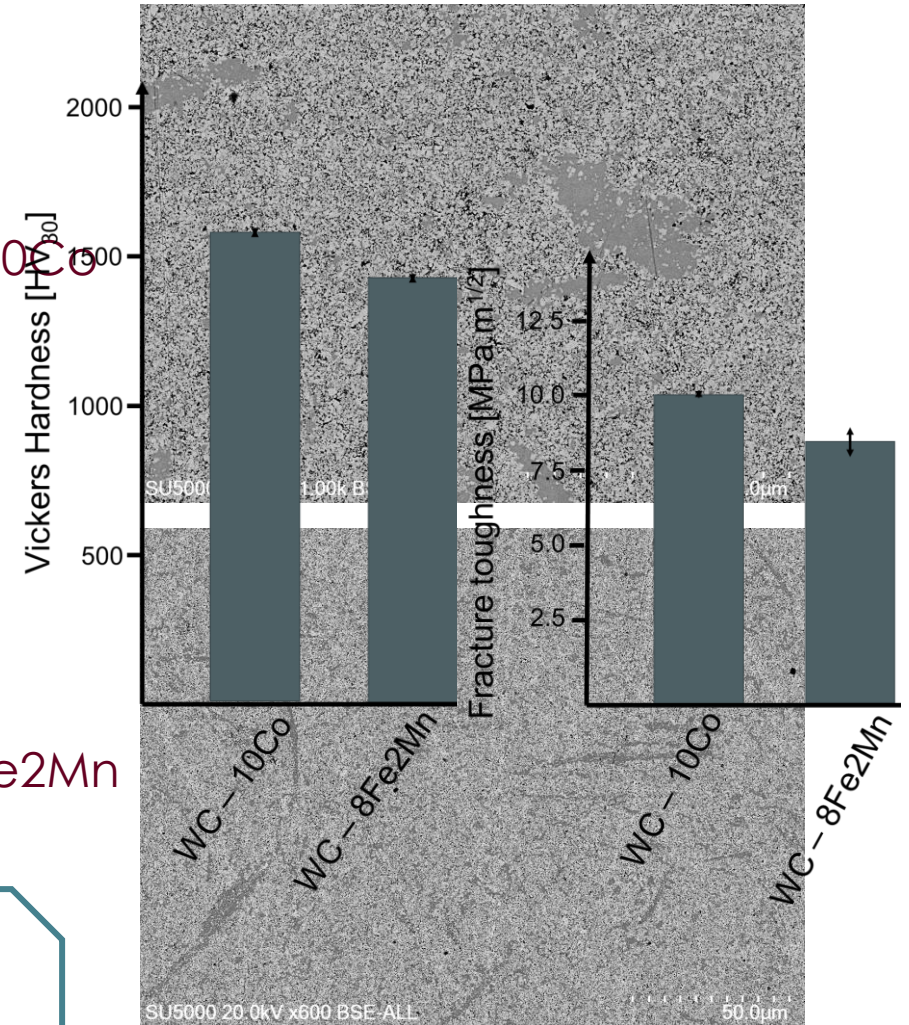


- Diagrammes **pseudo**-binaires W-C en présence de liant
 - Température : [1000;1400]°C
 - Proportion de carbone : [4;6] wt.%
- **Objectif** : point stœchiométrique inclus dans la fenêtre carbone
- **À éviter** :
 - Recours à un liant trop carburigène $\rightarrow \eta$
 - Recours à un liant trop non-carburigène $\rightarrow$ graphite $\rightarrow$ Dopage au carbone du liant ?

Solution : Liants base Fe-Mn ?



WC-10Co
WC-8Fe2Mn



Presented at 21Plansee seminar (2025)

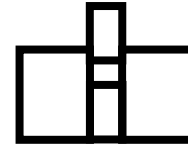
Objectif de cette étude: Optimisation des liants Fe-Mn pour le carbure de tungstène

Matériel et méthodes



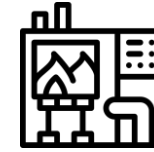
Broyage

- Broyeur planétaire à haute énergie
- Deux étapes de broyage
- 300 rpm



Pressage

- Pressage uniaxial à froid
- Lubrifiant : stéarate de Zinc



Frittage SPS

- 50 MPa de pression
- 5' à 1200 °C
- Montée et descente de températures : 100 °C/min

Microstructure

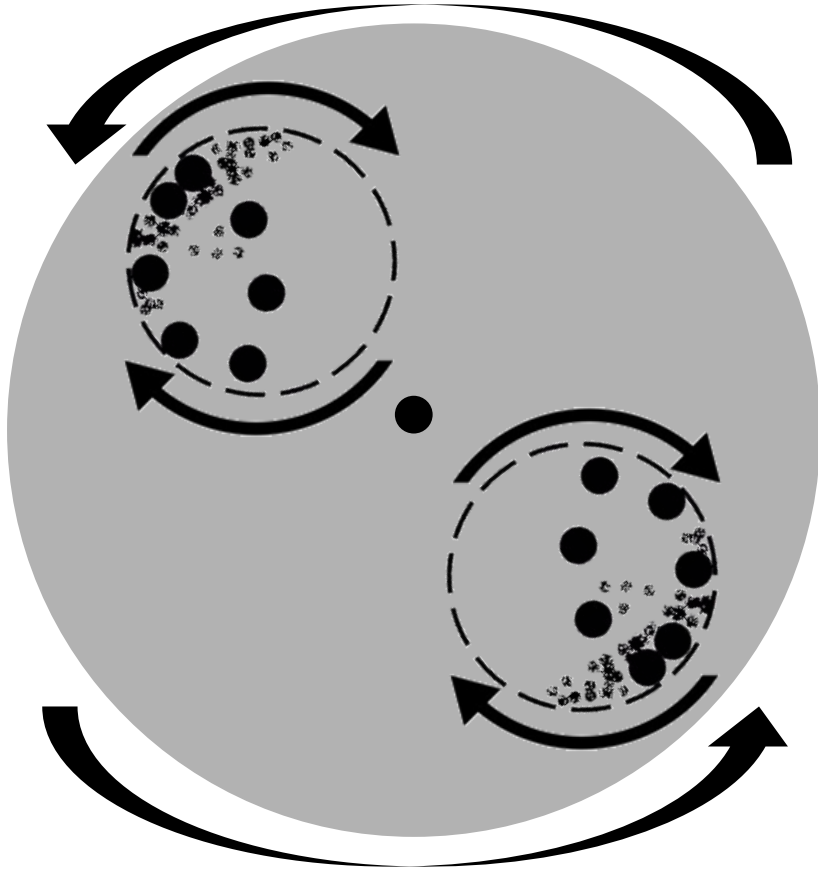
- Taille des grains
- Répartition des phases
- Caractérisation des porosités

Propriétés mécaniques

- Dureté Vickers
(objectif : $> 1600 \text{ HV}_{30}$)
- Ténacité par Palmqvist
(Objectif : $> 9 \text{ MPa.m}^{1/2}$)

Matériel et méthodes – Broyage

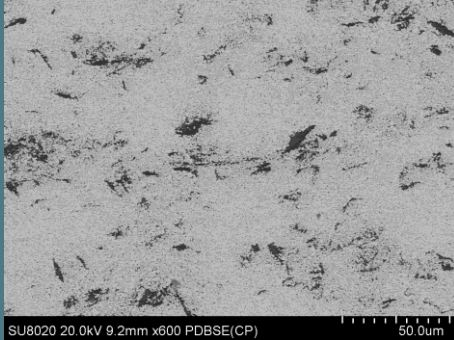
Broyeur planétaire à haute énergie



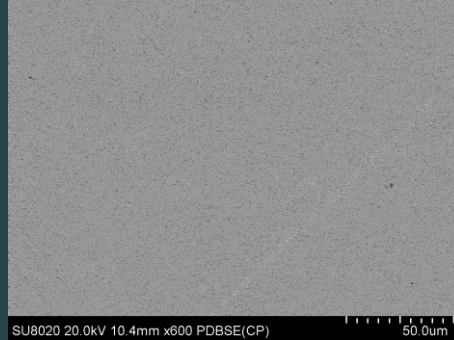
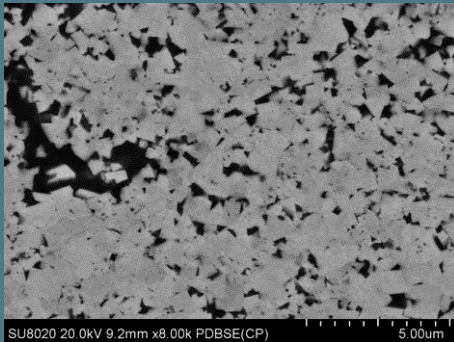
Broyage en deux étapes :

1. Broyage des poudres de liant et additifs (dopage au carbone) | 10 h_{eff}, 300 rpm, éthanol
2. Mélange WC + Liant + additifs | 5 h_{eff}, 300 rpm, éthanol

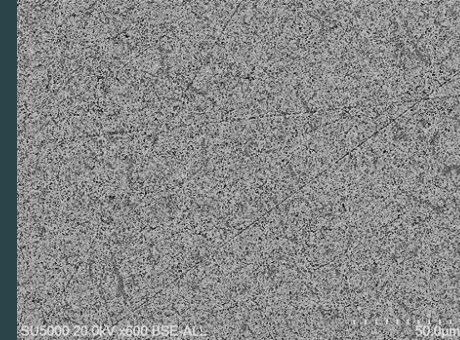
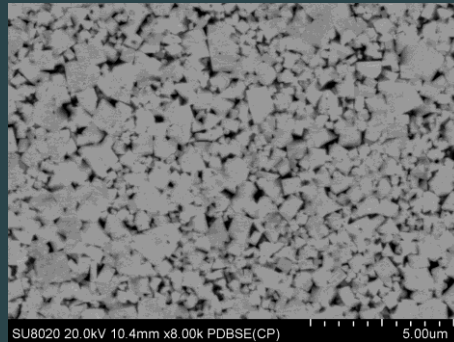
Résultats et interprétations



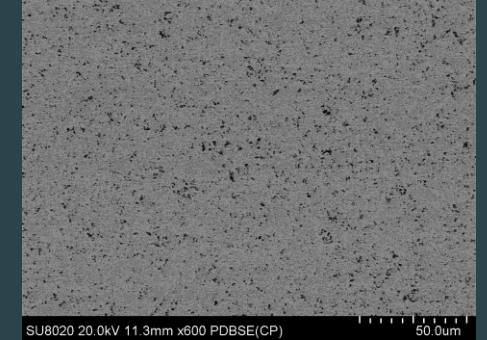
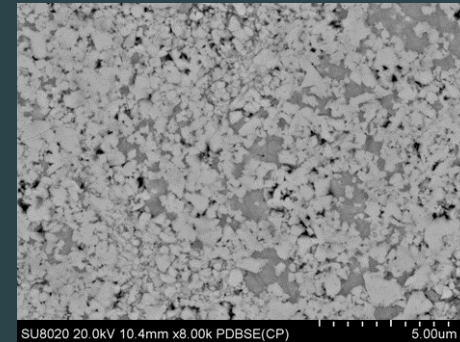
WC-10Co



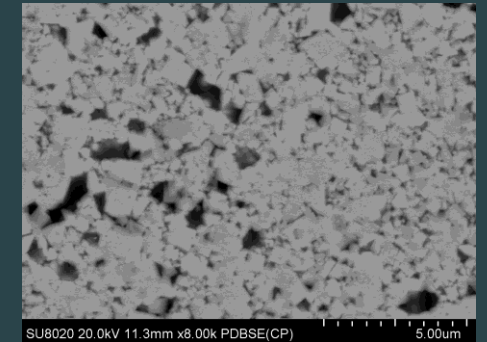
WC-10Fe +
2 wt. %C



WC-8Fe2Mn
+ 2 wt. %C

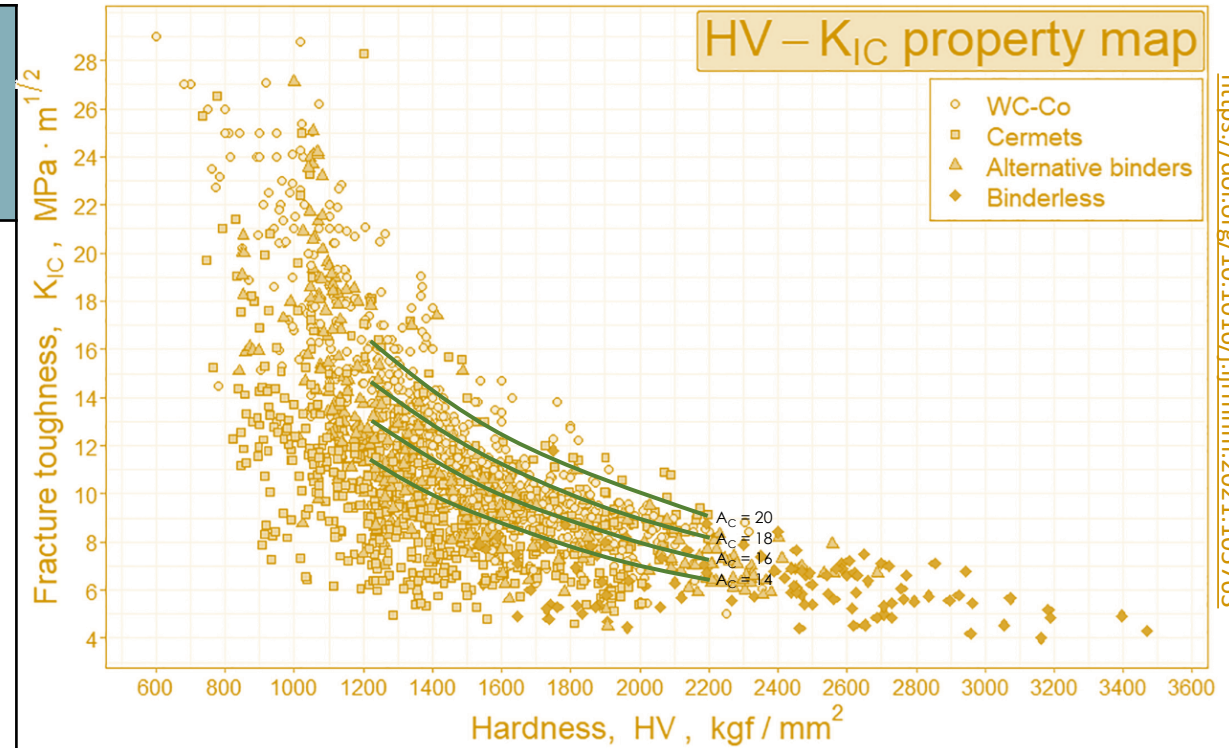


WC-6Fe4Mn
+ 1 wt. %C



Résultats et interprétations

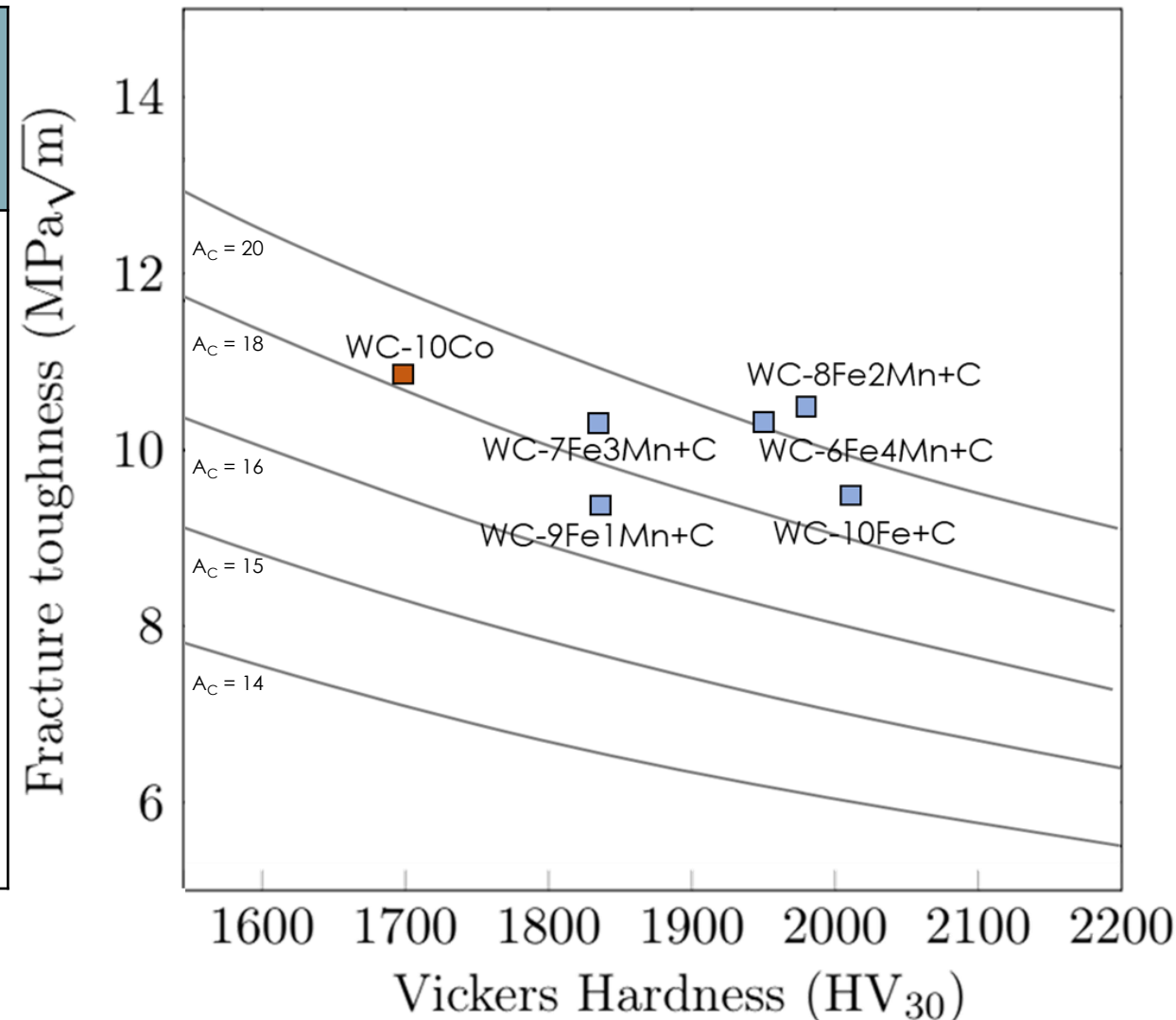
	Densité relative [%]	HV ₃₀	K _{IFR} [MPa.m ^{1/2}]
WC-10Co	94	1699±40	10.8±0.3
WC-10Fe	92	2026±29	9.7±0.2
WC-9Fe1Mn+C	94	1851±41	9.7±0.3
WC-8Fe2Mn+C	96	1976±54	10.3±0.2
WC-7Fe3Mn+C	93	1830±37	10.2±0.3
WC-6Fe4Mn+C	93	1950±41	10.2±0.7



<https://doi.org/10.1016/j.jirmhm.2021.105763>

Résultats et interprétations

	Densité relative [%]	HV ₃₀	K _{IFR} [MPa.m ^{1/2}]
WC-10Co	94	1699±40	10.8±0.3
WC-10Fe	92	2026±29	9.7±0.2
WC-9Fe1Mn+C	94	1851±41	9.7±0.3
WC-8Fe2Mn+C	96	1976±54	10.3±0.2
WC-7Fe3Mn+C	93	1830±37	10.2±0.3
WC-6Fe4Mn+C	93	1950±41	10.2±0.7



Conclusions & perspectives

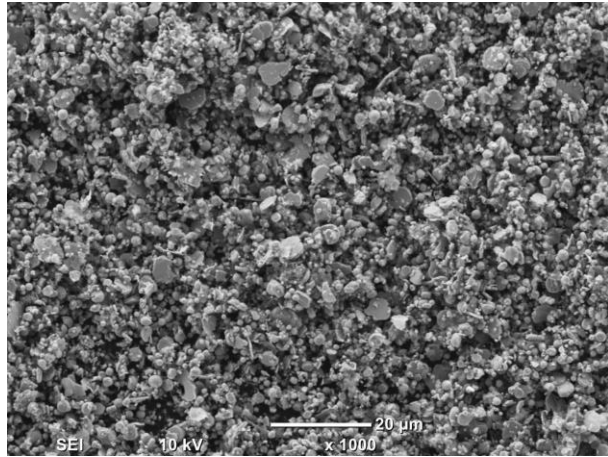
- **Frittage SPS** des composites WC-8Fe2Mn(+C) et comparaison avec la référence WC-10Co :
 - Microstructure plus homogène, malgré des taux de porosités plus importants
 - Meilleur ratio de HV_{30} and K_{IFR}
- Le dopage au carbone permet d'enrayer l'apparition de phase- η
- De futures investigations porteront sur l'optimisation des paramètres de mise-en-œuvre (frittage notamment) afin de les adapter au mieux aux nouveaux composites

Remerciements

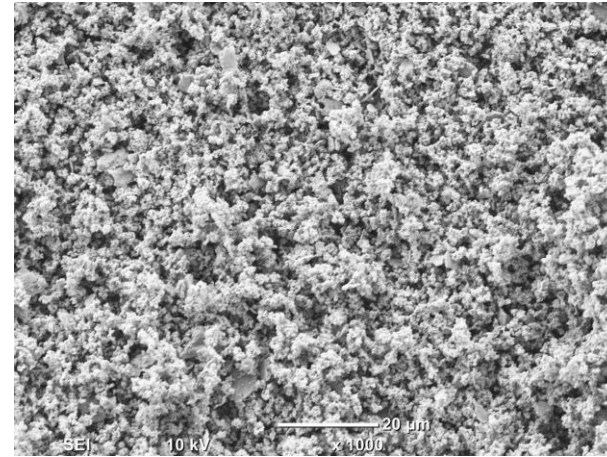
- Nous adressons nos remerciements à :
 - **Materia Nova** pour leur support technique, et pour les images MEB
 - **Ceratizit** pour nous avoir fourni la poudre de carbure de tungstène
 - Le **FRIA/FNRS** (Fonds National pour la Recherche Scientifique) pour le financement de cette étude et de la thèse



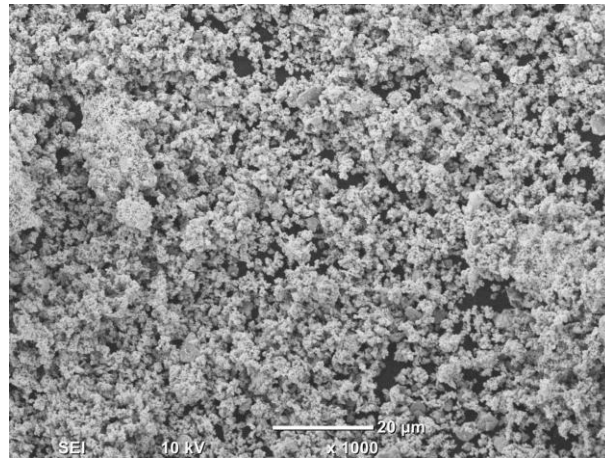
Results & interpretations



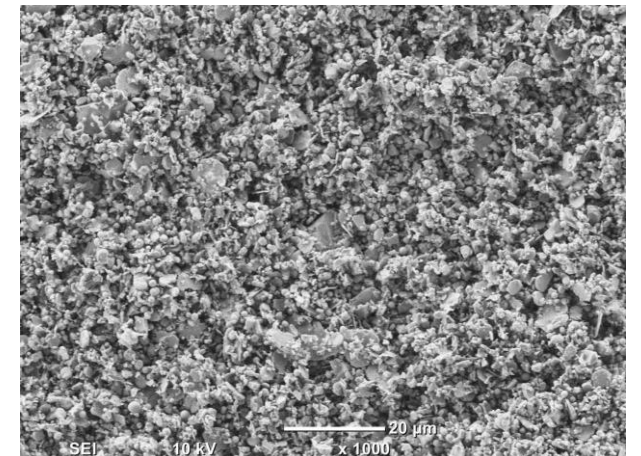
WC-10Co



WC-8Fe₂Mn



WC-10Fe



WC-6Fe₄Mn