

Extraction de composés organiques par CO₂ supercritique : applications au recyclage des polymères

Yvan Chalamet ^a

^a Laboratoire IMP, Université Jean Monnet, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, UMR 5223, Ingénierie des Matériaux Polymères, F-69621 Villeurbanne CEDEX, France

* yvan.chalamet@univ-st-etienne.fr

Résumé :

Dans une optique de réduire l'impact environnemental des polymères, leur recyclage après utilisation est désormais indispensable. Ces matériaux nécessitent une étape de purification permettant l'extraction des additifs ou colorants issus d'une formulation antérieure, des produits de dégradation et des divers polluants externes. Ces composés à extraire présentent diverses caractéristiques et propriétés physico-chimiques (polarité, masse molaire, température d'ébullition, etc.) rendant les procédés usuels d'extraction par solvant ou sous pression réduite inadaptés. Il s'agit donc de mettre en œuvre un procédé efficace de purification de matrices polymères permettant l'extraction de composés organiques variés. L'utilisation du CO₂ dans ses conditions supercritiques constitue une voie intéressante. En adaptant les conditions opératoires, diverses études menées en autoclave au laboratoire ont permis de montrer l'efficacité de l'utilisation de ce fluide pour dépolluer, désodoriser mais aussi décolorer des fibres textiles.

Un autre objectif consiste à transposer ce procédé en autoclave, discontinu donc, vers un procédé continu par extrusion. Outre l'adaptation du matériel aux conditions de pression et de température nécessaires à atteindre les conditions supercritiques, le couplage de l'extrusion bivis et de l'extraction par CO₂ supercritique suppose également une connaissance approfondie des paramètres physico-chimiques pilotant le transfert de masse (diffusion, solubilité, etc.), une optimisation du renouvellement de la surface d'échange CO₂/matière et le temps de séjour/traitement de la matière. Ce dernier paramètre constitue souvent le facteur limitant dans l'utilisation de ce procédé. Afin d'estimer les paramètres opératoires permettant de pallier ce temps de séjour court, il a été montré que l'obtention d'un film fin de matière fondue permettait une extraction très rapide. En effet, une géométrie semi-infinie d'épaisseur réduite optimise la surface d'échange CO₂/matière et permet ainsi de s'affranchir des phénomènes de diffusion des polluants hors de la matière et de diffusion du CO₂ sc au sein de celle-ci. Un mobile d'agitation s'inspirant du principe de racle pour la dévolatilisation a été proposé. La géométrie de ce mobile est parfaitement adaptée pour favoriser l'échange entre la matière et le CO₂ supercritique, tout en restant compatible avec les écoulements proches de la matière induits en extrusion bivis. La figure 2 montre le parallèle entre l'extrusion bivis et l'autoclave pour l'extraction : au niveau du film, le traitement d'une portion de matière est quasi instantané, jusqu'au traitement complet de la matière grâce aux bourrelets induisant un renouvellement continu. Les cinétiques de traitement de la matière en autoclave et en extrusion bivis ont été suivies visuellement à l'aide d'un pigment sensible au CO₂ contenu dans une matrice visqueuse modèle. Cela a permis de vérifier le parallèle entre les deux procédés étudiés et de déterminer les paramètres opératoires favorisant l'extraction. Il s'avère que la maximisation de la surface d'échange CO₂/matière est un paramètre plus influent que le renouvellement de cette surface.

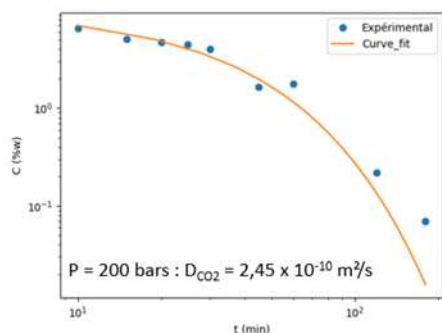


Figure 1 - Modélisation numérique de la cinétique de perte de polluant sous CO₂sc pour $e = 1\text{mm}$.

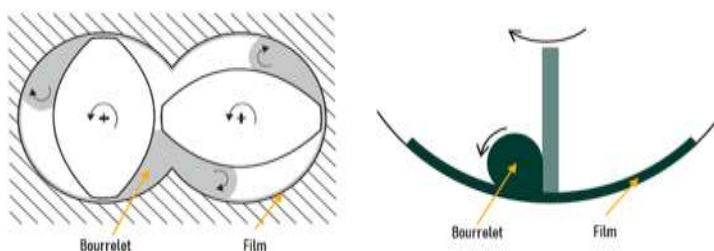


Figure 2 - Représentation schématisée des écoulements de matière au sein d'une zone de convoyage en extrusion bivis (gauche) et du procédé de dévolatilisation par racle (droite)