

Résine TK202

Applications Principales

- Séparation du technétium
- Séparation du rhénium

Conditionnements

Référence N°	Format	Taille de particule
TK202-B25-K, TK202-B50-K, TK202-B100-K, TK202-B200-K	Bouteilles de 25g, 50g, 100g et 200g de Résine TK202	60 – 150 µm
TK202-R10-K	10x2mL cartouches de Résine TK202	60 – 150 µm

Colonnes de plus grandes tailles disponibles sur demande.
TK202-R10-K est souvent utilisée avec les références suivantes :

Référence N°	Format	Taille de particule
C8-R10-M-H	10x2mL cartouches de Résine C8	100-200 mesh
AlOxA1-R10- L	10x1mL cartouches de Résine AlOxA	50 – 200 µm

Propriétés physiques et chimiques

Densité : ~0.58 g/mL de Résine TK202

Conditions d'utilisation

T° d'utilisation recommandée : 20 – 25°C

Stockage : sec et à l'abris de la lumière, T° < 30°C (préférentiellement à 2 – 8°C)

Débits recommandés : Chargement et rinçage à 1BV/min, élution à 0.25BV/min

Résine TK202

La Résine TK202 est basée sur des groupements polyéthylène glycol (PEG, Fig. 1), de hauts poids moléculaires, liés de façon covalente à un support polymère.

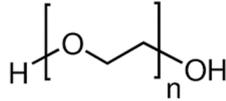


Figure 1 : PolyEthylène Glycol (PEG).

Le mécanisme d'action de la Résine TK202 est basé sur un système aqueux biphasique (ABS), les groupements PEG agissant comme un support solide permettant la séparation. En présence d'une solution aqueuse ayant une importante force ionique et une forte concentration en anions stabilisant la phase aqueuse (kosmotropiques) tels que SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , OH^- , mais également MoO_4^{2-} ou WO_4^{2-} (1), les ions chaotropiques, TcO_4^- et ReO_4^- , seront extraits préférentiellement, alors que les ions non-chaotropiques ne seront pas retenus, e.g. le MoO_4^{2-} .

Par conséquent, la rétention de Tc (et Re) s'améliorera en augmentant la concentration des anions kosmotropiques.

La Fig. 2 représente les valeurs des coefficients de distribution D_w , pour Tc, Re et Mo, pour la Résine TK202 à différentes concentrations en NaOH.

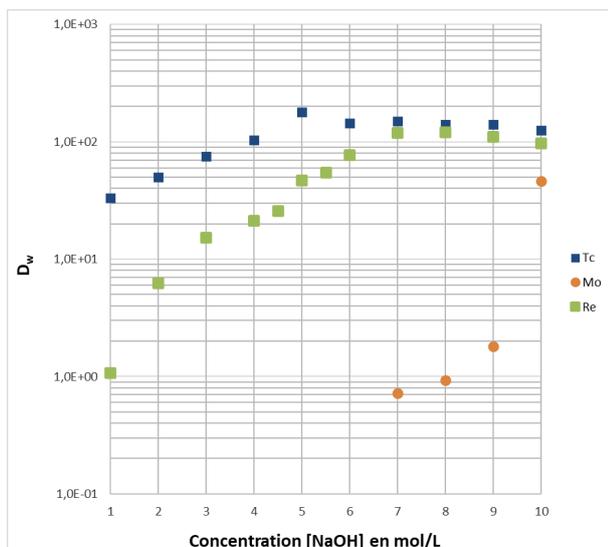


Figure 2 : Coefficients de distribution D_w pour Tc, Re and Mo pour la Résine TK202 à différentes concentrations en NaOH. Données pour Tc obtenues par Cieszykowska et al.(2).

Une concentration en NaOH de 5 à 7M doit être privilégiée, étant donné que la rétention de Tc (et Re) y est la plus élevée pendant que celle de Mo y est très faible. Des concentrations en NaOH plus élevées pourraient également être utilisées, la résine montrant aussi une sélectivité limitée pour le Mo dans ces conditions.

Comme indiqué ci-avant, le MoO_4^{2-} est lui-même un anion kosmotropique. Ainsi, une augmentation de sa concentration conduira à une rétention plus élevée de Tc (et Re) avec un système ABS tel que dans le cas de la Résine TK202, comme présenté sur la Fig. 3. Une augmentation significative de la rétention de Tc est ainsi observée en augmentant la quantité de Mo.

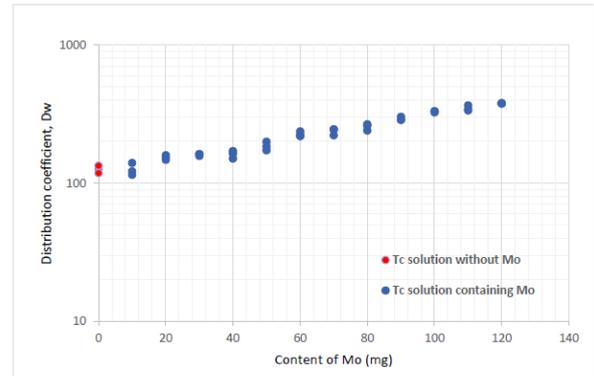


Figure 3 : Coefficients de distribution D_w pour Tc en NaOH 5M pour 40 mg de Résine TK202 en fonction de la quantité de Mo. Données obtenues par Cieszykowska et al.(2).

Cela est donc particulièrement approprié dans le cas de la séparation de Tc d'importantes quantités de Mo (e.g. cibles de Mo irradiées).

Cieszykowska et al.(2) ont estimé qu'en présence de 6 à 8g de Mo par g de Résine TK202 il est possible de récupérer une quantité importante de Tc (>90%). Dans leur étude, une augmentation de la quantité de Mo à 12g par g de Résine TK202, permet la récupération de ~82% du Tc.

Le Tc et Re retenus peuvent alors être élués avec de l'eau, entraînant la rupture du système ABS, par diminution de la concentration en anions kosmotropiques.

Comme déjà mentionné, la séparation du Tc-99m de cibles de Mo irradiées, est une application potentielle de la Résine TK202. En effet, la sélectivité importante pour le Tc vis-à-vis du Mo et le fait que la présence d'une quantité importante de

FICHE PRODUIT

Mo augmente la rétention du Tc, font que la Résine TK202 est particulièrement adaptée pour ce type d'applications.

En plus de la production de Mo-99, pour la fabrication de générateurs Mo-99/Tc-99m, par fission de U-235, il existe d'autres méthodes de production. Trois de ces méthodes sont basées sur l'irradiation de cible de Mo :

- Activation neutronique (n, γ) de Mo-98 par réaction ($\text{Mo-98} (n, \gamma) \text{Mo-99}$), majoritairement réalisée dans un réacteur à haut flux neutronique.
- Réaction (γ, n) de Mo-100 photo-induite ($\text{Mo-100} (\gamma, n) \text{Mo-99}$) par photons (γ) produits par irradiation de cibles lourdes (converter), e.g. avec des faisceaux d'électrons.
- Production directe de Tc-99m dans un cyclotron utilisant des cibles Mo-98 ($\text{Mo-98} (p, 2n) \text{Tc-99m}$)⁽⁴⁾. Cette méthode présente, du fait de la courte période de Tc-99m, certains défis logistiques et permettra bien souvent de fournir plutôt des utilisateurs proches du centre de production. Elle nécessite une méthode de séparation du Tc-99m produit, simple et très rapide.

Les deux premières méthodes décrites ont tendance à produire du Mo-99 d'activité spécifique limitée, notamment comparée au Mo-99 produit à partir de la fission de U.

Ainsi, les utiliser avec e.g. des générateurs basés sur un système de colonne d'alumine amènera, du fait de la capacité limitée de ce type de colonne, à des générateurs Mo-99/Tc-99m d'activités relativement faibles.

Dans une telle situation, utiliser une résine, e.g. la Résine TK202, pour extraire le Tc-99m provenant de la décroissance du Mo-99, tout en laissant passer le Mo (« générateur inversé »), sera souvent une solution préférée.

Pour les trois méthodes énoncées, la récupération et le recyclage du Mo enrichi est très importante, étant donné son coût et sa disponibilité limitée.

Les méthodes de production décrites ci-dessus requièrent toutes l'emploi d'une résine avec une forte sélectivité pour le Tc vis-à-vis d'une quantité importante de Mo. Idéalement, comme les cibles de Mo sont le plus souvent dissoutes dans des solutions de NaOH concentrées, la résine doit avoir une sélectivité importante dans de telles conditions.

Cela est le cas de la Résine TK202. Le Tc peut ensuite être récupéré avec de l'eau, même si d'autres étapes de purification seront nécessaires afin d'ajuster le pH et la concentration en Na^+ du produit final.

Les premières études d'éluion en utilisant Re à la place de Tc ont confirmé la forte sélectivité pour le Re (également confirmée pour le Tc sur des tests séparés) vis-à-vis de Mo.

La Fig. 4 présente une étude d'éluion réalisée avec Mo et Re à l'état de traces. Elle montre ainsi une séparation efficace des deux éléments. Le Mo est éliminé lors du chargement et les rinçages suivants (les deux pouvant être effectués en 5 – 7M NaOH), alors que le Re est ensuite élué dans un petit volume d'eau.

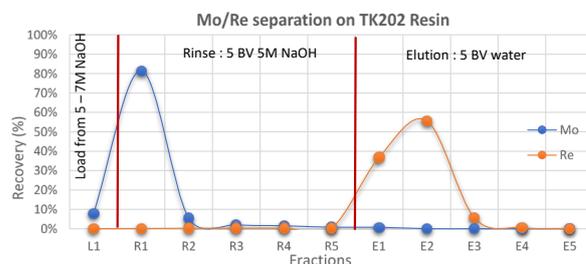


Figure 4 : Etude d'éluion, Mo et Re présents à l'état de traces, sur une cartouche 2mL de Résine TK202, chargement et rinçage à 1 BV/min, éluion à 0.25 BV/min.

La sélectivité générale ayant été confirmée, d'autres tests ont été effectués, avec des quantités de Mo plus importantes.

La Fig. 5 montre la séparation de Re à l'état de traces de 2g de Mo, comme e.g. généralement requis dans le cas de la production du Tc-99m par irradiation de Mo-98 dans un cyclotron⁽⁴⁾.

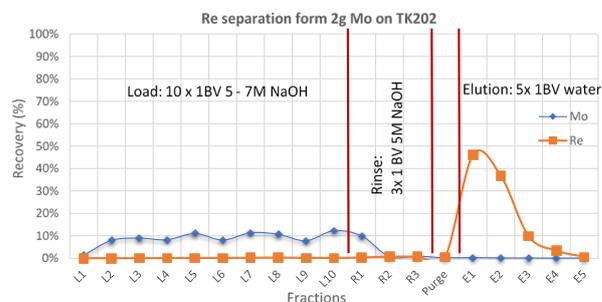


Figure 5 : Etude d'éluion, séparation de Re présent à l'état de traces et de 2g de Mo, sur une cartouche 2mL de Résine TK202, chargement et rinçage à 1 BV/min, éluion à 0.25 BV/min.

FICHE PRODUIT

Il est important de noter que purger la résine, e.g. avec de l'air, entre rinçages et éluions, pour éliminer un maximum de NaOH de la résine, est important dans le but de réduire les quantités de Na⁺ et OH⁻ présents dans les fractions Tc/Re.

Il a ensuite été montré qu'une diminution du débit lors de l'éluion de la Résine TK202 permet d'affiner le pic d'éluion et donc de diminuer le volume requis pour l'éluion.

Comme discuté précédemment, la Résine TK202 peut être utilisée pour extraire le Tc-99m issu de la décroissance du Mo-99 présent dans une solution alcaline. Des cibles de Mo bien plus grosses sont alors généralement irradiées.

C'est ainsi que la séparation de Re de 100g de Mo a été testée. Comme le montre la Fig. 6, une séparation efficace de Mo et Re a également été possible. Cependant, étant donnée la quantité initiale importante de Mo, une purification supplémentaire du Tc sera requise.

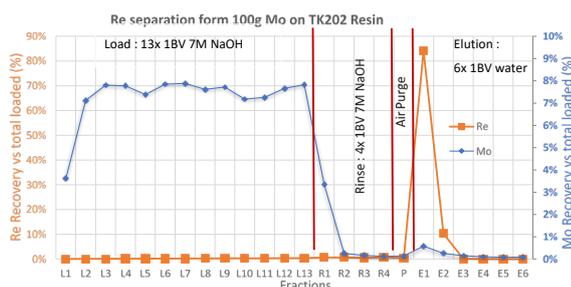


Figure 6 : Etude d'éluion, séparation de Re présent à l'état de traces et de 100g de Mo, sur une colonne de 75mL de Résine TK202, chargement et rinçage à 0,5 BV/min, éluion à 0.2 BV/min.

Des méthodes pour la séparation de Tc de quantités de Mo encore plus importantes (e.g. >200g) sont en cours d'investigation.

Comme rapporté par e.g. Bénard et al.⁽⁴⁾, une possibilité pratique pour la purification additionnelle du Tc est l'utilisation d'une résine échangeuse de cations (pour enlever le Na⁺ et ajuster le pH), suivie par une colonne d'alumine (pour la concentration de Re/Tc et l'élimination des traces de Mo résiduelles).

Il est important, notamment pour la cartouche/colonne de résine échangeuse de cations, d'ajuster sa taille à la quantité de Mo présente dans la solution alcaline initiale et à la taille de la cartouche/colonne de Résine TK202. Concernant la taille de la cartouche de Résine AIOxA, la quantité résiduelle de Mo sera le principal paramètre à prendre en compte.

La Fig. 7 décrit la suite de la séparation avec 2g de Mo, présentée sur la Fig. 5. Les fractions de Re obtenues (E1 – E4) sont rassemblées et chargées sur une cartouche de résine échangeuse de cations (Résine C8), qui est ensuite rincée avec de l'eau. Les fractions de chargement et la première fraction de rinçage, contenant tout le Re (ou Tc), sont collectées, analysées et combinées pour l'étape finale de séparation.

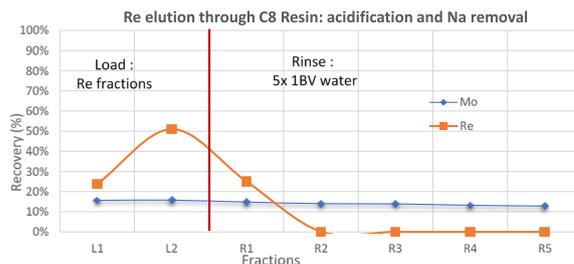


Figure 7 : Suite de la séparation de traces de Re de 2g de Mo (voir Fig. 5). Elimination de Na⁺ et ajustement du pH des fractions Re sur une cartouche 2 mL de Résine C8, chargement et rinçage à 2 BV/min.

Comme indiqué ci-avant, à ce stade de la purification, la fraction Re doit être en dessous de pH 7 (généralement 3 – 5) et très largement sans cation Na⁺.

Il a pu être montré que dans ces conditions, l'alumine acide retiendra Re/Tc (et Mo). Ensuite, une solution 0.9% NaCl permettra d'éluier le Re/Tc dans un petit volume, alors que le Mo résiduel sera toujours fortement retenu, améliorant encore la pureté du Re/Tc produit. La purge d'air indiquée n'est pas nécessaire dans le cas de la Résine AIOxA (alumine acide).

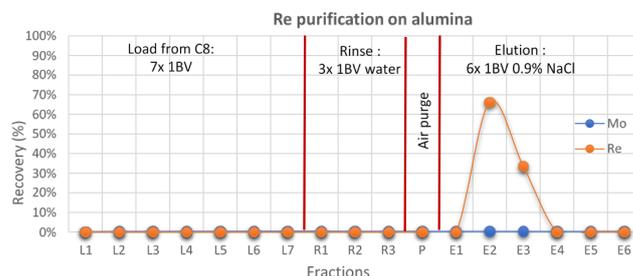


Figure 8 : Concentration, purification et conversion en NaCl 0.9% de la fraction Re, sur une cartouche 1mL de Résine AIOxA, à 2 BV/min.

Cela présente ainsi l'avantage d'obtenir le Tc dans la même matrice (NaCl 0.9%) que celle délivrée par un générateur Mo-99/Tc-99m. Des rendements en Re de l'ordre >90% ont été obtenus lors des tests à froid.

FICHE PRODUIT

Une représentation schématique de la méthode de séparation suggérée est donnée ci-dessus, Fig. 9. La méthode peut être appliquée pour la séparation du Tc de cibles de Mo de différentes tailles, le volume des cartouches/colonnes étant à adapter en conséquence.

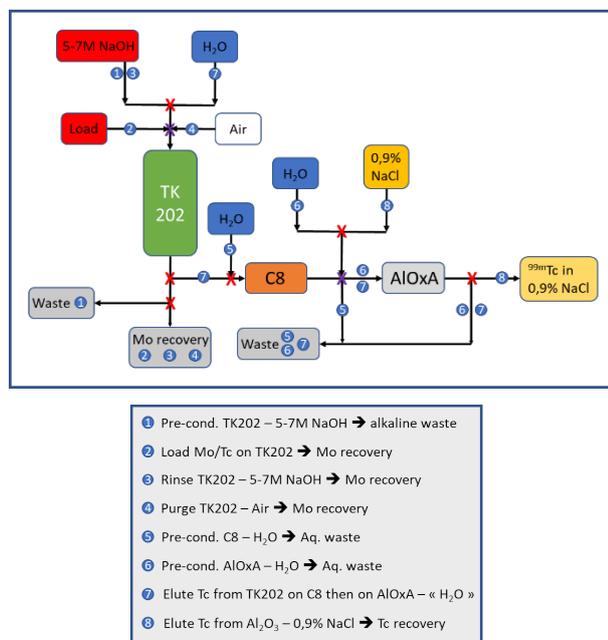


Figure 9 : Représentation schématique de la méthode de séparation Tc/Mo.

En plus de la résine TK202, TrisKem International fournit également la Résine C8 ainsi que la Résine AlOx A. Toutes ces résines sont disponibles dans des colonnes/cartouches de différentes tailles (en fonction de la taille de la cible de Mo).

Veuillez nous contacter pour plus d'information.

En plus de l'utilisation radiopharmaceutique décrite, la Résine TK202 peut aussi être employée pour des applications radioanalytiques, notamment pour l'analyse d'échantillons de Tc-99 qui ont été solubilisés via fusion alcaline.

Les échantillons solubilisés (e.g. échantillons de bétons émanant de travaux de démantèlement) peuvent, après élimination des particules non solubles, être ajustés à une concentration en NaOH de 5 – 7M puis passés au travers de la Résine TK202 pour séparer le Tc.

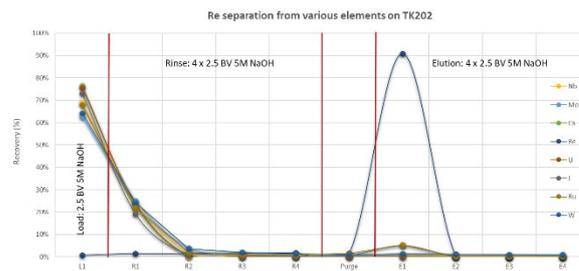


Figure 10 : Séparation de Re d'éléments sélectionnés sur une cartouche 2mL de Résine TK202, chargement et rinçage à 1 BV/min, élution à 0.25 BV/min.

Afin d'augmenter la pureté de la fraction Tc obtenue, celle-ci peut ensuite être passée, comme décrit ci-avant, sur Résine C8 et même sur Résine AlOx A.

Bibliographie

- (1) S.K. Spear et al. "Radiopharmaceutical and Hydrometallurgical Separations of Perrhenate Using Aqueous Biphasic Systems and the Analogous Aqueous Biphasic Extraction Chromatographic Resins", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2000, 39, 3173 – 3180, <https://doi.org/10.1021/ie990583p>
- (2) I. Cieszykowska et al.: "Separation of ^{99m}Tc from low specific activity ⁹⁹Mo", poster ID 195 presented at the ISTR 2019, October 28 – November 1, Vienna, Austria
- (3) IAEA Nuclear Energy Series, No. NF-T-5.4: "Non-HEU Production Technologies for Molybdenum-99 and Technetium-99m", INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 2013
- (4) F. Bénard et al. "Cross-Linked Polyethylene Glycol Beads to Separate ^{99m}Tc-Pertechnetate from Low-Specific-Activity Molybdenum", *Journal of Nuclear Medicine*, 2014, <https://doi.org/10.2967/jnumed.114.14383>