



La Montanuniversität Leoben (MUL) est l'université autrichienne des ressources, des matériaux et de l'ingénierie minière. Par l'intermédiaire de son centre de recherche Zentrum am Berg (ZaB), la MUL met au point des technologies de creusement de tunnels économes en ressources ainsi que des solutions permettant la réutilisation des matériaux excavés. Partenaire du projet européen iRIS (Horizon Europe, convention de subvention n° 101275935), la MUL est responsable des questions relatives aux matériaux excavés et à l'utilisation des sols dans le cadre de la phase préparatoire du télescope Einstein (ET-PP).

Contact : Robert Galler

robert.galler@unileoben.ac.at

Franz Josef-Straße 18, 8700

Leoben, Autriche

T +43 3842 402 3400

Site Internet : www.unileoben.ac.at

Le point de vue de Montanuniversität Leoben

EN BREF.

Du point de vue de la gestion des ressources et de l'économie circulaire, le FCC est plus qu'un instrument physique : c'est l'occasion de démontrer comment une grande infrastructure européenne peut être construite tout en transformant l'une de ses contraintes environnementales, les matériaux excavés, en ressource. Aujourd'hui, les taux de réutilisation des matériaux excavés et des matériaux de construction en Europe ne sont que d'environ 30 %, principalement parce que les méthodes classiques de caractérisation en laboratoire nécessitent plusieurs jours et ne permettent pas de prendre des décisions directement sur le chantier (Hale et al., Sustainability, 13(11), 6083, 2021).

Dans le cadre du projet Horizon Europe iRIS, MUL et ses partenaires développent une caractérisation en temps réel des matériaux excavés et des processus soutenus par l'IA afin de reconstituer un sol fonctionnel à partir des flux d'excavation et de démolition. Ces technologies sont actuellement testées à l'aide d'échantillons de matériaux provenant du CERN et des sites candidats au télescope Einstein, avec pour objectif explicite d'être disponibles pour la construction du FCC. Des études indiquent que la gestion circulaire des matériaux d'excavation du FCC pourrait réduire considérablement les coûts associés tout en restaurant les terres dégradées et en créant des compétences, des emplois et un savoir-faire transférable pour les secteurs de la construction et du recyclage dans leur ensemble. Nous estimons donc que le FCC, s'il est réalisé selon une telle approche, constitue un levier crédible en faveur de l'économie circulaire dans la région et en Europe, et nous recommandons que les principes de l'économie circulaire soient intégrés au projet dès sa phase de conception.

Cette traduction en français du cahier d'acteur rédigé initialement en anglais a pour but d'en permettre la lecture pour un public francophone. Elle pourrait cependant différer de la version originale en anglais à quelques égards. En cas de doute, la version anglaise fait foi.



1. Pourquoi une université des ressources prend-elle position sur le FCC ?

La MUL possède plusieurs décennies d'expérience dans la construction souterraine et la gestion des matériaux excavés, notamment grâce à des projets financés par l'Union européenne portant sur le creusement de tunnels économe en ressources (Galler, Geomechanics and Tunnelling, 8(4), 2015), ainsi qu'à des recherches en cours sur des stratégies fondées sur l'intelligence artificielle pour la réutilisation des matériaux issus de l'excavation de tunnels (Hauzinger, Schneider & Galler, World Tunnel Congress, 2025). Partenaire du projet iRIS et responsable des questions relatives aux matériaux excavés dans le cadre de la phase préparatoire du télescope Einstein, la MUL travaille directement sur la problématique que soulève le FCC à une échelle sans précédent : que faire des roches et des terres issues du creusement d'un tunnel de 90,7 km, et qui peut en bénéficier ?

2. Le matériau excavé est une ressource, pas un déchet.

En Europe, seuls 30 % environ des matériaux excavés et de construction sont actuellement réutilisés, le reste étant en grande partie mis en décharge. L'obstacle n'est pas la technologie, mais la prise de décision : l'analyse en laboratoire de la qualité du matériau prend des jours, de sorte que le matériau doit être transporté et déposé avant que son potentiel de réutilisation ne soit connu (Hale et al., 2021 ; Cherrey et al., Congrès mondial des tunnels, 2023, sur le tunnel de base Lyon-Turin).



Le projet iRIS vise à résoudre ce problème. Il développe un dispositif déployable sur le terrain permettant de caractériser les matériaux en temps réel sur le convoyeur, en combinant la spectroscopie laser (LIBS), la transmission par rayons X et des capteurs optiques (VIS/NIR) avec des modèles d'intelligence artificielle. Il vise des vitesses de convoyeur de 2 m/s et une précision de classification d'au moins 85 % en conditions réelles d'exploitation, ramenant le temps d'analyse de plusieurs jours à quelques secondes et orientant les matériaux vers une filière de valorisation en faisant correspondre leurs caractéristiques à des seuils prédéfinis. L'objectif est d'augmenter les taux de réutilisation de 30 % à 60 % et de réduire les volumes de déchets mis en décharge jusqu'à 40 %. Le FCC serait la première infrastructure de cette envergure à pouvoir appliquer une telle technologie dès le premier mètre d'excavation, servant d'exemple pratique pour un déploiement à grande échelle dans l'ensemble de l'UE.

3. De la roche excavée à un sol fonctionnel.

Un deuxième pilier est la reconstitution des sols : produire des sols fonctionnels à partir de matériaux minéraux excavés mélangés à des flux organiques, afin de contribuer à la restauration des terres dégradées ou artificialisés. La Commission européenne classe les sols parmi les ressources non renouvelables, et leur restauration est un objectif central de la Stratégie de l'UE pour les sols à l'horizon 2030 et du Pacte vert. Dans le cadre d'un projet européen dédié, la reconstitution des sols est développée et démontrée grâce à une collaboration entre le CERN, la MUL, la BOKU, le BRGM, UCLouvain ainsi que d'autres partenaires universitaires et industriels.

L'argument socio-économique est significatif. Une première étude sur les retombées socio-économiques potentielles estime qu'une gestion circulaire des matériaux excavés du FCC, incluant la reconstitution des sols, pourrait ramener les coûts associés d'un montant estimé à 698 millions de CHF à 448 millions de CHF, soit une réduction d'environ 35 % (DOI : 10.5281/zenodo.154219 75, 2025). Au-delà des coûts, les sols reconstitués séquestrent le carbone, favorisent le rétablissement de la biodiversité et peuvent permettre de réutiliser les terres à des fins agricoles ou écologiques après la construction. La conformité réglementaire démontrée grâce à une classification des matériaux basée sur des données traçables peut en outre accélérer l'octroi des permis.

4. Bénéfices socio-économiques pour le territoire et pour l'Europe

De notre point de vue, les principaux effets socio-économiques d'un FCC construit selon les principes de l'économie circulaire sont les suivants :

- **Création de valeur à l'échelle locale :** une chaîne de valeur régionale de l'économie circulaire autour de l'excavation, du traitement, de la réutilisation et de la restauration des sols, impliquant des entreprises de construction locales, des transporteurs, des recycleurs et des acteurs agricoles plutôt que l'élimination à longue distance ;
- **Transfert de technologie :** le FCC servirait de projet pilote de référence pour les technologies de caractérisation en temps réel et de reconstitution des sols, ouvrant de nouveaux marchés aux PME européennes actives dans le creusement de tunnels, les infrastructures, le tri des déchets de démolition, le recyclage et la dépollution des sols, tout en renforçant leur compétitivité à l'échelle mondiale ;
- **Compétences et formation :** les grandes infrastructures de recherche forment des ingénieurs, des spécialistes des données et des spécialistes de l'environnement ; le projet européen iRIS associe explicitement ses pilotes à des programmes de formation ;
- **Réplication :** Les méthodes éprouvées à l'échelle du FCC peuvent servir de référence pour d'autres projets européens, notamment le Télescope Einstein, les projets ferroviaires et les projets d'énergie hydraulique.

Ces effets ne sont pas automatiques. Ils dépendent des décisions prises dès maintenant, lors de la phase de conception et d'approvisionnement, et c'est précisément la raison pour laquelle ce débat public est important.

5. Notre position et nos recommandations

La MUL porte une appréciation positive sur le projet FCC, à condition que les principes de l'économie circulaire soient considérés comme une exigence intrinsèque de sa conception et non comme un simple élément accessoire. Nous recommandons :

- que des objectifs de réutilisation et de valorisation des matériaux excavés soient intégrés au référentiel du projet ainsi qu'aux appels d'offres de construction ;
- que la caractérisation des matériaux en temps réel et leur tri sur site soient prévus sur les chantiers ;
- que des programmes de reconstitution des sols et de restauration des terrains soient élaborés conjointement avec les acteurs locaux et régionaux, avec le soutien des autorités françaises et suisses ;
- que les données de suivi des flux de matériaux soient rendues accessibles de manière transparente pendant les travaux, afin de renforcer la confiance du public et de faciliter le contrôle réglementaire ;
- que les possibilités de formation et d'emploi liées à ces activités soient durablement ancrées à l'échelle régionale.

Dans ces conditions, le FCC pourra démontrer que la recherche scientifique de pointe et une gestion responsable des ressources se renforcent mutuellement, en laissant au territoire non pas des amas de déblais, mais des terrains restaurés, de nouvelles compétences et un modèle de construction circulaire reconnu à l'échelle internationale.

Sources

iRIS — intelligent Research Infrastructure Sustainability, Horizon Europe, Convention de subvention n° 101275935 (Partie B). · Socio-economic impacts of the lepton collider-based research infrastructure, 2025, DOI: 10.5281/zenodo.15421975. · Hale, S. et al., Sustainability 13(11), 6083, 2021, DOI: 10.3390/su13116083. · Cherrey, A. et al., Proc. WTC 2023, DOI: 10.1201/9781003348030-30. · Galler, R., Geomechanics and Tunneling 8(4), 2015, DOI: 10.1002/geot.201500017. · Hauzinger, E., Schneider, D., Galler, R., WTC 2025, Stockholm. · Stratégie de l'UE pour les sols à l'horizon 2030, COM(2021) 699 final.

