



The Future Circular Collider Innovation Study (FCCIS) project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant No 951754. The information herein only reflects the views of its authors and the European Commission is not responsible for any use that may be made of the information.

## Projet FCC du CERN

### Programme de reconnaissance des zones à haut risque (High Risk Area) proposé par le bureau d'études GADZ

#### Remarques techniques du Cerema

**Affaire : 20-CE-0792 CERN\_FCCIS\_Projet\_européen\_H2020**

**Responsable de l'affaire :** Pierre BOILLON  
Tél : 04 74 27 51 72  
pierre.boillon@cerema.fr

#### Objet et statut des remarques:

Les présentes remarques sont formulées suite :

- À la réunion de présentation des sondages des zones à haut risques géologiques du 5.10.2021,
- À la diffusion le 11.10.2021 du rapport « FCC – High risk areas site investigations preliminary study – Alignments PA31-0,1 – Site investigation definition – 4291/12 – 30.9.2021 - GDAZ ».

Lors de la réunion du 5.10.2021, il a été convenu qu'un premier retour interne (Gesdec pour la Suisse, Cerema pour la France) serait utile, notamment s'agissant de la faisabilité de principe des reconnaissances vis-à-vis des contraintes environnementales, non prises en compte à ce stade dans le positionnement théorique proposé par GADZ.

Ces remarques visent donc à enrichir le programme de reconnaissances qui seront ensuite proposées et discutées avec les États hôtes.

Il est rappelé que l'État français a demandé à être consulté formellement une fois le programme de reconnaissance consolidé.

Les remarques s'inscrivent donc dans la présente phase préparatoire au programme de reconnaissance, dans le contexte du projet européen FCCIS.



## Auteurs des observations

Intervenants	Organisme	
Samuel DAUPHIN	Cerema Centre-Est	Géologie-géotechnique
Laurent DUBOIS	Cerema Centre-Est	Géologie-géotechnique
Fabrice ROJAT	Cerema Centre-Est	Géologie-géotechnique
Laurent EISENLHOR	Cerema Centre-Est	Hydrogéologie
Cécile TETREL	Cerema Centre-Est	Environnement
Pierre BOILLON	Cerema Centre-Est	Pilotage et coordination

## Validation

Noms	Organisme	
Séverine Bourgeois	Cerema Centre-Est	Directrice <b>Signé</b>

## Diffusion/Copie

Noms	Organisme
Michael BENEDIKT	CERN
John OSBORNE	CERN
Johannes GUTLEBER	CERN

## Tableau des observations

Indice	Observations
<b>Remarques générales</b>	<p><b>Intégrer la dimension environnementale aux prestations de sondages</b> Comme souligné dans la note de remarques Cerema du 20.5.2021 « Sondages des zones à haut risque – Documents ILF », le programme des reconnaissances devrait intégrer, dès sa conception, les contraintes environnementales.</p> <p>Cela permettrait d'orienter le choix des zones de reconnaissances et ainsi de mettre en œuvre la démarche ERC Éviter Réduire Compenser. Cela permettrait également de préparer le dossier réglementaire (y compris pour le volet étude d'impact).</p>



	<p>Il semblerait plus adapté que la joint-venture soit chargée de l'ensemble des tâches conduisant à la réalisation des sondages. Cela permettrait au CERN de disposer :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• D'un interlocuteur unique, en responsabilité de l'ensemble des prestations liées aux sondages,</li><li>• De s'assurer ainsi que l'environnement est intégré dès le début des réflexions de la JV sur la définition des sondages.</li></ul> <p><b>Partage des éléments de connaissance environnementaux</b> Quel que soit le choix du maître d'ouvrage CERN, il conviendrait de transmettre à la joint-venture tous les éléments de contraintes environnementales qui ont été capitalisés dans le GIS du CERN, et qui leur seraient des éléments de connaissance très utiles.</p> <p><b>Ajuster les reconnaissances au tracé préférentiel</b> Le rapport de GADZ dans sa version actuelle n'identifie pas les positions exactes des puits et sites de surface. Ce point majeur devra être ajusté.</p> <p>Comme demandé par M. Benedikt dans son mel du 11.10.2021, le présent retour du Cerema s'effectue donc sur les éléments actuels présentés par GADZ.</p> <p><b>Sondages HRA et étude de faisabilité</b> Le présent avis constitue un premier retour sur les sondages HRA, et non sur la suffisance de ces éléments pour attester de la faisabilité de l'ouvrage. Cette question de la faisabilité globale pourra être éclairée une fois la stratégie globale du CERN décrite comprenant les sondages à haut risque et les campagnes de sondages plus générale qui seront programmées.</p>
<p><b>Géologie</b></p>	<p><b>1 – Pertinence des HRA</b></p> <p>Les HRA ont été globalement bien identifiées.</p> <p><b>L'une d'entre elles est trop peu prise en compte, c'est celle du plateau des Bornes</b>, zone dans laquelle le projet est le plus profond et qui est affectée par une tectonique chevauchante complexe. <b>Un seul sondage dans cette zone n'est pas suffisant.</b> Des reconnaissances complémentaires dans cette zone devraient être prévues (notamment des profils sismiques permettant d'imager les discontinuités majeures au sein des molasses, associés à au moins 2 autres sondages carottés).</p> <p><b>Dès la présente phase sur les zones à haut risque, il semblerait très utile de disposer de reconnaissance pour chacun des puits d'accès.</b> Leurs diamètres (en particulier ceux destinés aux expériences) et leurs profondeurs en font une partie critique du projet et ce, même au stade de l'étude d'opportunité, il est souhaitable de reconnaître la nature, la géométrie, les degrés d'altération et de fissuration et les caractéristiques mécaniques des terrains traversés.</p>



	<p>Il est bien noté que certains des puits pourraient être décalés dans une seconde vague de reconnaissance, mais les informations fournies seraient précieuses et structurantes dès ce stade.</p> <p>De plus, ces reconnaissances permettraient de disposer d'informations sur les formations situées au niveau des plus grandes cavernes (en particulier les cavernes d'expérimentation).</p> <p>Éventuellement, ces adaptations pourraient se faire à nombre de forages constants en examinant les possibilités d'optimisation des reconnaissances sur les zones les plus fortement dotées.</p>
<b>Géologie</b>	<p><b>2- Remarques sur les reconnaissances envisagées</b></p> <p><u>Géophysique :</u> L'acquisition de données par des méthodes à haut rendement est intéressante, l'objectif étant d'obtenir un modèle 3D du sous-sol des zones à haut-risque. Étant donné la profondeur du projet, et le bruit de fond ambiant, seules des sources puissantes (camion vibreur par exemple) permettront d'obtenir des résultats probants en utilisant la technique de la sismique réflexion. L'utilisation de sources telles que la chute de poids semble peu adaptée au contexte, de même que l'explosif dans un milieu largement urbanisé. Ces profils sismiques obtenus depuis la surface seront très utilement complétés par des acquisitions en forage (profils sismiques verticaux, Cross-borehole) non prévues actuellement. Ces mesures fourniraient des éléments de caractérisation des matériaux tout le long du sondage.</p> <p>Il est noté que certaines profondeurs d'investigation par géophysique prévues dans le rapport GADZ sont bien inférieures au positionnement du tunnel et que la donnée recherchée semble plus être la profondeur de l'interface avec le crétacé : pour le site des Usses (500 m alors que la profondeur du projet est de l'ordre 50 m), de même, la profondeur d'investigation sur le site du Vuache (700 m alors que la profondeur du projet à cet endroit est comprise entre 300 et 400 m maximum).</p> <p><u>Sondages :</u> Il a bien été noté lors de la réunion que ces premiers positionnements théoriques des reconnaissances seraient ajustés en fonction des implantations réelles des sites de surface (cf. remarques générale).</p> <p>En tout état de cause, la taille de la zone d'intérêt doit être définie en fonction du volume de terrain affecté par l'objet (tunnel ou caverne). Ce volume dépend de la profondeur, du volume de l'objet et de sa forme mais en première intention, on peut prendre en compte un volume de 3 diamètres. La partie carottée des sondages doit prendre en compte l'intégralité du faisceau dans lequel s'inscrit la zone d'influence de l'ouvrage.</p> <p><u>Diagraphies en forage :</u> Outre les diagraphies standards proposées, une mesure de la trajectoire exacte des forages doit être réalisée (mesure de la déviation des forages).</p>



Il serait pertinent de réaliser dans tous les sondages l'enregistrement de la radioactivité naturelle (Gamma Ray qui permet de détecter en forage la présence de niveaux argileux).

Il serait intéressant de réaliser une analyse stéréo des discontinuités par imagerie de parois (soit optique soit sonique). En effet, il y a un intérêt très fort dans le cadre d'un projet de tunnel à caractériser les discontinuités du massif rocheux traversé et notamment leur orientation et leur pendage (ce qui ne peut être obtenu que par imagerie de paroi) en plus de déterminer les caractéristiques de la matrice rocheuse par des essais de laboratoire.

Des diagraphies microsismiques devraient également être réalisées dans la zone d'intérêt ou sur toute la hauteur des sondages des puits, afin de qualifier la qualité des formations traversées.

#### Essais in-situ :

Dans le rapport GADZ, la répartition des essais in-situ dans les forages n'est pas indiquée. Il pourrait être intéressant de préciser la nécessité de réaliser des essais pressiométriques (sauf dans le cas des puits et encore sur les premiers mètres de profondeur), des SPT (standard Pénétration Test) ou des essais au dilatomètre.

#### Instrumentation :

Dans certains terrains peu perméables, il pourra être nécessaire de privilégier des cellules de pression interstitielle plutôt que des piézomètres conventionnels « ouverts » qui auront des temps d'équilibrage très longs avec les conditions hydrauliques locales. Une instrumentation autonome de tout ou partie des piézomètres serait à prévoir afin de disposer d'une vision continue des variations de la nappe, sur au moins un an.

#### Essais de laboratoire :

Les carottages dans d'éventuels niveaux argileux pourront nécessiter une étanchéité des gaines à la paraffine pour préserver l'état du matériau.

Le programme d'essais proposé apparaît globalement complet. Des essais ponctuels de perméabilité ou de fluage pourraient toutefois être provisionnés en complément, à commander ou non en fonction des conditions réellement rencontrées en forage. La mesure du RQD serait aussi à prévoir lorsque cela est adapté, dans les zones rocheuses.

Le nombre d'essais est très élevé et nécessitera probablement de faire appel à plusieurs laboratoires de géologie / géotechnique. Il est recommandé de préciser clairement les normes et / ou méthodes qui devront être employées pour chaque essai afin que les résultats restent comparables. De même pour les descriptions géotechniques, il est recommandé de travailler avec un référentiel commun.

Pour les essais d'abrasivité, la méthode LCPC, pourrait être également adaptée.

La répartition des essais en fonction de la profondeur devra être précisée (seul le nombre apparaît actuellement dans chaque sondage). Dans la présente étape d'opportunité, il faudra s'assurer que dans la zone du tunnel les essais et descriptions permettent a minima de déterminer une classification (RMR / Q / AFTES) des terrains, pouvant donner des informations préliminaires sur le



	<p>prédimensionnement de l'ouvrage et les conditions d'excavation.</p> <p>La durée de conservation des prélèvements devra également être précisée. Il sera nécessaire que le maître d'ouvrage s'interroge sur l'avenir des carottes : souhaite-t-il les laisser en stockage à chaque prestataire à l'issue des essais, ou sécuriser leur pérennité en les récupérant (les carottes pouvant être réexaminées sur des phases d'études ultérieures) ? Si ce dernier choix est retenu, un lieu de stockage adapté sera à identifier.</p> <p><u>Points divers</u></p> <p>Dans le rapport GADZ quelques mesures sont données en « inches ». Afin de faciliter les échanges internationaux et de limiter les risques d'erreur, il est recommandé d'utiliser exclusivement, dans tous les documents et préconisations, le système international d'unités.</p>
<b>Hydrogéologie</b>	<p><b>Hydrogéologie et mesures dès à présent</b></p> <p>Pour un projet d'ampleur du FCC, l'ingénierie hydrogéologique devra être traitée par une étude dédiée. Le cahier des charges de cette étude devra avoir comme objectif final de comprendre le comportement hydrodynamique des masses d'eau souterraine afin de pouvoir quantifier les impacts qui seront causés par la réalisation de l'ouvrage souterrain et ses aménagements associés.</p> <p>Aujourd'hui, les études géologiques projetées peuvent être l'occasion d'acquérir quelques premières informations sur la caractérisation des masses d'eau souterraine traversées par les sondages et de leur relation et ainsi de faciliter, par une meilleure connaissance, la rédaction du futur cahier des charges des études hydrogéologiques.</p> <p>Notamment, des mesures et analyses pourraient être réalisées dans les forages :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pour caractériser les divers faciès des masses d'eau souterraine recoupées : prélèvement des eaux pour analyses hydro-chimiques et datation, diagraphie avec à minima température de l'eau, concentration en oxygène dissous et conductivité électrique,</li><li>• Pour déterminer le sens des écoulements de l'eau souterraine et les paramètres hydrodynamiques des masses d'eau souterraine : mesures de vitesse dans les colonnes d'eau, essai in situ de perméabilité entre paker, relevés de fissuration, essais de traçage,</li><li>• Si l'ouvrage le permet, il serait utile de mettre en place un suivi en continu des niveaux d'eau dans les forages.</li></ul> <p>La réalisation de ces mesures et essais dépend du mode de mise en place des sondages, de la nature des terrains rencontrés et de leur niveau de saturation en eau. Par ailleurs, à ce stade du projet, il n'y a aucun caractère obligatoire (lire demandé par la réglementation et/ou les règles de l'art de l'ingénierie hydrogéologique) de faire ces essais et mesures.</p> <p>Du point de vue de l'hydrogéologie également, la réalisation d'un sondage par puits semblerait très pertinente, car les puits peuvent augmenter la vulnérabilité de certaines masses d'eau souterraine stratégiques.</p>



	<p>Enfin, la note « Synthèse des contraintes hydrogéologiques de préféabilité du projet de collisionneur du CERN – Cerema – Août 2020) pourrait être actualisée, notamment en intégrant :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• L'emprise exacte horizontale et verticale des ouvrages,</li><li>• Les techniques constructives employées,</li><li>• Les nouvelles données hydrogéologiques qui seront collectées lors des études géologiques (note ci-jointe).</li></ul> <p>Cette mise à jour pourrait utilement être faite avant la rédaction du cahier des charges hydrogéologiques.</p>
<p><b>Contraintes environnementales</b></p>	<p><b>Éléments complémentaires au diaporama</b></p> <p>Le diaporama Cerema de la réunion du 2.11.2021 présente de façon détaillée et cartographique :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Les reconnaissances prévues (sondages ou géophysique),</li><li>• Les contraintes environnementales identifiées à ce stade,</li><li>• Une appréciation sur la possibilité (ou non) de surmonter ces contraintes.</li></ul> <p>En complément, il convient de souligner les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Les remarques et analyses sont portées sur le tracé et implantations théoriques des puits décrites dans le rapport GADZ. Elles devront être ajustées en fonction des implantations définitives,</li><li>• Les contraintes environnementales connues et capitalisées dans le GIS du CERN devraient être fournies à GADZ pour guider le choix des implantations,</li><li>• Les reconnaissances nécessiteront des autorisations environnementales (y compris pour le volet étude d'impact) qu'il convient d'anticiper,</li><li>• Les services (DDTs, DREAL) n'ont pas été consultés à ce stade (voir remarques générales),</li><li>• S'agissant de reconnaissance et non d'ouvrages définitifs, les prescriptions liées aux contraintes seront possiblement moins fortes, mais nécessiteront des précisions,</li><li>• Notamment, les demandes d'autorisations environnementales devront détailler les modes opératoires et nuisances associées pour identifier leur impact sur l'environnement,</li><li>• Deux secteurs semblent particulièrement sensibles vu le cumul des contraintes : franchissement de l'Arve et secteur du Rhône.</li></ul>

\*

\*

\*