

# Progrès dans l'étude de faisabilité du Futur Collisionneur Circulaire du CERN

Réunion d'information et d'échanges



# Progrès de l'étude de faisabilité du Futur collisionneur circulaire (FCC)

---

**Johannes Gutleber**

Coordinateur du projet FCC Innovation Study  
(Projet H2020 de l'Union Européenne)



*Ce projet a reçu, de l'Union Européenne, une subvention du programme d'aide de recherche et d'innovation Horizon 2020 sous le numéro d'agrément : 951754.*



**Lancement et principe  
de l'étude de concept  
Futur Collisionneur Circulaire**

# Lancement de l'étude le 7 février 2014



## Communiqué de Presse du CERN :

**Le CERN prépare son avenir à long terme**

07.02.2014

**Genève, le 7 février 2014.** La physique des particules travaille sur le temps long. Le LHC a été imaginé dans les années 1980 pour ne démarrer que 25 ans plus tard. Cet accélérateur unique au monde n'est qu'au début de son activité et il est prévu pour fonctionner durant les 20 prochaines années. Pour en exploiter tout le potentiel, le futur proche consiste à préparer dès à présent un important projet de mise à niveau pour augmenter la luminosité du LHC, alors même que le LHC est encore en phase de consolidation pour un redémarrage en 2015. Baptisé HL-LHC (High Luminosity LHC), ce programme est la toute première priorité du CERN et permettra d'augmenter le nombre de collisions accumulées dans les expériences d'un facteur 10 à partir de 2024.

Bien que le programme du LHC soit déjà planifié pour les deux décennies à venir, le temps est venu de regarder encore plus loin et le CERN lance une étude exploratoire pour la réalisation sur le long terme d'un futur collisionneur circulaire de nouvelle génération, d'une taille de 80 à 100 kilomètres de circonférence. Digne successeur du LHC dont les collisions atteindront 14 TeV, un tel accélérateur de particules permettrait de repousser les frontières de nos connaissances dans le domaine de la physique des particules. Baptisé FCC (Futur Collisionneur Circulaire), ce programme mettra en particulier l'accent sur l'étude d'un collisionneur de hadrons du type LHC, pouvant atteindre une énergie sans précédent de l'ordre de 100 TeV.

L'étude du FCC constitue un effort mondial de la communauté de la physique des particules et fait suite à la publication en mai 2013 de la « Stratégie Européenne pour la Physique des Particules », qui recommande l'étude de faisabilité de projets fondamentaux pour le futur du CERN. L'étude du FCC sera organisée au travers d'un programme de 5 ans dont le début sera marqué par une réunion internationale à l'Université de Genève du 12 au 15 février.

L'étude du FCC rejoint ainsi celle déjà engagée depuis plusieurs années du CLIC (Collisionneur Linéaire Compact), qui constitue une autre option pour un futur accélérateur. CLIC examine les potentiels pour un collisionneur linéaire basé sur une technologie d'accélération novatrice.

« Nous savons encore peu de choses sur le boson de Higgs, nous sommes en quête de la matière noire et de la supersymétrie... Seuls les prochains résultats du LHC seront en mesure de nous indiquer les pistes de recherches à suivre dans l'avenir, et le type d'accélérateur le plus adapté pour répondre aux nouvelles questions qui nous seront posées », indique Sergio Bertolucci, Directeur de la Recherche et de l'Informatique au CERN.

« Nous devons planter aujourd'hui les graines qui nous donneront les technologies de demain, afin d'être prêts à prendre des décisions d'ici à quelques années », explique Frédéric Bordry, Directeur des accélérateurs et de la technologie du CERN.

1. Le CERN, Organisation européenne pour la Recherche nucléaire, est le plus éminent laboratoire de recherche en physique des particules du monde. Il a son siège à Genève; ses États membres actuels sont les suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne, Danemark, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Israël, Italie, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, Suède et Suisse. Le statut de candidat à l'adhésion, La Serbie est également en phase préalable à l'adhésion. Les États-Unis d'Amérique, la Fédération de Russie, l'Inde, le Japon, la Turquie, la Commission européenne et l'UNESCO ont le statut d'observateurs.

**Service de presse du CERN**  
CH-1211 Genève 23  
Tél. + 41 22 767 21 41 / + 41 22 767 41 01 Fax + 41 22 785 02 47  
e-mail: [press.office@cern.ch](mailto:press.office@cern.ch) <http://www.cern.ch/Press>

Press Release

**Le projet d'un nouvel accélérateur de particules**

07.02.2014

**L'objectif pour les deux études est d'examiner la faisabilité des différentes machines possibles et d'en évaluer les coûts et de produire ainsi un rapport d'études conceptuelles pour le FCC et de préciser celui du CLIC à l'horizon de 2018/2019, date où la Stratégie Européenne sera mise à jour.**

**Pour plus d'informations :**

- A propos de la Stratégie Européenne de Physique des Particules : <http://home.web.cern.ch/ir/about/updates/2013/05/cern-council-updates-european-strategy-particle-physics>
- A propos de HL-LHC : <http://hilumilhc.web.cern.ch/hilumilhc/index.html>
- A propos du FCC : <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=282344>
- A propos de CLIC : <http://clicstudy.org>

**Contacts :**  
Bureau de presse du CERN  
[press.office@cern.ch](mailto:press.office@cern.ch)  
+41 (0)22 767 34 32  
+41 (0)22 767 21 41

**Service de presse du CERN**  
CH-1211 Genève 23  
Tél. + 41 22 767 21 41 / + 41 22 767 41 01 Fax + 41 22 785 02 47  
e-mail: [press.office@cern.ch](mailto:press.office@cern.ch) <http://www.cern.ch/Press>

Press Release

## Reprise médiatique, p.ex. : Tribune de Genève

### Le CERN compte construire un anneau

**Une centaine de chercheurs du monde entier se réuniront de mercredi à samedi, à Genève, pour lancer un projet ambitieux**

Le Grand Collisionneur de hadrons (LHC), long de 27 km, n'a pas encore révélé tous ses secrets. Pourtant le CERN planche déjà sur son successeur, comme la *Tribune de Genève* l'a révélé le 16 février. Baptisé Futur Collisionneur circulaire (FCC), celui-ci serait constitué d'un anneau d'une centaine de kilomètres de circonférence sous la Suisse et la France. L'étude exploratoire sera lancée la semaine prochaine.

Une centaine de chercheurs venus du monde entier se réuniront de mercredi à samedi à l'Université de Genève afin de lancer ce programme prévu sur cinq ans, comme l'ont indiqué hier le *Tages-Anzeiger* et le *Bund*. Dans un communiqué, l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) souligne que le LHC a été imaginé dans les années 80 pour ne démarrer que vingt-cinq ans plus tard. Il est donc temps de songer à son successeur: d'une

**Le projet d'un nouvel accélérateur de particules**

LHC actuel  
diamètre: 8,6 km  
circonférence: 27 km

FCC (Futur collisionneur circulaire)  
Variante 100 km  
Variante 80 km  
Accès tous les 10 km

taille de 80 à 100 kilomètres de circonférence, le FCC pourrait atteindre une énergie sans précédent de 100 téraélectronvolt (TeV), contre 14 TeV pour le LHC.

Cette étude rejoint celle engagée depuis plusieurs années d'un collisionneur linéaire compact, un accélérateur rectiligne de 80 km qui pourrait aussi passer sous la Suisse et la France. Les Etats-Unis ou le Japon sont toutefois égale-

# L'étude de concept 2014 - 2018



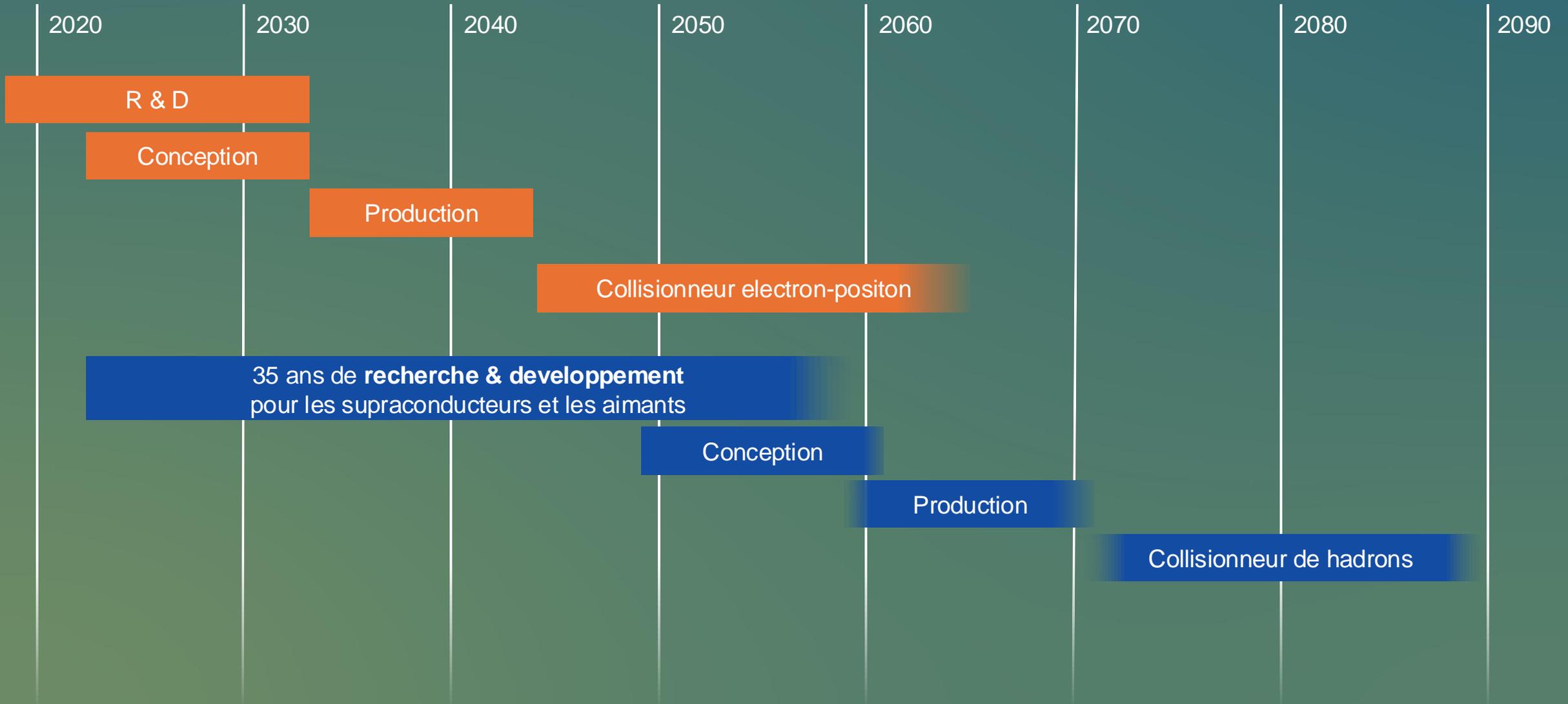
- Développer et valider un **programme de recherche scientifique**
  - Phase 1: collisionneur électron-positon (FCC-ee)
  - Phase 2: collisionneur de hadrons (FCC-hh)
- Analyser les options
- Vérifier la faisabilité principale
- Identifier les **priorités pour la recherche et le développement technique**



Lien vers les études



# Un programme sur le long-terme pour la science



# Développement d'un scénario équilibré



Nous privilégions **la transparence et le dialogue** avec les parties prenantes **pour comprendre leurs besoins**, leurs **craintes** et **pour optimiser le FCC**.



Cela demande un scénario concret qui prend en compte la méthodologie ERC.

# L'étude de faisabilité



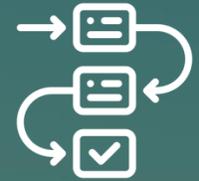
Evaluer les **conditions de réalisation.**



Vérifier que la stratégie pensée en amont est **techniquement faisable et économiquement viable.**



Fournir des éléments à la communauté scientifique pour pouvoir **prendre une décision éclairée.**



Développer les **éléments pour un plan de réalisation** en cas de décision de poursuivre

# Une collaboration mondiale



150

Instituts

33

Pays

Horizon 2020



# Où en sommes-nous ?



**Pourquoi dans notre région  
(et pas ailleurs) ?**

# Ici, pas à pas on va plus loin



Le CERN a une longue histoire de réussite dans **l'amélioration de ses performances de recherche** en tirant pleinement parti de son infrastructure actuelle tout en développant la suivante.

Ce travail repose sur la **collaboration internationale**, s'appuyant sur le consensus et les **compétences** de la **communauté scientifique mondiale**.

Diamètres des accélérateurs :

PSB: 50 m

PS: 200 m

ISR: 300 m

SPS: 2'200 m

LEP/LHC: 8'600 m

FCC: 29'000 m



# Les atouts durables du CERN...



...bâti à travers des décennies.



Cadre légal pour  
recherche pacifique



Infrastructures  
existantes



Outil de coopération  
internationale



Liberté de recherche  
garantie



Connectivité avec  
le monde entier



Point d'échange  
Internet indépendant



Relations de confiance  
avec les autorités



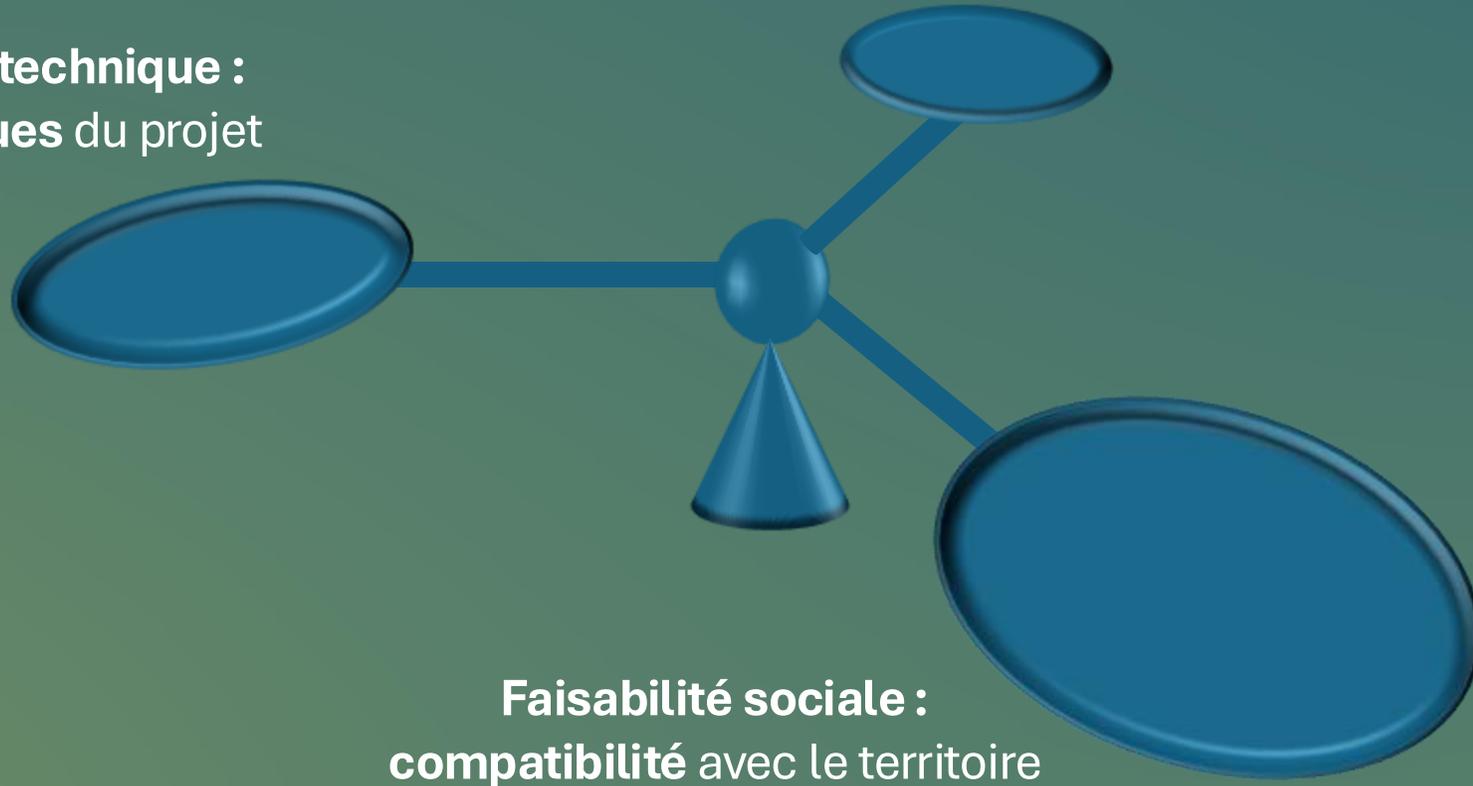
Energie et  
ressources

# Trouver un équilibre entre 3 enjeux



**Faisabilité technique :**  
coût et **risques** du projet

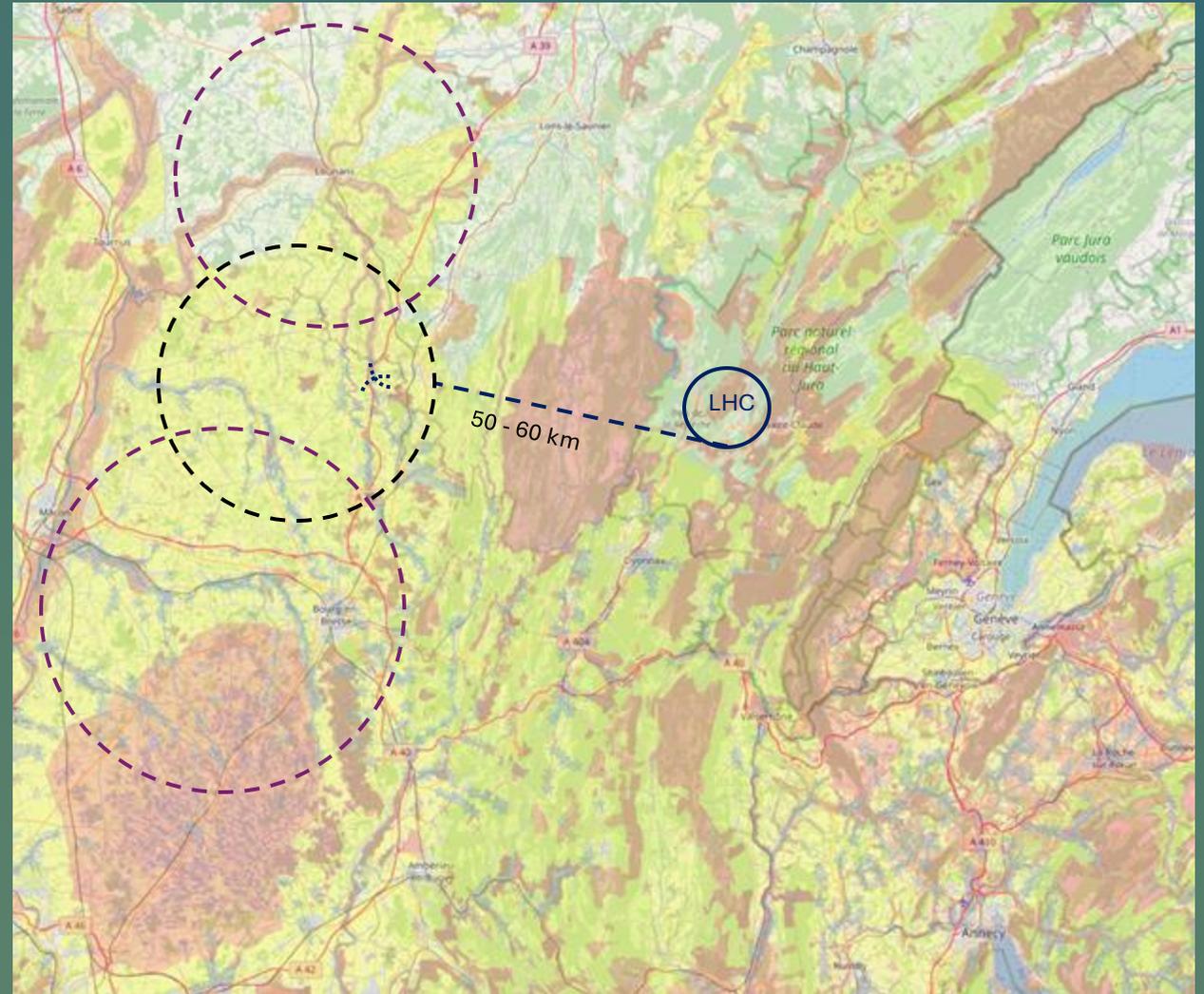
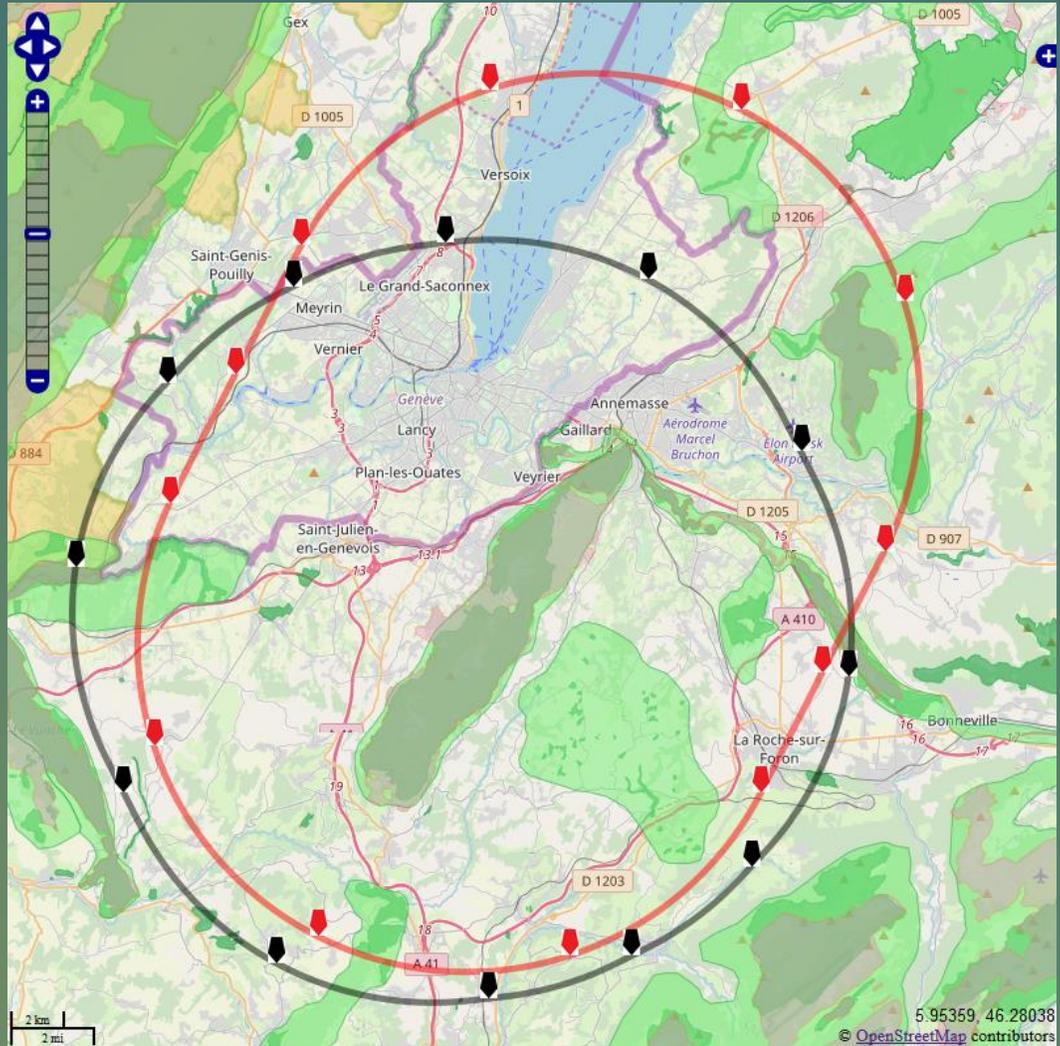
**Excellence scientifique :**  
**performance** du collisionneur



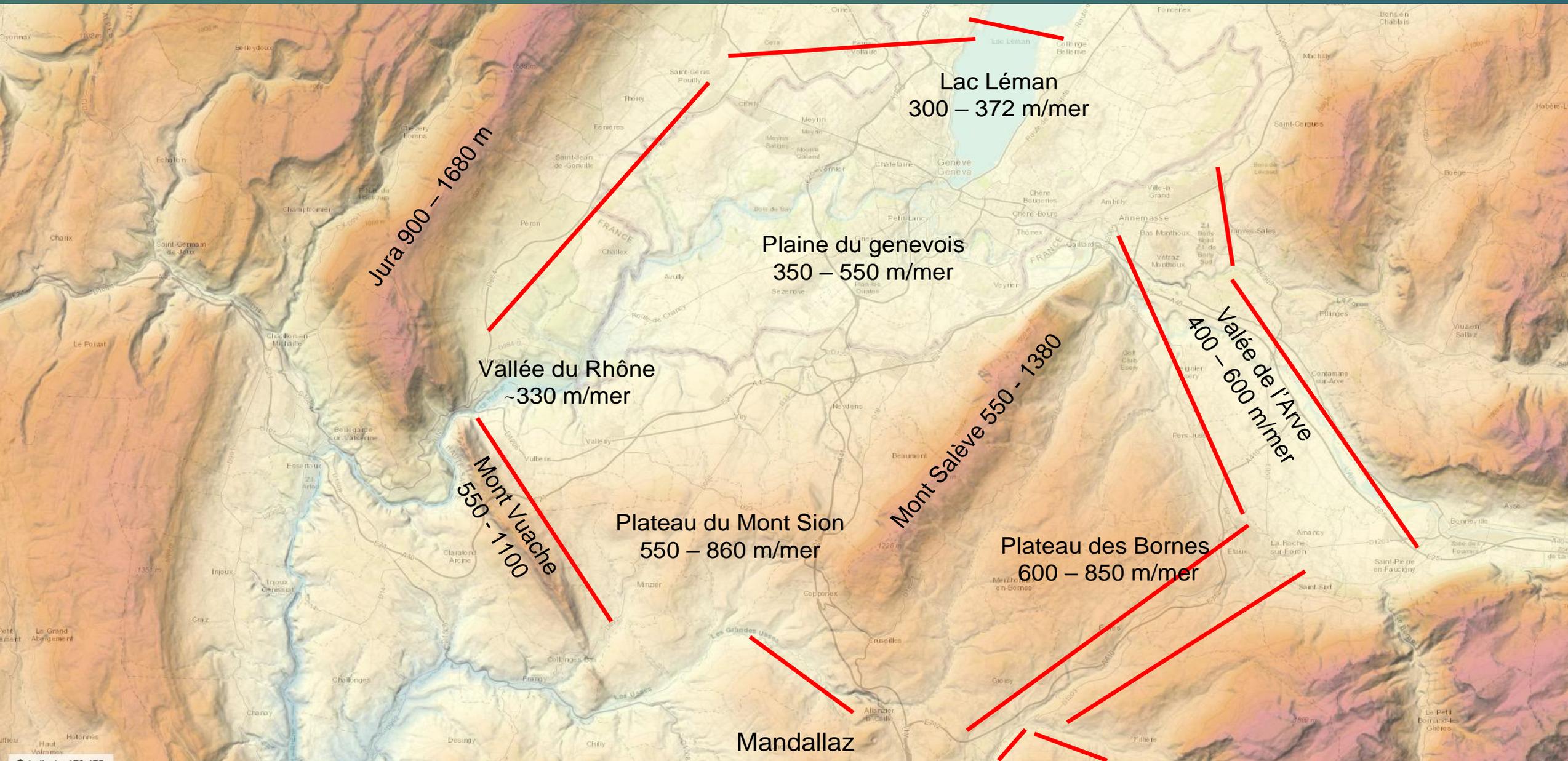
**Faisabilité sociale :**  
**compatibilité** avec le territoire

# **Développement itératif vers le tracé de référence**

# Des hypothèses écartées



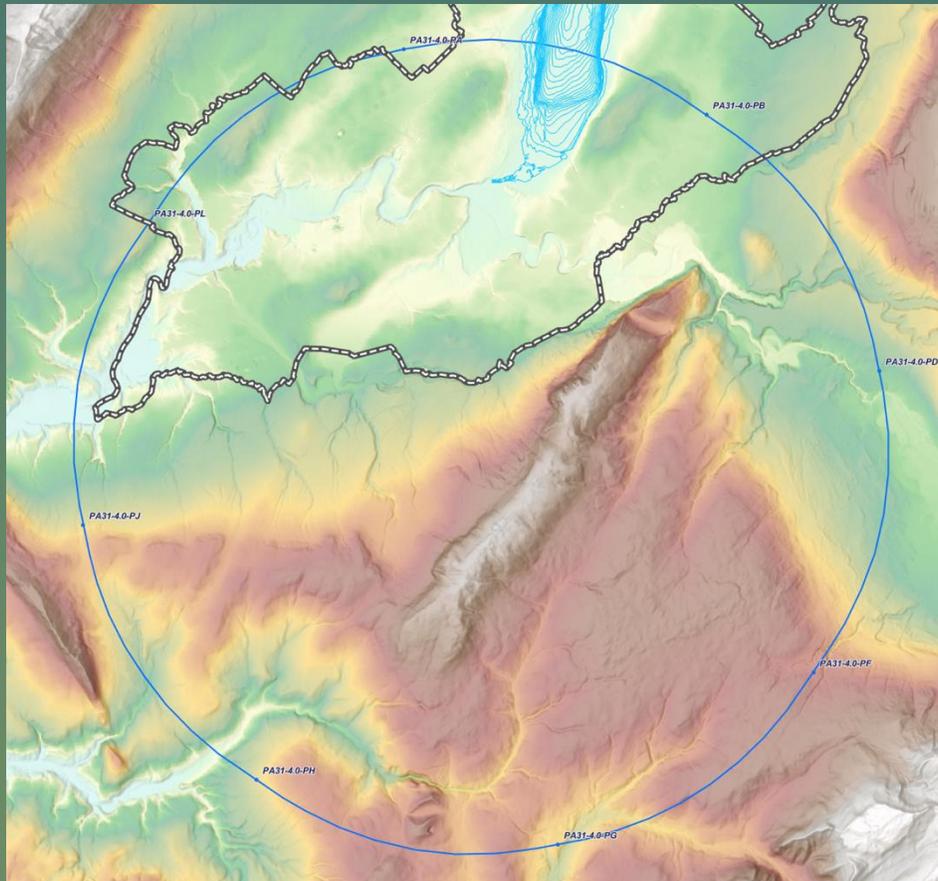
# Situation topographique et géologique



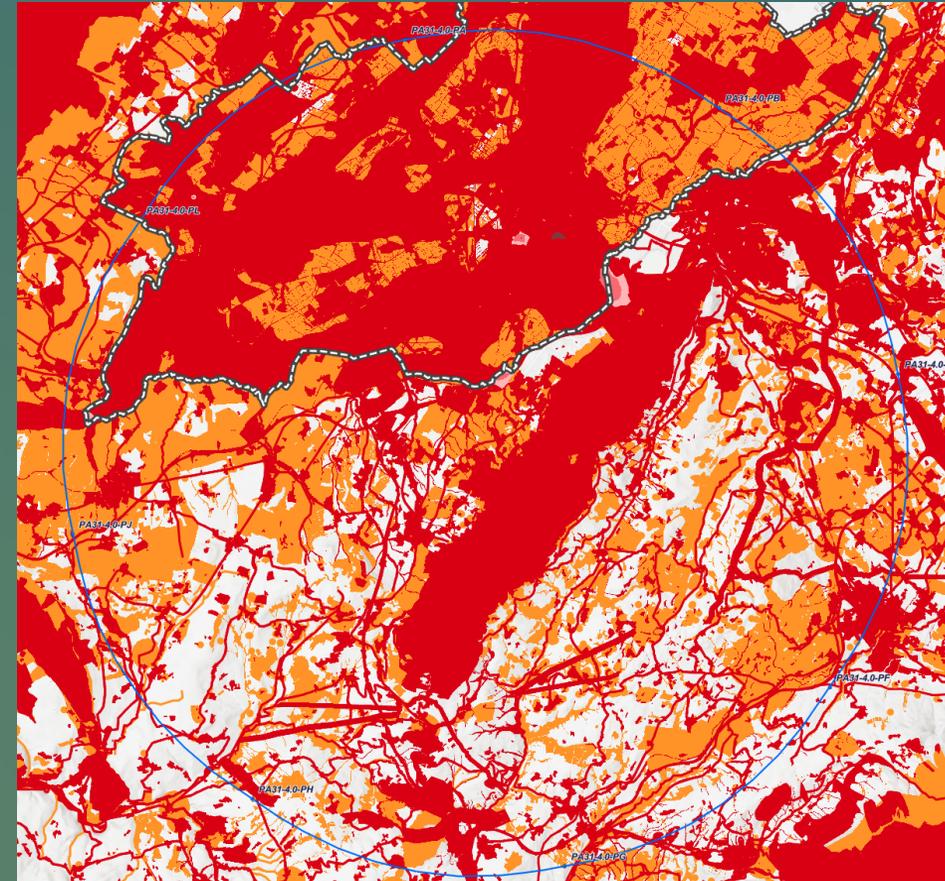
# Situation topographique et géologique



## Contraintes géologiques et topographiques



## Contraintes territoriales et environnementales identifiées en dialogue avec les services français et suisse



# 100 scénarios ont été examinés entre 2014 et 2022

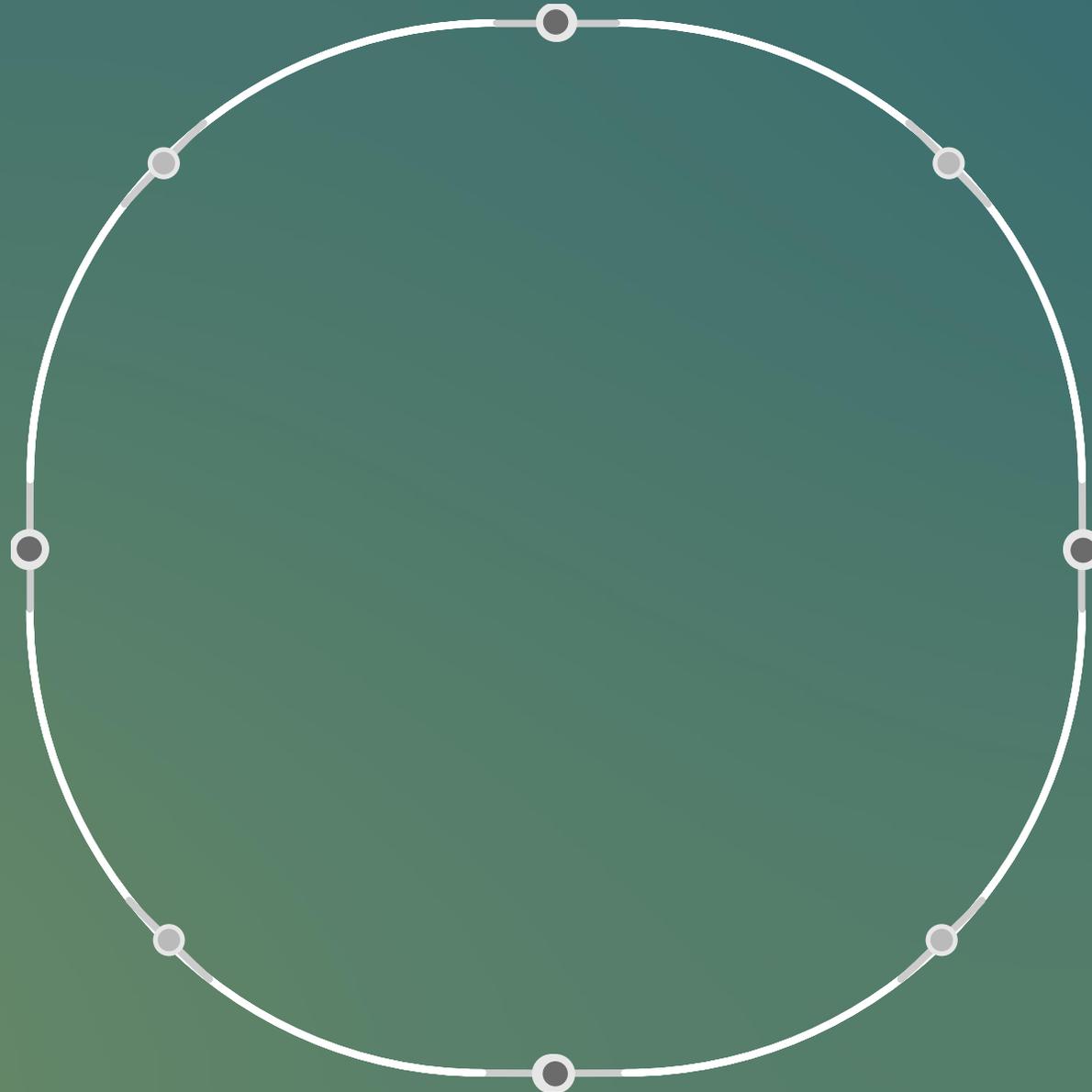


Le processus d'optimisation itératif a mené au scénario de référence PA31 de 91 km.

- Bonne performance scientifique (anneau de 91 km satisfait les besoins des deux collisionneurs)
- Meilleure compatibilité territoriale que les autres scénarios
- Compatibilité avec les contraintes en sous-sol sera vérifié entre 2024 et 2025



# Schéma simplifié du collisionneur



Ferney-Voltaire

PA31-4.0-PA

PA31-4.0-PB

Presinge

Challex

PA31-4.0-PL

Nangy

PA31-4.0-PD

Dingy-en-Vuache/Vulbens

PA31-4.0-PJ

Eteaux

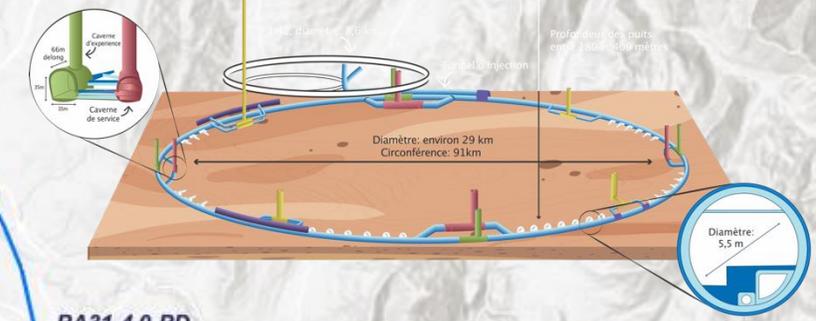
PA31-4.0-PF

Cercier/Marlioz

PA31-4.0-PH

Charvonnex/Groisy

PA31-4.0-PG

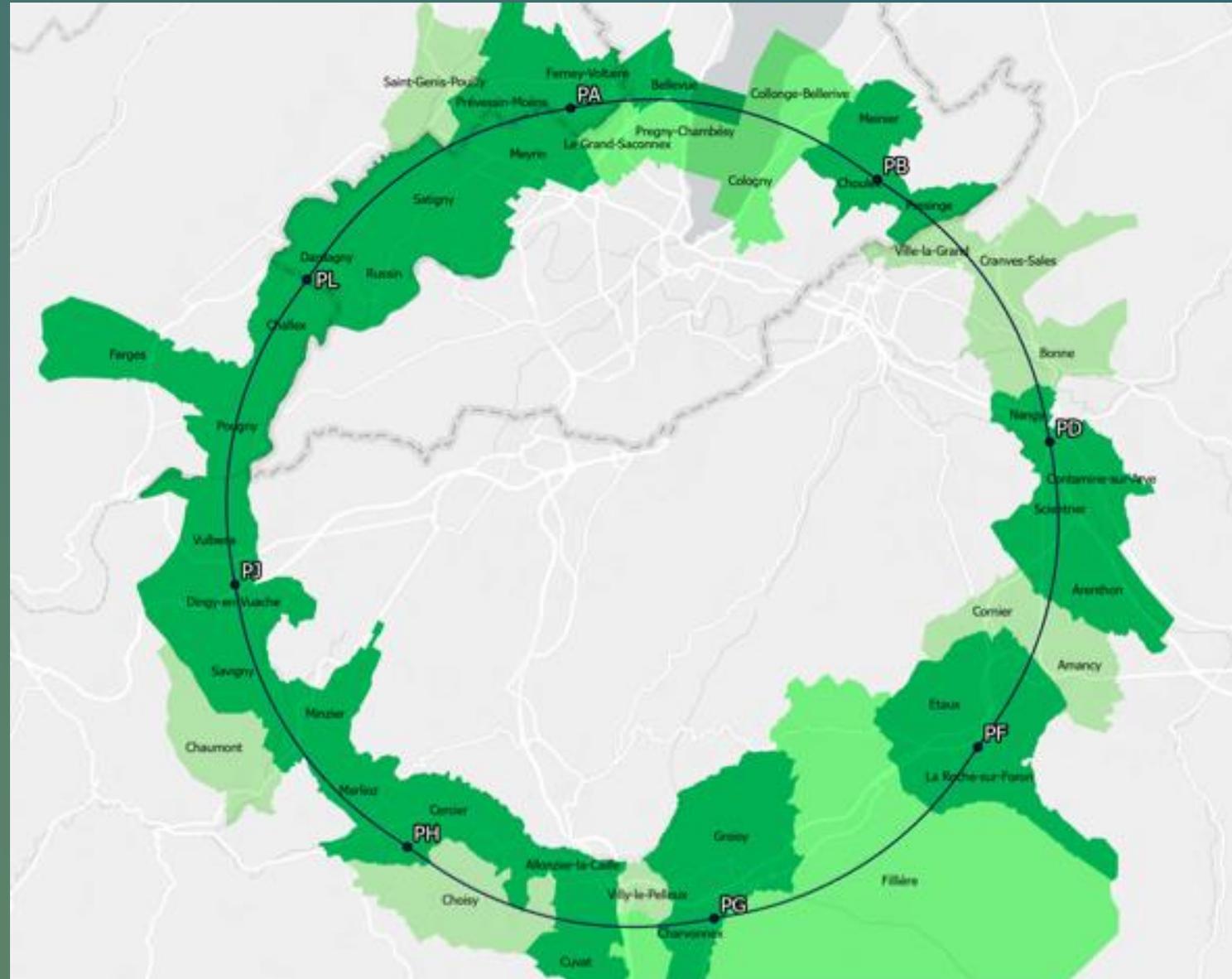


# Dialogue territorial

# Avancement dans le dialogue territorial

Réunions de travail  
avec les communes.

Sessions d'information et d'échange  
avec les publiques sont en train d'être  
organisés avant la rentrée.



# Les caractéristiques clefs du FCC

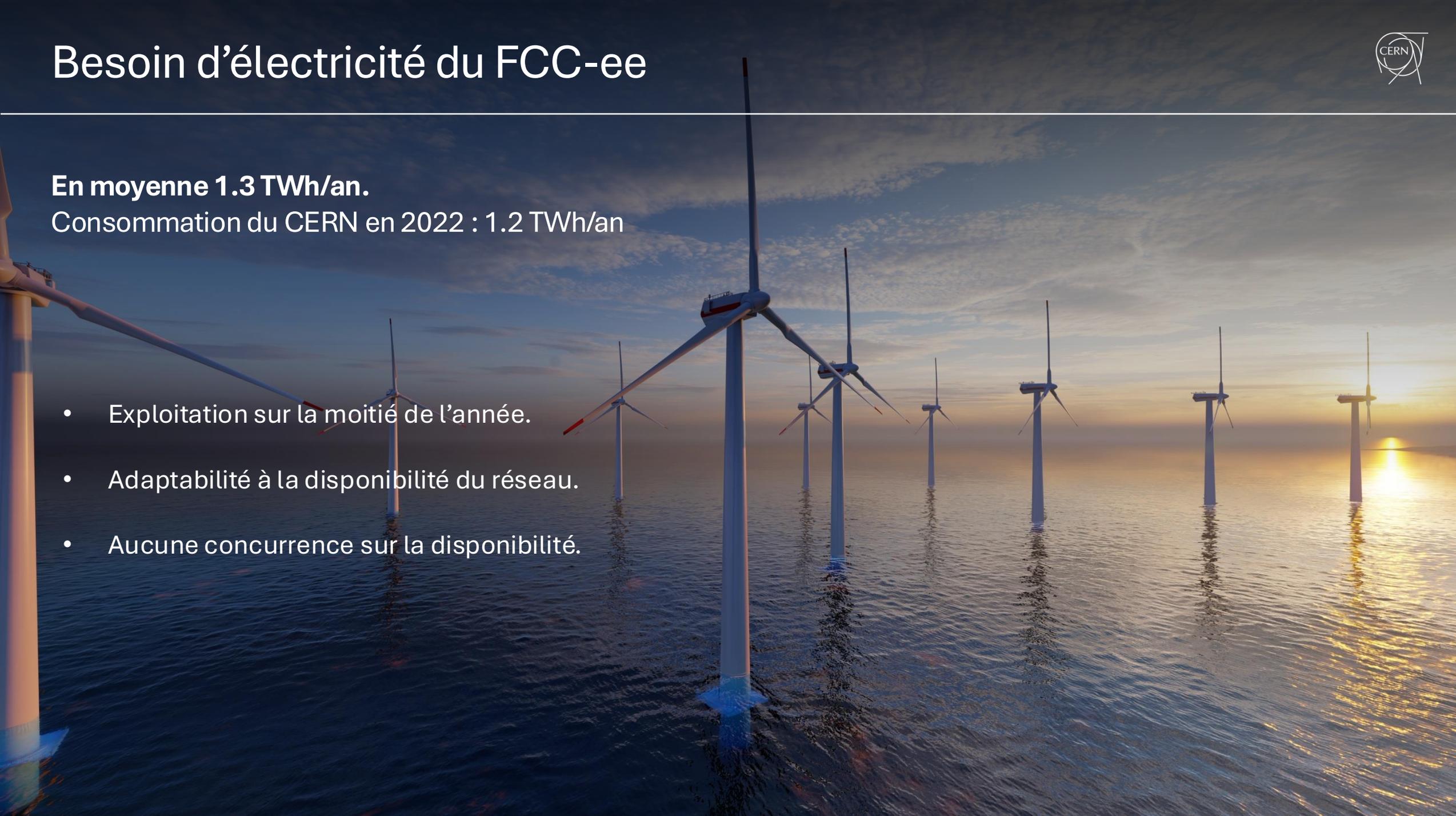
# Besoin d'électricité du FCC-ee



**En moyenne 1.3 TWh/an.**

Consommation du CERN en 2022 : 1.2 TWh/an

- Exploitation sur la moitié de l'année.
- Adaptabilité à la disponibilité du réseau.
- Aucune concurrence sur la disponibilité.



# 1.3 TWh par an correspond à...



La consommation d'un centre de calcul de « China Telecom » à Hohhot sur 100 ha de terrain.



<https://worldstopdatacenters.com/power>

1/4 d'une production industrielle chimique à Ludwigshafen qui consomme 5.3 TWh par an.



[https://www.basf.com/global/documents/en/investor-relations/calendar-and-publications/reports/2023/BASF\\_Ludwigshafen\\_site\\_2022\\_in\\_figures.pdf](https://www.basf.com/global/documents/en/investor-relations/calendar-and-publications/reports/2023/BASF_Ludwigshafen_site_2022_in_figures.pdf)

# Empreinte de l'énergie consommée : 40 000 tonnes / an



Soit à l'empreinte carbone d'un clip très connu, vue 8.4 milliards de fois sur Youtube.



# Reflexions sur la consommation du FCC-hh



La plus rapide locomotive à vapeur :  
203 km/h en 1938



Faisable, mais pas durable

40 ans de R&D plus tard le réseau TGV démarre :  
318 km/h en 1980 (LN1)



Faisable et durable

# Empreinte carbone du génie civil



- Analyse en cours.
- Processus d'optimisation pris en compte.

**Rendez-vous fin 2024 pour la publication de l'étude sur ce sujet.**



# Besoin maximale annuel en eau : $\sim 3$ millions $\text{m}^3$



**Pas d'utilisation des nappes phréatiques.**

Consommation d'eau du CERN (2022) : 3.2 millions de  $\text{m}^3$ .

Pour donner un ordre de grandeur :

Chaque année 544 millions de  $\text{m}^3$  d'eau s'évaporent naturellement du lac Léman.

# Valorisation de la chaleur résiduelle



- Un moyen efficace pour réduire l'empreinte carbone et les besoins en eau.
- Une opportunité pour la région, grâce à un prix attractif.
- Un système similaire est en place à Ferney-Voltaire au LHC point 8.

Potentiels bénéficiaires :

Hôpitaux, sites de production de fromage, écoles, bâtiments publics, aéroport ...

KR4453/DG

CONVENTION

entre

l'Organisation européenne  
pour la recherche nucléaire (CERN),

la République française

et

la Communauté d'agglomération du Pays de Gex  
(CAPG)

relative à la récupération de chaleur provenant  
des installations du CERN

Réduction lors du développement du scénario de référence :

De 12 sites à **8 sites**  
De 100 ha à ~ **40 ha** | **- 60%**

**Réutilisation** des sites existants.

Projets de **renaturalisation** considérés avec l'engagement des publics.

# 4 ha par an sur 10 ans (phase de construction)

## Artificialisation du sol sur 1 an

- **France:** 24'000 ha / an = 66 ha / jour
- **Suisse:** 4'745 ha / an = 13 ha / jour
- **FCC:** 4 ha / an = 0.01 ha / jour

Besoin annuel du FCC sur 10 ans



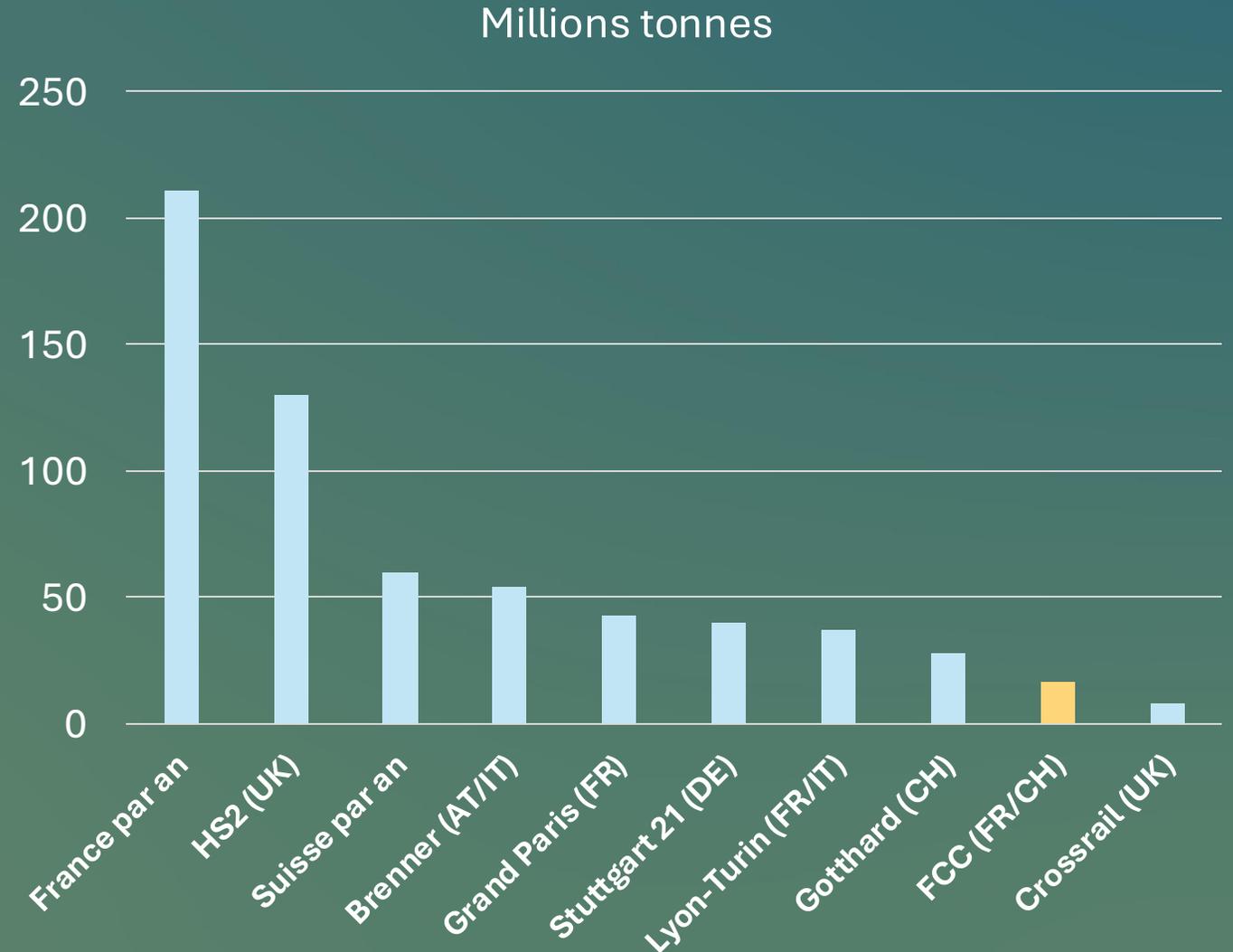
# Quantité des matériaux excavés par année



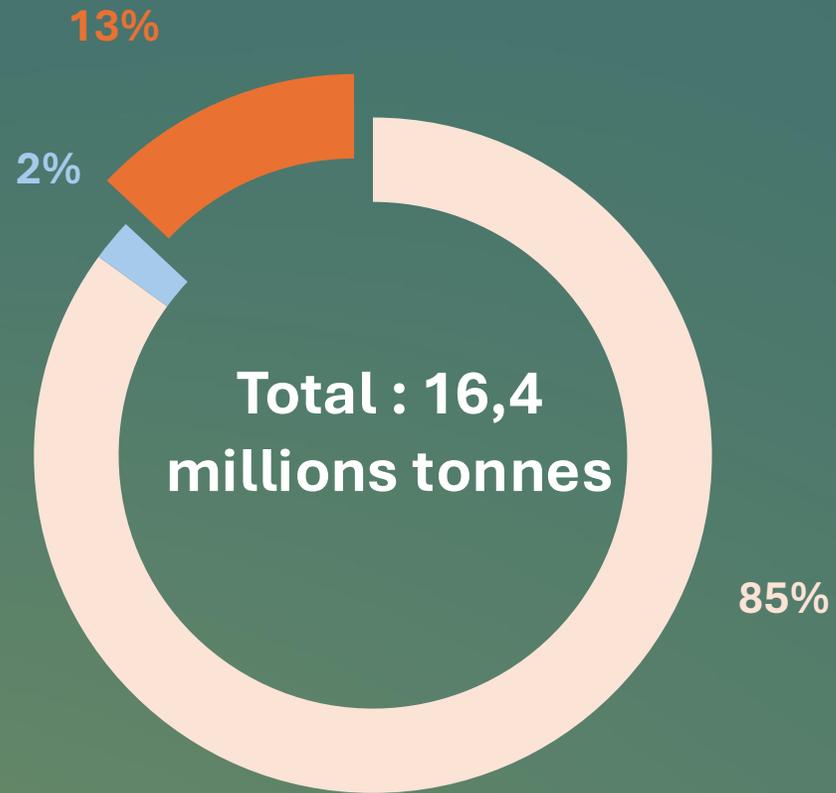
**Matériaux excavés à gérer par an**  
pendant 5 ans de creusement :

FCC en FR : Représente 1.2 %  
des déblais français sur 1 an

FCC en CH : Représente 0.9 %  
des déblais Suisse sur 1 an



# Hypothèse à développer pour la valorisation



- Valorisable directement
- Valorisable indirectement
- Invalorisable



Volonté de valorisation (14,3 millions tonnes)

Mise en dépôt (2,1 millions tonnes)

## Exemples de valorisation :

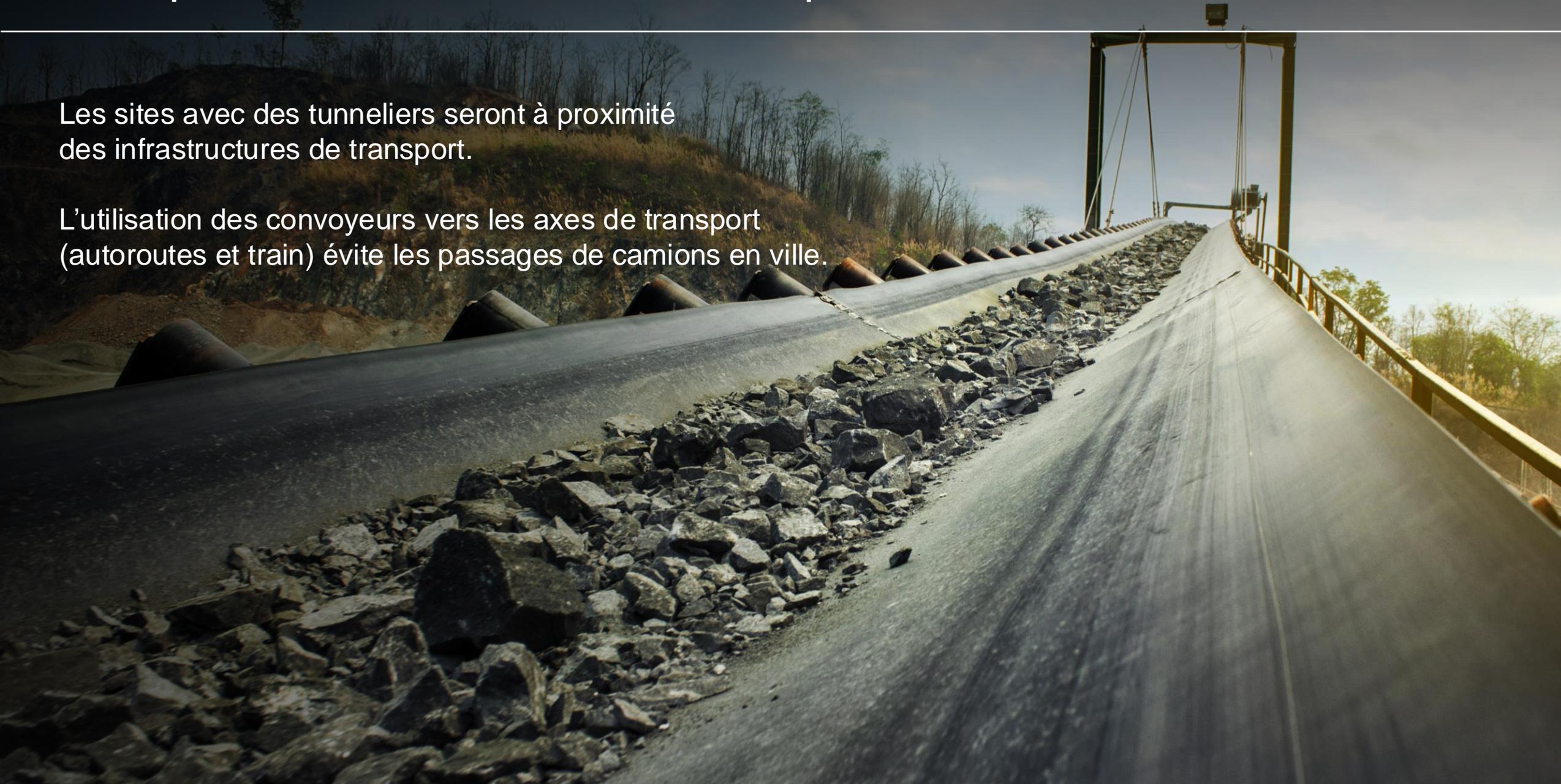
- Production de béton et ciment
- Matériaux de construction
- Agriculture, sylviculture
- Remblayage des carrières
- Renaturalisation des carrières et friches

# Transport des matériaux excavés depuis les sites



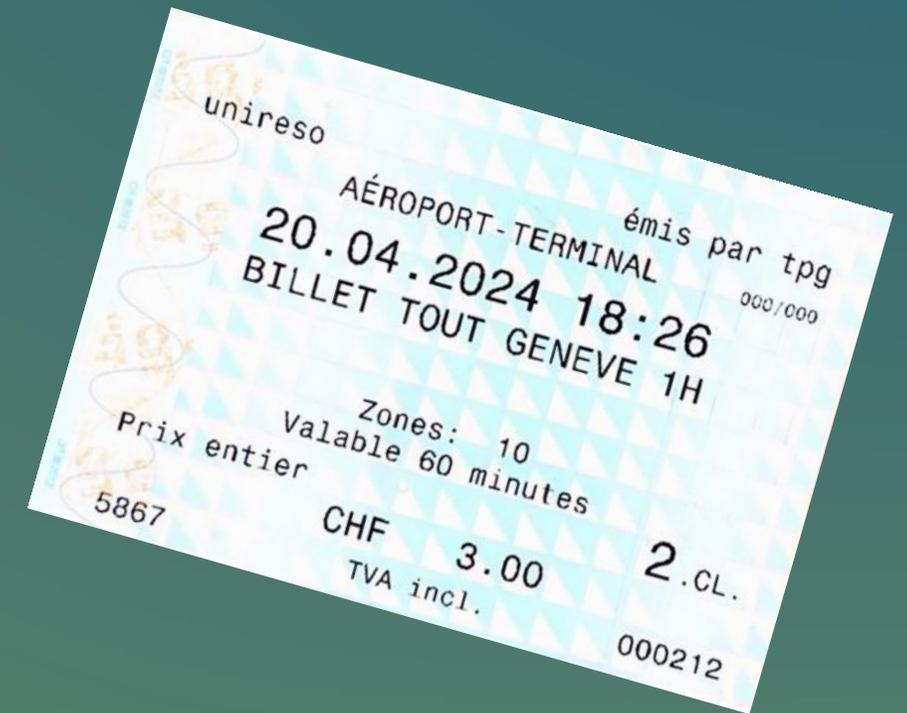
Les sites avec des tunneliers seront à proximité des infrastructures de transport.

L'utilisation des convoyeurs vers les axes de transport (autoroutes et train) évite les passages de camions en ville.



# Les retombées socio-économiques

- L'étude inclut de développement d'un **modèle de financement durable**.
- **Le CERN est financé par des contributions annuelles des États.**
- **Les investissements pour le FCC ne sont pas en compétition avec d'autres fonds prévus** comme la protection du climat, la recherche médicale, recherche et développement en Europe.
- **Les financements seraient portés par une communauté internationale** sur un horizon temps étendu.

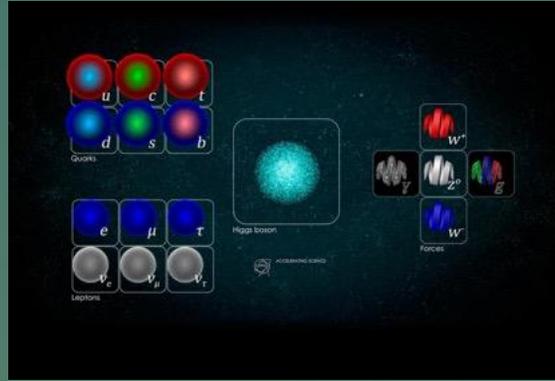


**Par année et habitant = le prix d'un billet de transport public.**

# Retombées socio-économiques



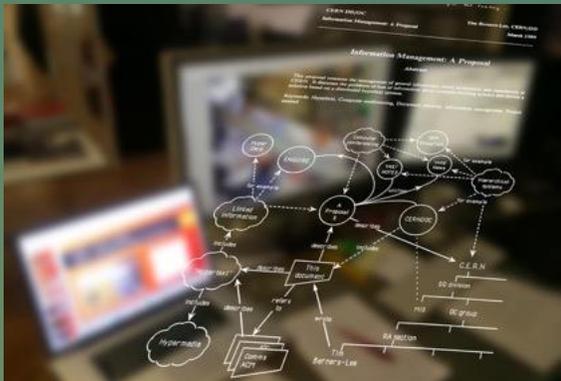
Valeur de la formation



Valeur des produits scientifiques



Applications à l'industrie



Logiciels et systèmes libres



Tourisme et biens culturels



Valeur en tant que bien public



Lien vers les études

# La valeur ajoutée d'un projet de technologie



**1 euro** investi dans un projet du CERN génère ...

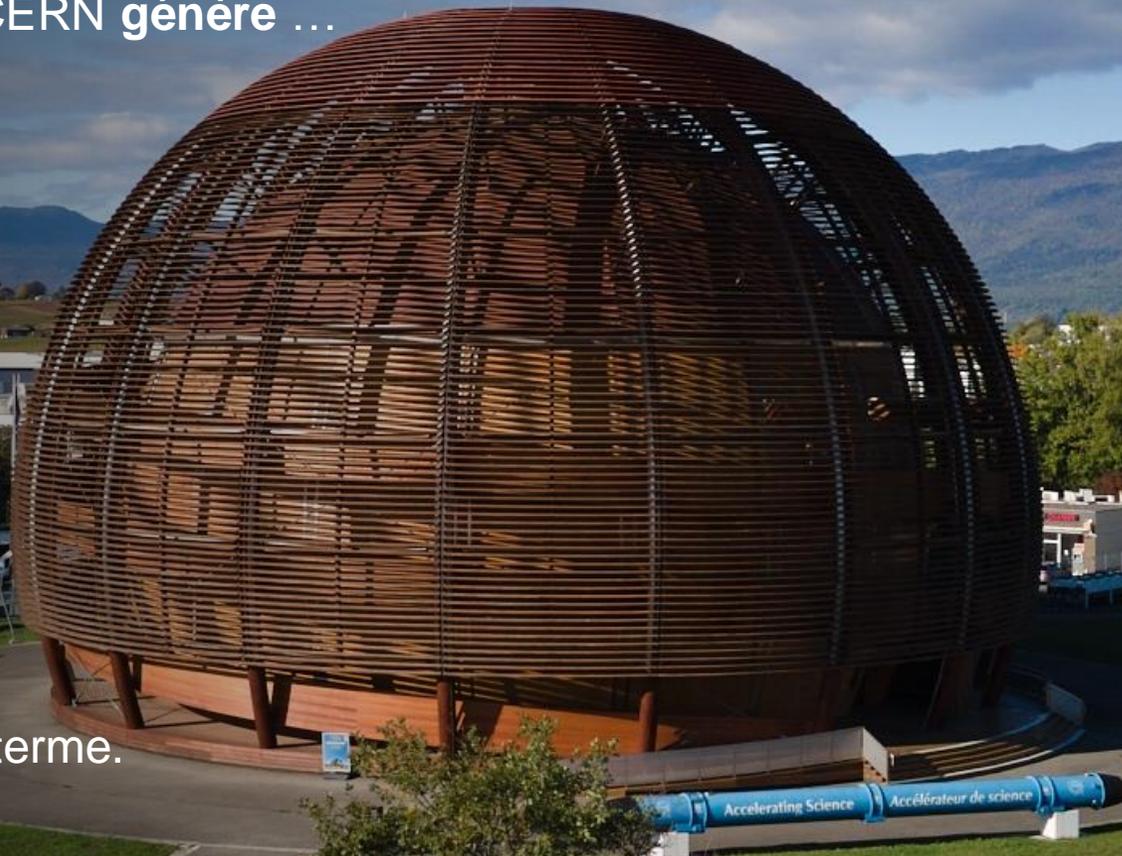


**+ 2 euro** pour des contrats avec intensité technologique moyenne



**+ 3 euro** pour des contrats avec haute intensité technologique

Cela contribue un **investissement durable** avec **retour garanti pour la société** à long terme.



# Le valeur du tourisme scientifique



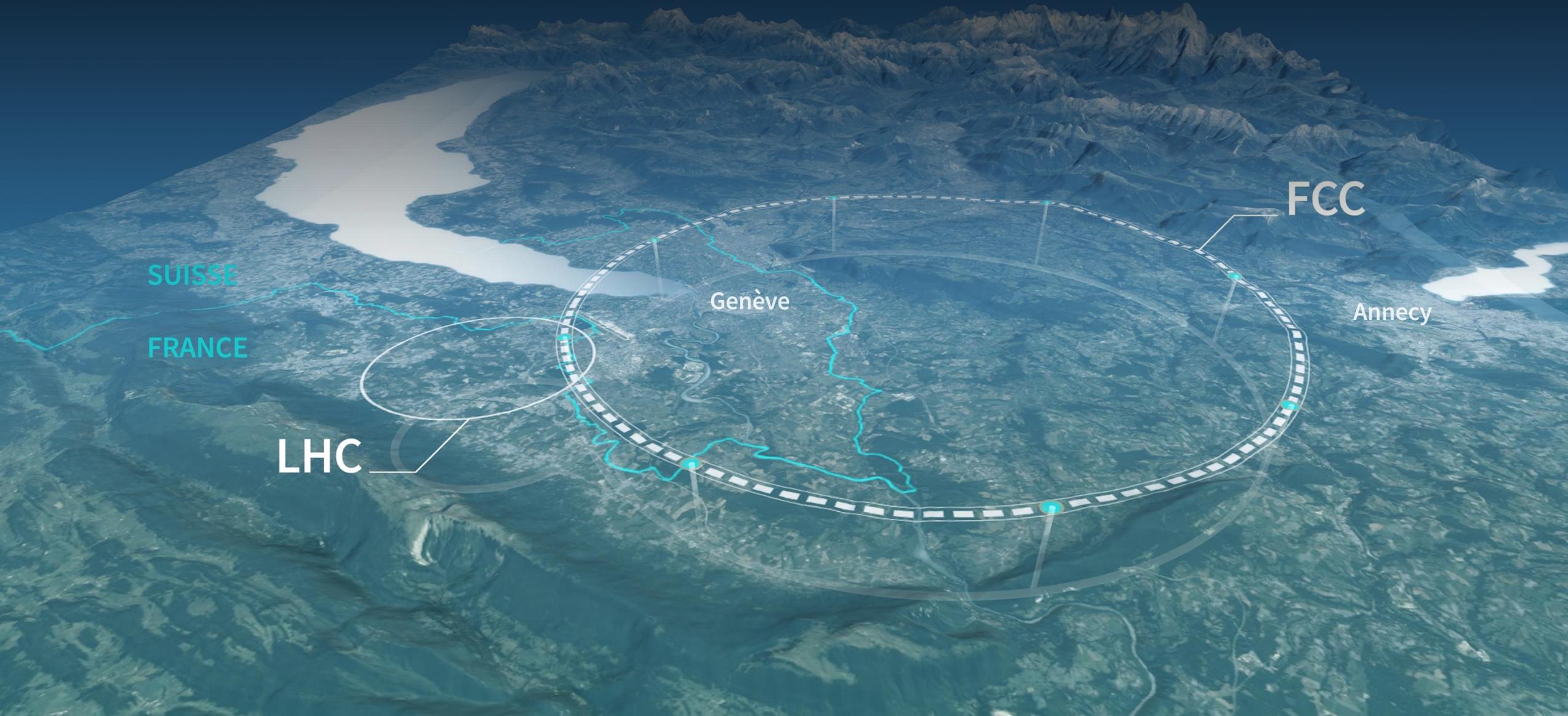
La capacité d'accueil du CERN depuis la création du Portail de la Science est de **300'000 personnes par an**.

Le New York Times rapporte que Genève est classée **n°10** parmi les **meilleures destinations** touristiques, en partie grâce au CERN.

La valeur pour l'économie régionale grâce aux dépenses des visiteurs avec le FCC-ee est estimée à **4 milliards d'euros**.



# Et maintenant?



## CAMPAGNE DE MESURE DANS NOTRE RÉGION

Le CERN, Laboratoire européen pour la physique des particules, effectuera dès 2023 des relevés dans le canton de Genève ainsi que dans les départements de l'Ain et de la Haute-Savoie afin d'étudier l'environnement et les sous-sols de notre région. Découvrez pourquoi et comment.

Étude d'une nouvelle génération d'accélérateur circulaire souterrain à l'horizon 2040



FUTUR COLLISIONNEUR CIRCULAIRE  
Campagne de mesure

## Privilégier le dialogue



Photo : Lise Benoit-Capel / DL

Les élus des communes de Pougny, Farges et Saint-Jean-de-Gonville se sont réunis pour une première rencontre avec l'équipe de l'étude de faisabilité du FCC.

Le CERN souhaite que la conduite de cette étude repose sur un dialogue permanent avec les collectivités territoriales, les associations et les habitants du territoire.

QUI?

QUOI?

OÙ?

**POURQUOI?**

COMMENT?

QUAND?

C'est dans ce conseil municipal de la commune de Pougny, en grande partie concernée par le FCC par une présentation en présence de Marcelot, maire de Pougny, Graziotti, maire de Farges, Monsieur Michel, maire de Saint-Jean-de-Gonville et la Régie des

### Pourquoi?

Quelle est l'utilité de la recherche au CERN ?



Pourquoi le besoin d'un nouveau collisionneur de particules ?



N'hésitez pas à participer à la

présentation du projet dans votre commune.

Par email :  
[fcc-info@cern.ch](mailto:fcc-info@cern.ch)

# Campagne de mesure sur le terrain jusqu'en 2025



**Cartographier l'état de l'environnement**



**Identifier des opportunités et synergies. Optimiser les emplacements des sites.**



**Techniques acoustiques de cartographie du sous-sol**



**Forages exploratoires de petite taille et de courte durée.**