

# Développement de **nouvelles filières** **d'éliminations** des déchets technologiques au CERN



**M. Rimlinger, P. Pisano, R. Charousset, G. Dumont, R. Harbron, M. Magistris, N. Mena, M. Rababah, C. Theis**

# Bonjour!

## Je suis Maeva Rimlinger

J'ai 27 ans, je travaille au CERN depuis 5 ans dont plus de 2,5 ans en tant que Fellowship pour la recherche de nouvelles filières d'éliminations pour les déchets radioactifs du CERN.

Mes rôles :

- Project Leader de BEEP-Alpha,
- Deputy Project Leader de BEEP-Beta-Gamma,
- Membre de l'équipe chargée de la mise en place des techniques de mesure radio-analytique pour le projet BEEP-Free libération.



1

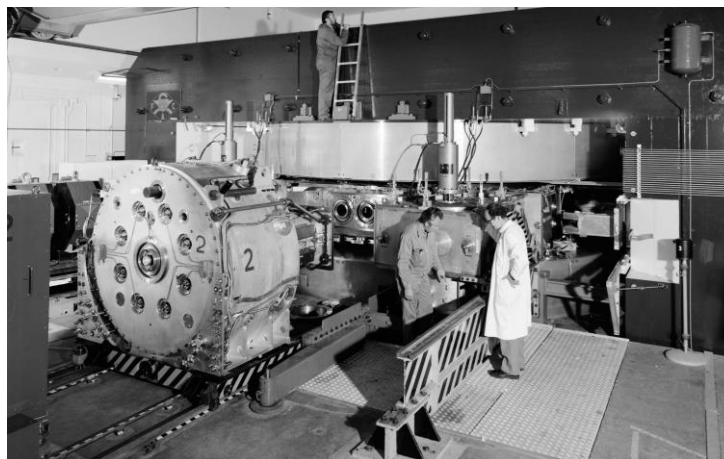
# Présentation du CERN

Présentation rapide du CERN, son historique, ses missions, ...



## Le CERN

- Création en **1954** par **12 États Européens**
  - Eviter la fuite des cerveaux,
  - Promouvoir la collaboration scientifique européenne.
- Ses **missions** sont:
  - Collaboration entre Etats Européens pour la recherche fondamentale en physique des particules,
  - Mise à disposition de la communauté scientifique d'un laboratoire avec des accélérateurs de particules.

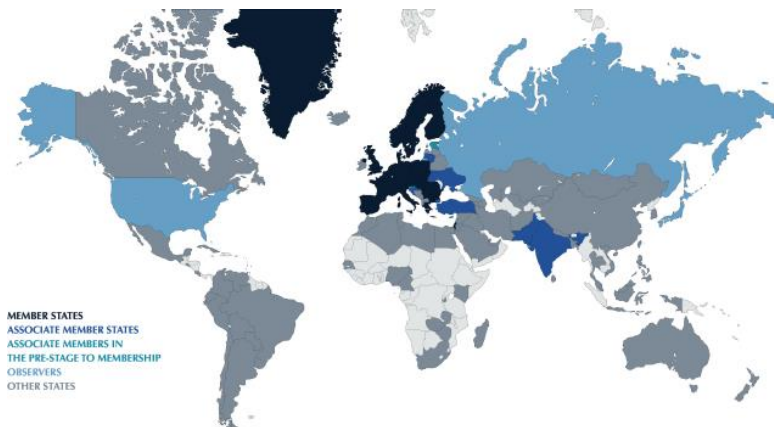




# Caractéristiques

## Le CERN

- Organisation internationale,
- **23** Etats membres,
- **2** pays hôtes → France et Suisse,
- ~ **2300** membre du personnel employés,
- ~ **1400** autres membre du personnel,
- ~ **3500** contractants,
- ~ **13000** utilisateurs provenant de plus de 100 pays.

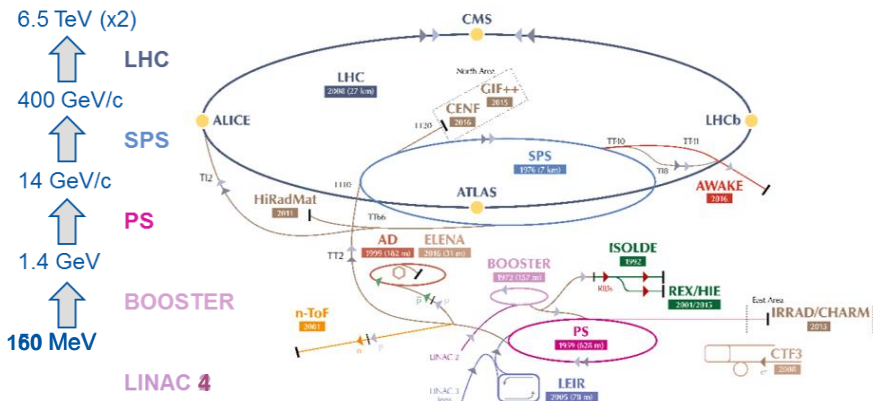




# Le complexe accélérateurs

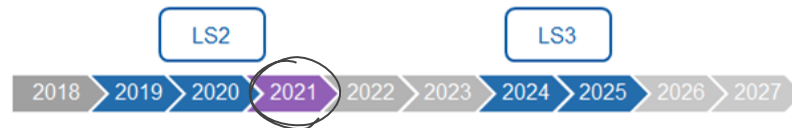
## Machines

Chaque machine **augmente** l'énergie d'un faisceau de particules avant de l'injecter dans la machine suivante.



## Cycles

- **Annuel** : Arrêt techniques (maintenance préventive / corrective) → 400 m<sup>3</sup> de déchets par an,
- **Périodique** (Long Shutdown) : Grosses opérations de maintenance. Le LS2 (2019 - 2021) → réception de ~ 1860 m<sup>3</sup> de déchets radioactifs dont :
  - 54% déchets métalliques (990 m<sup>3</sup>),
  - 23% déchets incinérables (430 m<sup>3</sup>),
  - 10% déchets câbles (190 m<sup>3</sup>),
  - 13% mixte d'autres typologies de déchets (250 m<sup>3</sup>).





## Le cadre réglementaire

### Accord tripartite

- Accord entre le **CERN**, la confédération Helvétique (**OFSP**) et la France (**ASN**),
- Accord avec les Etats Hôtes en matière de **sûreté radiologique et radioprotection**,

Domaines concernés :

- Impact environnemental,
- Impact sur les travailleurs,
- Dosimétrie,
- Matériels radioactifs,
- Déchets radioactifs,
- Transport,
- Déclaration des évènements.

### Déchets radioactifs

- **Etude déchets** → rédaction, mise à jour et communication aux autorités des états hôtes (ASN et OFSP),
- **Élimination** via les filières existantes dans les pays hôtes,
- **Répartition équitable** en fonction des quantités, de l'activité et de la radiotoxicité.



2

# La filière des déchets technologiques

Caractéristiques de la filière des déchets technologiques et le projet BEEP.





# Caractéristiques de la filière

## Données initiales du Projet BEEP (Burnable waste Elimination Project)

- Typologies de déchets :
  - Gants,
  - tissus,
  - Combinaisons,
  - Sur-chaussures,
  - Plastique « mou » (sachets, ...).
- Volumes avant traitement : ~ **600 m<sup>3</sup>** (2020),
- Origine ( $\beta\gamma$ ) : **Activation des métaux / bétons** → Contamination lors de la manipulation en laboratoire,
- Origine ( $\beta\gamma$ ) : Installations **ISOLDE/N-TOF** → **Activation de cible d'Uranium / Plomb** → Contamination lors de la manipulation en laboratoire (poussière, eau, etc).





# Projet BEEP- $\beta\gamma$ et B-FREE

Les deux filières regroupent ~ **350 m<sup>3</sup>** de déchets technologiques actuellement en entreposage.

## BEEP- $\beta\gamma$

(TFA en France)

### Caractéristiques :

- Elimination en **filière TFA** en France,
- **Pré-compactage au CERN** → Compactage au CIREs → Stockage en alvéoles,
- Déchets radioactifs contenant **des émetteurs Bêta-Gamma**,
- **Majorité des déchets technologiques** en entreposage.

### Objectif :

- Elimination de **200 m<sup>3</sup>** d'ici fin 2021,
- Elimination de **70 à 100 m<sup>3</sup>** par an,
- Élimination du **stock historique**.

### Défis :

- Nouvel emballage → **fût de 210 L**,
- Nouveaux outils → **Presse et imagerie rayon X**.

## B-FREE

(Libération en Suisse)

### Caractéristiques :

- Elimination par **libération en Suisse**,
- Caractérisation radiologique utilisant un **compteur Gamma total**.

### Objectif :

- Elimination **30 m<sup>3</sup>** d'ici fin 2021,
- Elimination de **30 à 50 m<sup>3</sup>** par an,
- Ouvrir avec succès une **filière continue** vers la Suisse.

### Défis :

- **Caractérisation radiologique** particulière.



# Projet BEEP- $\alpha$

## BEEP- $\alpha$

(TFA en France)

### Caractéristiques :

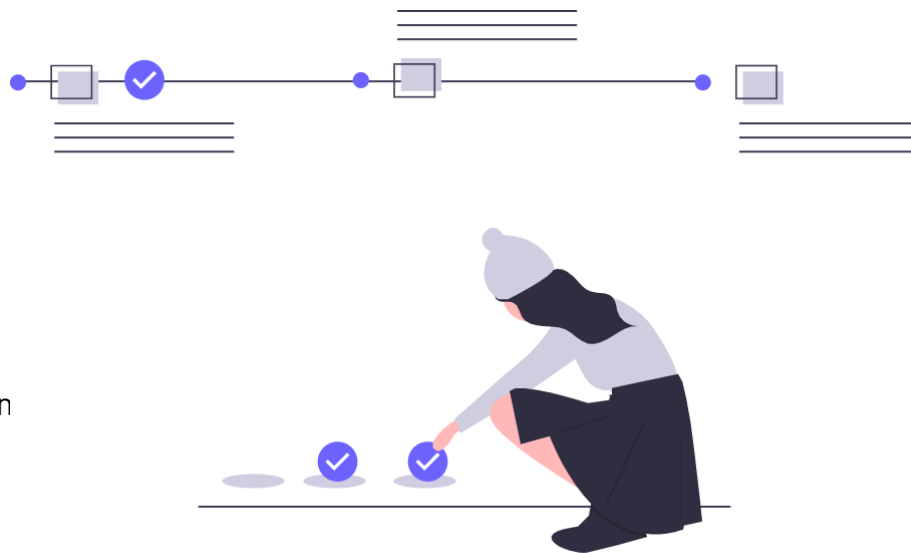
- ~ **150 m<sup>3</sup>** actuellement en entreposage,
- Elimination en **filière TFA** en France,
- Déchets radioactifs contenant **des émetteurs Bêta-Gamma avec risque Alpha**.

### Objectif :

- Ouverture de la filière en **2022**,
- Elimination de **10 à 15 m<sup>3</sup>** par an en phase de production
- Élimination du **stock historique**.

### Défis :

- **Contamination Alpha** → risque plus important pour les opérateurs,
- **Inventaire radiologique** et caractérisation plus complexe.



3

## Processus de BEEP

Processus de préselection, sélection, caractérisation et transport.



## Similarités entre les filières

### BEEP- $\beta\gamma$ , B-FREE et BEEP- $\alpha$ :

- Périodes de décroissance :
  - 6 mois - 3 ans,
  - 3 ans - 10 ans,
  - 10 ans - 30 ans.
- La typologie (déchets technologiques)

### BEEP- $\beta\gamma$ et B-FREE :

- Déchets sans risque de contamination Alpha.

## Cas de la filière BEEP- $\alpha$

Chaque paniers grillagées contenant des **déchets radioactifs avec risque de contamination alpha** sont mesurées par :

- Gamma total (Scintillateurs plastique  $\sim 4\pi$ )  $\rightarrow$  évaluation des risques radiologiques,
- Spectrométrie Gamma (GeHP)  $\rightarrow$  caractérisation (IRAS).

Ces mesures permettent de faire une évaluation quantitative des radioéléments présents. Il est regardé en particulier si :

- $A_{\alpha_i}(2\sigma) \geq SD_{\alpha_i}(Bq/g) \rightarrow$  filière BEEP- $\alpha$ ,
- $A_{\alpha_i}(2\sigma) < 0.5 SD_{\alpha_i}(Bq/g) \rightarrow$  intègre la filière BEEP- $\beta\gamma$ ,
- $0.5 SD_{\alpha_i} < A_{\alpha_i}(2\sigma) < SD_{\alpha_i}(Bq/g) \rightarrow$  en cours d'étude.

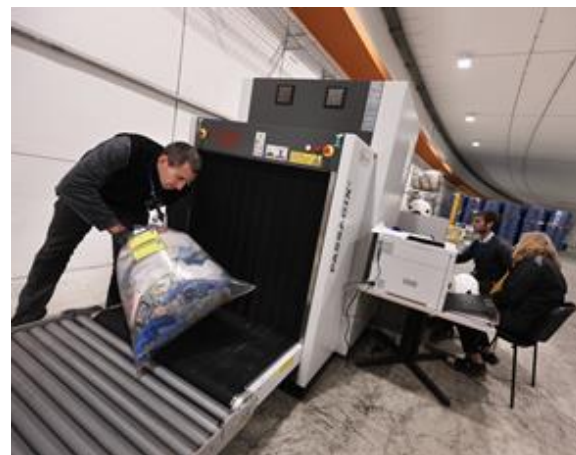
Encore en phase d'étude et de tests.



# Passage des sacs au scanner à rayons X

- Critère de sélection :
  - BEEP- $\beta\gamma$  et BEEP- $\alpha$  : Débit max. d'équivalent de dose au contact inférieur à **10  $\mu\text{Sv/h net}$** ,
  - B-FREE : mesure au contact inférieur à **30 c/s net** (FH40 avec sonde FHZ 512 BGO).
- Il existe **3 possibilités** selon l'image analysée :
  - Sac conforme (TFA) sont envoyés au compactage,
  - Sac conforme (Libération) sont conditionnés dans des paniers grillagés  $\sim 1\text{m}^3$ ,
  - Sac non conforme sont envoyés pour tri à la cellule ventilée.

Selon quels critères ?





# Critère d'acceptation des candidats

## Critères de non conformité

La liste **non exhaustive** des déchets interdits et tolérés en faibles quantités :

- Aucun déchet (dur) ne doit dépasser **5 mm d'épaisseur** et ne pas modifier le **code nature du sac**,
- Les **déchets métalliques** sont autorisés si leur poids ne dépasse pas **1 kg sur l'ensemble du sac**,
- **Liquide** et **graisse interdit**,
- **Batterie** et **composant électronique interdit**,

Tous les sacs en sortie de cellule ventilée sont vérifiés → retour à la selection (second passage RX).





# Traçabilité et contrôles

## Traitement des données

- Le CERN dispose d'un outil appelé *Traçabilité des Equipements et des Déchets Radioactifs* (TREC) qui permet :
  - Une traçabilité simple à l'aide d'un code barre et d'un identifiant unique pour chaque déchet,
  - Le suivi de l'état d'avancement opérationnel d'un lot lors du processus de sélection et tri.
- Des contrôles sont également effectués avant l'étape de la mise en emballage :
  - Vérification du débit d'équivalent de dose sur chaque lot de déchets,
  - Pesage des lot de déchets,
  - Vérification de la prépondérance des matériaux pour chaque lot de déchets,
  - Définition de la filière d'élimination.



### Welcome to EAM TREC



Date	Personne	Nbre de lots	EXT_1_DATE	EXT_1_PERSONNE	EXT_1_PONN	EXT_1_DATE	EXT_1_PERSONNE	EXT_1_PONN	EXT_1_DATE	EXT_1_PERSONNE	EXT_1_PONN	EXT_1_DATE	EXT_1_PERSONNE	EXT_1_PONN	EXT_1_DATE	EXT_1_PERSONNE	EXT_1_PONN	
	Terrina	BEIP	202309	27-AUG-2021	MPELO	15704	27-AUG-2021	27-AUG-2021	27-AUG-2021	MPELO	15704	27-AUG-2021	27-AUG-2021	27-AUG-2021	MPELO	15704	27-AUG-2021	27-AUG-2021
	Terrina	BEIP	202309	24-AUG-2021	JONETON	15704	24-AUG-2021	24-AUG-2021	24-AUG-2021	JONETON	15704	24-AUG-2021	24-AUG-2021	24-AUG-2021	JONETON	15704	24-AUG-2021	24-AUG-2021
	Terrina	BEIP	202309	20-AUG-2021	CHEFFER	15703	20-AUG-2021	20-AUG-2021	20-AUG-2021	CHEFFER	15703	20-AUG-2021	20-AUG-2021	20-AUG-2021	CHEFFER	15703	20-AUG-2021	20-AUG-2021
	Terrina	BEIP	202309	19-AUG-2021	CHEFFER	15703	20-AUG-2021	19-AUG-2021	20-AUG-2021	CHEFFER	15703	19-AUG-2021	20-AUG-2021	20-AUG-2021	CHEFFER	15703	19-AUG-2021	20-AUG-2021
	Terrina	BEIP	202309	22-AUG-2021	LORDES	13353	20-AUG-2021	22-AUG-2021	20-AUG-2021	CHEFFER	15703	22-AUG-2021	20-AUG-2021	20-AUG-2021	CHEFFER	15703	22-AUG-2021	20-AUG-2021
	Terrina	BEIP	202309	21-AUG-2021	MPELO	12653	21-AUG-2021	21-AUG-2021	21-AUG-2021	MPELO	12653	21-AUG-2021	21-AUG-2021	21-AUG-2021	MPELO	12653	21-AUG-2021	21-AUG-2021
	Terrina	BEIP	202309	15-AUG-2021	MATHEMA	14859	21-JUL-2021	15-AUG-2021	04-AUG-2021	MPELO	12653	15-AUG-2021	04-AUG-2021	04-AUG-2021	MPELO	12653	15-AUG-2021	04-AUG-2021



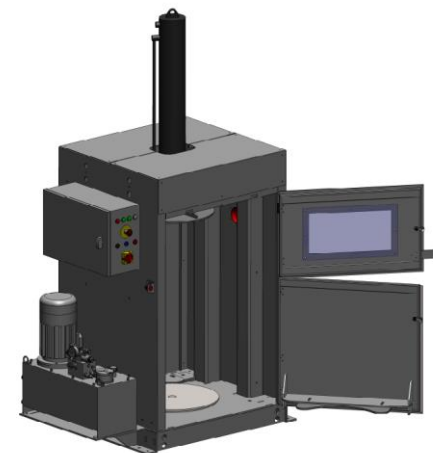




## La mise en colis et contrôles

- Type d'emballage :
  - Fût de 210 L → BEEP- $\beta\gamma$  et BEEP- $\alpha$ ,
  - (Big bag → BEEP- $\beta\gamma$  et BEEP- $\alpha$ ),
  - Pannière Grillagée vers conditionnement en benne → B-FREE.
- Les contrôles (colis TFA):
  - Masse minimale fixée à ~ **50 kg** par fût (optimisation),
  - Code nature du fût cohérent avec le dossier d'acceptation,
  - Débit d'équivalent de dose du fût → Conforme à une catégorie TFA (< 10 uSv/h).

Réduction de volume obtenue : 4.11





## Spectrométrie Gamma

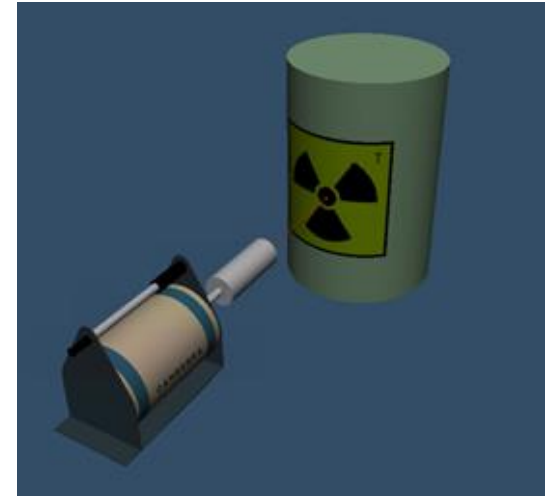
(GeHP)

Chaque fût fait l'objet d'une ou plusieurs mesures de spectrométrie gamma. La configuration et les paramètres de mesure sont standardisés :

- Distance détecteur - fût de **42 cm**,
- Temps de comptage de **900 seconds**,
- Géométrie d'analyse **standardisée**,
- **Double mesures** tous les 20 fûts (contrôle contradictoire),
- **Bibliothèque de radionucléides** unique pour chaque filière (BEEP- $\beta\gamma$  et BEEP- $\alpha$ ) selon l'inventaire des radionuclides.

BEEP- $\beta\gamma$  est en phase de production depuis Janvier 2021 (élimination continue).

No.	Description	d.1	d.2	d.3	d.4	d.5	Material	Density	Rel. Conc.
1	Conteneur	1.25	571.5	855			304ss	7.81	
2	Source - Couche	855					pvc	0.2	1.00
3	Source - Couche	0						0	0.00
4	Absorber 1	0						0	
5	Absorber 2	0						0	
6	Source-Detector	420	0	0	0	0			





## Compteur Gamma total

(RTM644Inc)

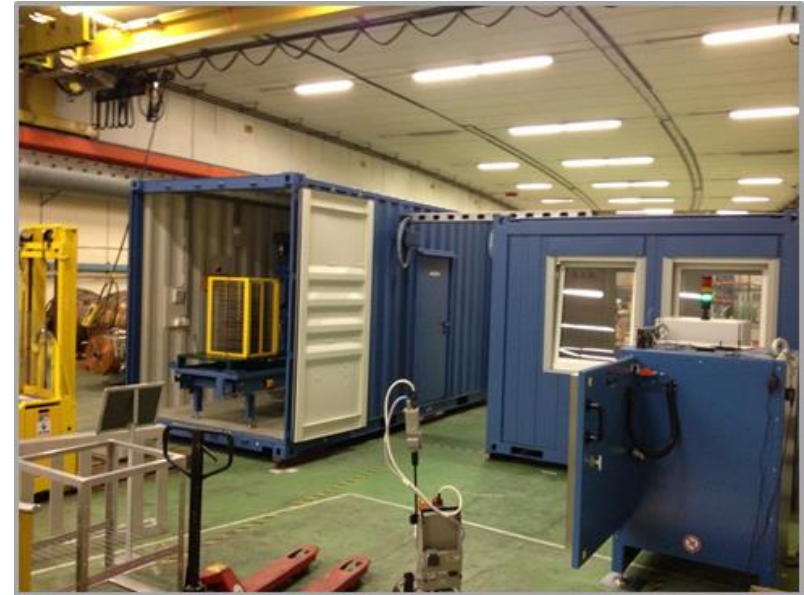
B-FREE :

Chaque Pannière Grillagée fait l'objet une mesure gamma total. La configuration et les paramètres de mesure sont en cours de définition.

Plusieurs tests ont été effectués sur le lot pilote de B-FREE.

BEEP- $\alpha$  :

Une étude est en cours pour déterminer la faisabilité d'utiliser le **RTM644Inc** pour estimer la **LA\*** d'une panni re afin d'en estimer le risque radiologique.



\*Limite d'Autorisation (ORaP 2018 - OFSP)

C'est la valeur qui permet de quantifier le danger li     l'inhalation lors de la manipulation de radionucléides sous forme non-sc ell e. **L'inhalation de l'activité correspondant   une LA correspond   une dose efficace engagée de 5 mSv.**

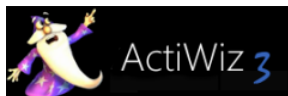


## Scaling Factor

Pour caractériser les radioéléments **non détectables** (Beta pur, ...) des facteurs sont utilisés afin d'estimer leurs activités par rapport à des **radioéléments traceurs** (Co-60, Na-22, Bi-207, ...) selon les scénarios d'activations.

Utilisation de logiciels de calculs Monte-Carlo :

- Actiwiz 3,



- Fluka.



Par spectrométrie gamma

Par échantillonnage  
(radiochimie)

Par calculs Monte-Carlo

Easy To Measure (ETM)	Difficult to Measure (DTM)	Impossible to Measure (ITM)
Na-22	H-3	Be-10
Co-60	Fe-55	Cl-36
Bi-207	...	...
...		



## Transports (cas des filières TFA)

# Transport vers le CIRES

Prérequis avant le transport :

- Caractérisation des fûts en fin du processus (IRAS),
- Traçabilité des fûts mise à jour dans la base de données TREC,
- Planification du transport mois-1,
- Mise en place des fûts dans les ISO 20 pieds ½ hauteur,
- Vérification finale de l'ensemble des documents.

Transport vers le CIRES de **60 fûts** sur 2 ISO 20 pieds ½ hauteur (classification SCO).



4

## Clôture

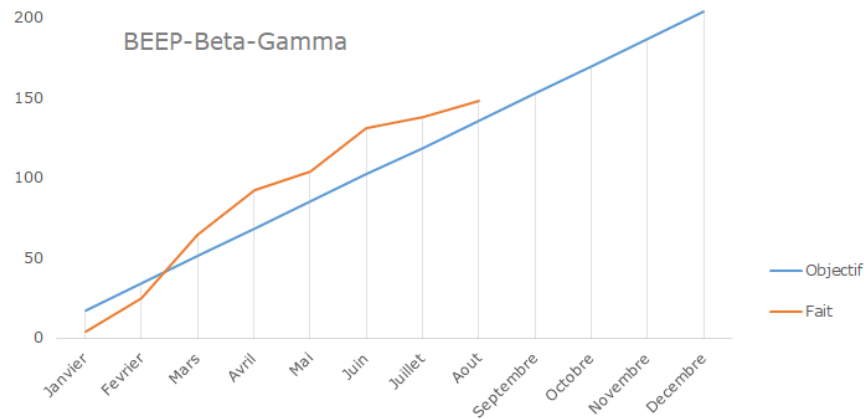
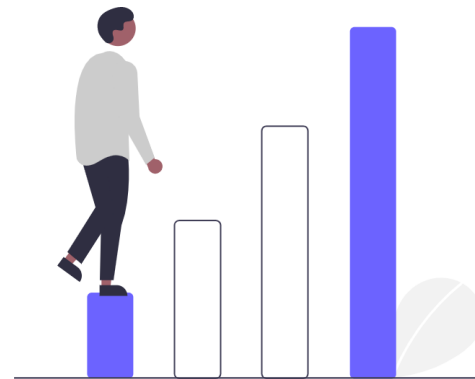
Bilan du projet BEEP en 2021 et les jalons à venir.



## L'avancement actuel

### BEEP- $\beta\gamma$ :

- Tri de **187 m<sup>3</sup>** (dont **60 m<sup>3</sup>** éliminés en 2020) sur les 200 m<sup>3</sup> projetés pour fin 2021,
- Création de **148 fût** de 210 L de déchets technologiques.





# Merci !

Si vous souhaitez me contacter :

<https://www.linkedin.com/in/maeva-rimlinger-455962124/>

