

DOCUMENT TECHNIQUE

PNGMDR 2016-2018
**ÉTUDE SUR LA VALORISATION DE
GRAVATS TFA COMME MATÉRIAUX DE
COMBLEMENT DES VIDES DANS LES
ALVÉOLES DU CIRES**

Identification
PINT.ASSI.17.0016

Pages : 1 / 21

SOMMAIRE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Introduction | 4 |
| 1.1 | <i>Contexte</i> | 4 |
| 1.2 | <i>Introduction à la valorisation des gravats de béton</i> | 4 |
| 1.2.1 | La valorisation des gravats dans le domaine conventionnel | 4 |
| 1.2.2 | La valorisation des gravats faiblement radioactifs à l'international | 5 |
| 2. | Evaluation du gisement de gravats TFA valorisables | 5 |
| 2.1 | <i>Détermination du critère radiologique de sélection des gravats valorisables</i> | 5 |
| 2.2 | <i>Évaluation du gisement prévisionnel des gravats TFA valorisables</i> | 7 |
| 3. | Définir l'outil industriel | 8 |
| 3.1 | <i>Caractéristiques de la grave à produire</i> | 8 |
| 3.2 | <i>Caractéristiques attendues des gravats entrants</i> | 9 |
| 3.3 | <i>Activités réalisées par l'installation de concassage</i> | 10 |
| 3.4 | <i>Caractéristiques techniques de l'installation de traitement</i> | 11 |
| 3.4.1 | Prise en charge des déchets | 11 |
| 3.4.2 | Traitement des matériaux | 11 |
| 3.4.3 | Gestion des sous-produits non valorisés | 13 |
| 3.5 | <i>Protection de l'homme et de l'environnement</i> | 13 |
| 3.5.1 | Dans l'installation de concassage | 13 |
| 3.5.2 | En alvéole | 15 |
| 3.5.3 | Suivi de l'impact environnemental | 15 |
| 4. | Évaluation économique préliminaire du projet d'installation | 17 |
| 4.1 | <i>Hypothèses de chiffrage</i> | 17 |
| 4.2 | <i>Coûts d'investissement</i> | 17 |
| 4.3 | <i>Coûts d'exploitation</i> | 18 |
| 4.4 | <i>Comparaison du scénario « valorisation » et du scénario « stockage direct des gravats »</i> | 18 |
| 5. | Estimation de l'économie de la ressource « stockage » | 20 |
| 6. | Conclusion générale | 20 |

1. Introduction

1.1 Contexte

L'édition 2015 de l'inventaire national des matières et déchets radioactifs fournit des prévisions de production de déchets, et notamment des déchets dits de « Très faible activité » (TFA). Selon ces prévisions, plus de 2 millions de m³ de déchets TFA seront produits par l'ensemble des installations nucléaires existantes jusqu'à la fin de leur vie¹.

Le schéma industriel pour la gestion des déchets TFA² évoque plusieurs opportunités susceptibles de conduire à une réduction des quantités de déchets à stocker, et notamment celle consistant à valoriser les gravats de démantèlement TFA en les utilisant comme matériau de remplissage des vides des alvéoles du CIREs. L'objectif d'une telle valorisation étant d'optimiser la consommation de la « ressource » du stockage en augmentant la quantité de déchets stockée en alvéole.

Afin de d'évaluer la pertinence de cette option, l'arrêté PNGMDR 2016-2018 du 23 février 2017 pris en application du décret n° 2017-231 du 23 février 2017 prescrit :

Article 22

L'Andra remet au ministre chargé de l'énergie et au préfet de l'Aube avant le 31 mars 2017 une étude conclusive sur l'utilisation des gravats de très faible activité comme matériaux de comblement des vides dans les alvéoles du CIREs.

L'ASN est saisie pour avis sur cette étude.

Article 23

L'ANDRA déploie avant le 31 décembre 2018 une filière de valorisation des gravats de très faible activité comme matériaux de comblement des vides dans les alvéoles du CIREs, sous réserve de l'application des procédures applicables aux installations classées, des conclusions de l'étude mentionnée à l'article 22 et de la faisabilité de sa mise en œuvre dans des conditions économiquement acceptables, l'analyse économique devant inclure des incertitudes sur les coûts futurs du stockage.

Le présent document présente l'étude conclusive demandée par l'arrêté PNGMDR 2016-2018.

1.2 Introduction à la valorisation des gravats de béton

1.2.1 La valorisation des gravats dans le domaine conventionnel

La valorisation consiste dans " le réemploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie " (loi du 13 juillet 1992).

Une enquête menée entre 2001 et 2002 par la Fédération Nationale des Travaux publics, l'ADEME et le Ministère de l'Environnement a montré que l'activité des Travaux publics génère 280 millions de tonnes d'excédents (matériaux issus de la construction, mais n'entrant pas dans la réalisation du chantier) et de déchets de chantier dont une majeure partie de déchets inertes.

La réutilisation des bétons constitue une double économie de ressource, du fait de la valorisation de ces matériaux destinés à être mis en décharge et de la non-production des matériaux remplacés. Dans ce cas le concassage des gravats est un préalable indispensable au réemploi.

Pour le concassage, deux types d'équipements sont mis en œuvre dans le conventionnel, en fonction des flux à traiter³ :

- Des installations fixes et centralisées, dont les capacités se situent entre 70 000 et 500 000 tonnes par an ;

¹ Voir [Rapport de synthèse](#), p47. Scénario « à terminaison »,

² Voir [Schéma industriel pour la gestion des déchets TFA](#) - PI NT ADI 15-0006 - p20

³ Rapport OFRIR Observatoire Français des Ressources pour les Infrastructures - Béton de démolition - Nov. 2013

- Des installations mobiles de moindre capacité : environ 70 000 tonnes par an.

Le coût moyen de granulats naturels de granulométrie standard est situé entre 4 et 7 €/t, contre 4 à 9 €/t pour des gravats recyclés. Le faible coût des matériaux remplacés et les coûts de transports associés au traitement des déchets limitent nettement l'intérêt d'une valorisation en l'absence d'un gisement important. Il est estimé que, au-delà de 30/50 km, les coûts de transports réduisent l'intérêt économique d'une valorisation centralisée et sont en faveur d'une valorisation in situ.

En matière de coûts d'investissement, L'ADEME a réalisé en 2011 une analyse technico-économique des plateformes de tri/valorisation des déchets du BTP⁴.

Cette étude porte sur 39 plateformes de valorisation, dont 9 ne traitent que des déchets inertes à l'exclusion de tout autre déchet, les autres réalisant un tri plus complexe entre les déchets inertes et non-dangereux.

De cette étude il ressort que les investissements sur les installations de tri simple et de valorisation des déchets inertes sont en moyenne de 1 M€. Il faut noter que ce type de traitement est en général confié à des groupes mobiles, utilisés par campagne et nécessitant moins de personnel (3 en moyenne).

Les plateformes plus complexes valorisant à la fois les Déchets inertes et les Déchets Non Dangereux ont les coûts d'investissement plus importants : les efforts de tri étant plus conséquents pour retirer la part valorisable des déchets en mélange. Les chaînes de tri représentent alors un poste important.

Cette analyse montre bien qu'un tri soigneux des déchets devra être effectué en amont de la prise en charge. Cela permettra de limiter les investissements initiaux et le personnel en exploitation, en contrepartie toutefois d'un report de coût sur les producteurs.

1.2.2 La valorisation des gravats faiblement radioactifs à l'international

Dans le cas de déchets faiblement radioactifs, la pratique est plus rare. A l'international, la gestion des bétons très faiblement radioactifs repose plutôt sur l'application de seuils de libération. Les matériaux intègrent alors un circuit conventionnel de recyclage.

Cependant, un recyclage dans le domaine nucléaire est parfois préféré, car les contraintes de caractérisation s'en trouvent allégées. Selon une étude⁵, le volume de déchets de béton radioactifs recyclés en Europe se situe entre 1 200 et 2 000 tonnes par an, principalement au Royaume-Uni. Il est estimé que cette valeur augmentera à l'horizon 2030 à une valeur de 7000 tonnes/an.

Peu d'éléments financiers sont disponibles. Seul le retour d'expérience de l'ONDRAF sur le concassage et la valorisation des gravats en Belgique peut être exploité. Il s'agit dans ce cas de gravats destinés à être libérés. Intégré sur l'ensemble de la chaîne, depuis la décontamination, le contrôle, et jusqu'à la libération après concassage le coût est d'environ 20 à 25 euros par kg, ce qui n'est inférieur que d'un facteur 2 au coût de stockage des déchets radioactifs de catégorie A en Belgique, et 50 fois supérieur au coût de la filière TFA française qui n'a pas d'équivalent en Belgique. Ce coût du traitement s'explique principalement par la redondance des mesures avant et après fragmentation pour garantir la « propreté » radiologique des gravats (respect des seuils de libération).

2. Evaluation du gisement de gravats TFA valorisables

2.1 Détermination du critère radiologique de sélection des gravats valorisables

L'inventaire prévisionnel des gravats susceptibles d'être valorisés dépend bien évidemment des conditions d'admission des déchets dans la filière, et en particulier du niveau d'activité maximal

⁴ Analyse technico-économique de 39 plateformes françaises de tri/valorisation des déchets du BTP - décembre 2011 - ADEME

⁵ Review on radioactive concrete recycling concrete recycling methods, R. DEJU, M. DRAGUSIN, I. ROBU, C. MAZILU, C.TUCA, "Horia Hulubei" National Institute for Physics and Nuclear Engineering, IFIN-HH Bucharest

considéré comme acceptable en entrée. C'est pourquoi il convient, dans un premier temps, d'établir ce critère.

On rappelle que ce critère est destiné à limiter l'impact de la pratique sur les travailleurs, le public et l'environnement. Les risques d'exposition externe sont négligeables pour les niveaux d'activité dont il est question dans le cadre de cette étude. En revanche, il convient de s'intéresser au risque d'exposition interne, dans la mesure où le concassage des gravats est un procédé particulièrement générateur de poussières

On rappelle que la limitation de l'activité des gravats entrants n'est qu'un des multiples moyens mis en œuvre pour limiter l'impact radiologique. Les autres, détaillés plus loin dans le document, consistent à lutter contre les émissions de poussières diffuses ou canalisées au moyen d'équipements ad hoc.

Pour rappel, lors des études d'optimisation menées en amont du schéma industriel pour la gestion de déchets TFA, un seuil arbitraire de 1 Bq/g avait été choisi pour définir la part valorisable des gravats, sans considération de spectre.

Cette valeur apparaît cohérente en première approche avec les pratiques ou recommandations internationales⁶, au moins en ce qui concerne les radionucléides naturels, d'autant plus que les seuils d'exemption définis dans les documents précités découlent de scénarios pénalisants conduisant à des impacts de 10 μ Sv dans une hypothèse de libération.

Différents scénarios ont été traités pour évaluer l'impact de l'inhalation des poussières par les travailleurs dans des conditions représentatives de l'exploitation du CIREs.

Les calculs ont été réitérés en faisant varier certains paramètres pour évaluer leur sensibilité. Parmi eux, on peut citer :

Le spectre et l'activité des gravats

Dans le cadre d'une démarche simplifiée mais conservative, le calcul est effectué en considérant d'abord un spectre type constitué à 100% d'émetteurs β/γ , puis dans un second temps un spectre type pénalisant constitué à 100% d'émetteurs α . Le critère nominal est à 1 Bq/g pour les deux spectres. En sensibilité, on a évalué la faisabilité d'un critère à 1 Bq/g pour les α , et 10 Bq/g pour les β/γ .

La durée d'exposition

Différentes durées ont été successivement considérées dans les calculs, pour les phases de traitement et de mise en place des gravats concassés en alvéoles. Certaines de ces valeurs sont vraisemblables compte tenu des flux attendus, d'autres ont été choisies de manière délibérément enveloppe, au détriment de leur vraisemblance.

L'empoussièrement dans l'installation de compactage et en alvéole

Là également, des hypothèses enveloppes ont été considérées dans les calculs.

Certains cas de calculs postulent la survenue d'un cas accidentel faisant monter temporairement l'empoussièrement à des valeurs particulièrement élevées.

Nota : La dose calculée ne prend en compte que la voie d'atteinte par inhalation. Les autres voies (ingestion, exposition externe), sont considérées comme négligeables.

Les calculs révèlent que dans tous les cas, et malgré les conservatismes, les doses intégrées par inhalation sont faibles, de l'ordre de quelques dizaines de microsieverts par an tout au plus en situation d'exploitation normale, Dans le cas des scénarios accidentels, les impacts restent négligeables eu égard à la très faible durée d'exposition.

On peut donc en conclure qu'un critère de 1 Bq/g sans considération de spectre est effectivement adapté. Il existe même une marge concernant le seuil d'acceptation des gravats à spectre β/γ pour lesquels le critère pourrait être relevé à 10 Bq/g.

⁶ IAEA RS-G-1.7 – Application of the concepts of exclusion, exemption and clearance
Directive 2013/59/Euratom du conseil du 5 décembre 2013

Un critère radiologique moins contraignant permettrait de limiter les contraintes de caractérisation en amont chez le producteur. En revanche, la suite du document montrera que cela n'aurait que peu d'impact sur le gisement.

NB : L'impact pour des personnes du public situées hors des installations et a fortiori hors du centre n'a pas été étudié à ce stade :

- En ce qui concerne l'opération de concassage, on a considéré a priori que le confinement de l'installation à l'intérieur d'un bâtiment clos, ainsi que les systèmes de filtration de l'air extrait, permettront in fine de limiter les rejets diffus et canalisés à un niveau acceptable pour les personnes et pour l'environnement.
- En ce qui concerne la mise en place de la grave de substitution dans l'alvéole, on considère également que les rejets diffus ne présenteront pas de caractère réhibitoire.

Si le projet est appelé à être poursuivi, les démonstrations correspondantes seront apportées avec la demande d'autorisation. En première approche, on peut penser que du fait de l'ensemble des mesures de limitation des missions décrites dans la suite de ce document, l'impact à l'extérieur du bâtiment sera nécessairement très inférieur à celui des travailleurs à l'intérieur, dont on vient de voir qu'il est très faible.

2.2 Évaluation du gisement prévisionnel des gravats TFA valorisables

L'exercice d'élaboration d'inventaires prévisionnels de déchets TFA a été réitéré à plusieurs reprises au cours des dernières années, et notamment lors de la préparation du schéma industriel pour la gestion des déchets TFA (Voir note de bas de page 1).

Ces inventaires donnent les volumes prévisionnels totaux et les flux annuels pour différentes natures de déchets, sur une période se prolongeant jusqu'à la fin de vie estimée des installations nucléaires d'ores et déjà existantes en France.

Concernant les gravats, les différentes estimations se situent entre 2 000 et 11 000 m³ par an au total, avant application des critères d'admission dans la filière de valorisation.

Ces critères sont les suivants :

- Une activité massique inférieure à 1 Bq/g, sans considération de spectre ;
- Une livraison en vrac, et non dans des conditionnements nécessitant une ouverture (fûts) ou une crevaison (GRVS) à réception. Les déchets issus de chantiers où un conditionnement est indispensable seraient donc éliminés.

Après soustraction de la fraction non admissible, les flux annuels estimés de gravats valorisables s'inscrivent dans une fourchette comprise entre 400 et 2 000 m³ de gravats par an.

On rappelle que les volumes dont il est question dans ce paragraphe sont des volumes de gravats avant concassage, et non des volumes de grave obtenus à l'issue du traitement.

En sensibilité, des hypothèses plus optimistes peuvent être posées quant à la part de gravats répondant aux conditions d'admissibilité en concassage :

- Concernant l'activité massique, pour les faibles activités, les valeurs déclarées sont généralement majorantes et par conséquent, la part de gravats dont l'activité massique est réellement supérieure à 1 Bq/g est plus faible que ne l'indiquent les statistiques disponibles sur les déchets stockés.
- D'autre part, le paragraphe précédent a montré que le critère de 1 Bq/g sans considération de spectre pourrait être relevé à 10 Bq/g pour les émetteurs $\beta\gamma$. On constate cependant que cet assouplissement ne permettrait pas d'augmenter significativement les volumes. Son intérêt serait plutôt de faciliter la caractérisation des déchets.
- Enfin, il pourrait être envisagé d'assouplir le critère du conditionnement, par exemple en équipant l'installation d'un crève-sache pour les GRVS, si bien que seuls les fûts et pièces unitaires demeureraient exclus.

En cumulant les hypothèses optimistes, le volume de gravats susceptibles d'être concassés au CIREs pourraient s'élever environ 5 000 m³/an. L'estimation nominale se situant plutôt à 2 000 ou 2 500m³/an.

Sans préjuger, à ce stade de l'étude, des conclusions globales sur l'équilibre économique d'une installation de concassage, on peut constater que les volumes potentiellement concernés restent extrêmement faibles : quelques milliers de m³/an tout au plus.

Ils sont à comparer aux volumes traités dans le domaine conventionnel, où les capacités de traitement sont de plusieurs centaines de milliers de m³/an pour les installations fixes et de plusieurs dizaines de milliers pour les installations mobiles.

Rappelons également que les volumes estimés sont des moyennes sur plusieurs années, et sont donc susceptibles de varier d'une année à l'autre. D'autre part, ils sont sensibles au report ou à l'étalement dans le temps des stratégies de démantèlement.

3. Définir l'outil industriel

La définition de l'outil industriel repose sur l'analyse des meilleures techniques ou combinaisons de techniques de production de matériaux granulaires, suivant une approche proportionnée aux enjeux. Cette analyse a permis de comparer les items composants existants afin de s'orienter vers le procédé le plus adapté :

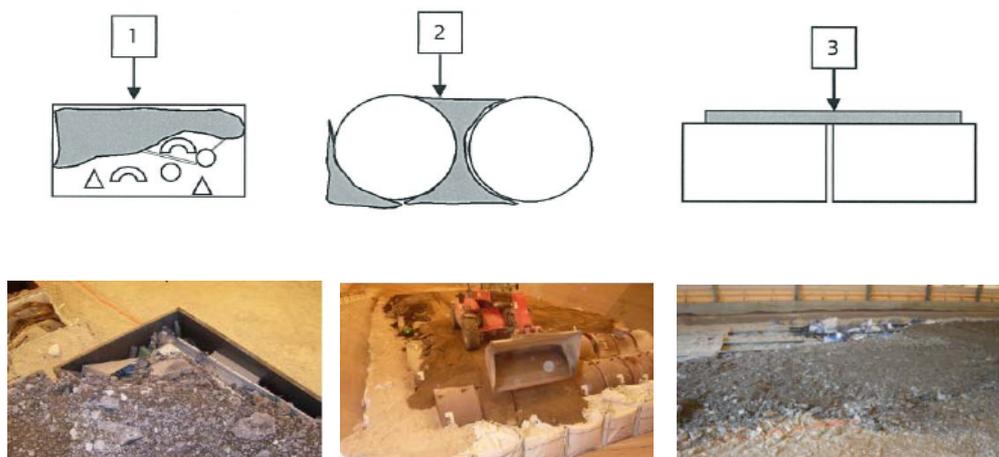
- Principes et schéma de fonctionnement ;
- typologie de procédés, technologies spécifiques et adaptations ;
- avantages et inconvénients des procédés/méthodes ;
- exemples mis en pratique, REX, descriptif, spécificités, domaine d'application.

3.1 Caractéristiques de la grave à produire

Les exigences relatives à l'emploi de matériaux concassés en substitution de la grave utilisée pour le remplissage des alvéoles ont été fixés par l'Andra. La mise en place d'une filière de valorisation de ces matériaux en alvéole au CIREs doit répondre aux contraintes fixées par l'exploitant de l'installation et à celles issues de l'arrêté préfectoral d'exploitation.

Actuellement le comblement des vides au CSTFA de l'Andra est assuré au moyen de Grave Non Traitée (GNT) naturelle, dont le rôle est :

- De combler les vides interstitiels entre les déchets au sein des colis (schéma 1) ;
- De compléter les colis non complètement remplis (schéma 1) ;
- De combler les vides entre les colis stockés (schéma 2) ;
- De Réaliser les couches de roulement entre chaque niveau de colis (schéma 3).



Différents cas d'utilisation de la grave de retraitement

Sa consommation est importante : elle représente annuellement un tiers du volume stocké en alvéole.

Le fuseau granulométrique de la GNT mise en œuvre actuellement est 0/14 mm. La dimension maximale de 14 mm lui confère sa capacité à s'insérer dans les petits espaces, ce qui est important dans une logique de stabilité des alvéoles et de résistance au tassement. Des essais portant sur des gravats « grossièrement » concassés ont montré une mauvaise pénétration dans les vides interstitiels à partir de 20 mm. Il n'est donc pas possible de spécifier, pour la grave de substitution, une granulométrie plus grosse que celle de la GNT naturelle.

La coupure à 2 mm n'est pas exigée pour la GNT, mais devra l'être pour la grave de substitution afin de protéger les travailleurs du risque d'inhalation de poussières contaminées, d'autant plus que ce sont les fines qui sont susceptibles d'emporter la majorité de la radioactivité.

In fine, la granulométrie de la grave de substitution devra donc s'inscrire dans l'intervalle 2/14 mm, ce qui est une donnée d'entrée dimensionnante pour le design de l'installation de concassage.

3.2 Caractéristiques attendues des gravats entrants

L'élaboration de gravats concassés nécessite une bonne préparation amont de ces matériaux pour qu'ils répondent à certaines contraintes d'acceptation. Ces contraintes se justifient par la présence fréquente d'accompagnant des gravats dont la présence induit des contraintes sur les conditions techniques du processus de traitement.

Pour garantir un procédé efficace et limiter la maintenance ou les interventions sur les installations de traitement, une spécification d'acceptation des gravats serait émise. Au-delà du critère radiologique, il sera attendu de la part du producteur une préparation et sélection des produits bruts :

- les gravats devront être réduits par le producteur à une granulométrie maximale de 300 mm ;
- Les ferrailles devront, autant que possible être retirées ;
- Les ferrailles restantes et emprisonnées dans le béton devront être découpées à la cisaille pour respecter la dimension d'entrée du procédé soit 300 mm ;
- Un tri initial devra être effectué pour retirer les indésirables et perturbateurs de la fragmentation (terre, bois, plastiques, plâtre, autres déchets...) ;
- Il n'y aura pas d'eau libre en fond de benne lors des livraisons.

Les gravats entrants devront être livrés en vrac.

Bien que les aspects transport hors CIREs n'aient pas été considérés dans cette étude, il convient de rappeler que ce mode de transport doit garantir l'absence de perte de matériaux.

3.3 Activités réalisées par l'installation de concassage

Le traitement des blocs et gravats de béton par des méthodes conventionnelles de fractionnement physique est la solution la plus robuste ne nécessitant pas de développement technologique spécifique. Par contre, à la différence d'une installation conventionnelle, l'accueil et le traitement industriel en vrac de gravats radioactifs nécessitent d'adapter l'outil industriel au risque de remise en suspension de poussières radioactives.

L'outil industriel devra permettre de réaliser les activités suivantes :

- La prise en charge des déchets :
 - ✓ Réception des camions de livraison,
 - ✓ Entreposage des matériaux,
 - ✓ Contrôle des réceptions,
 - ✓ reprise des matériaux.
- Le traitement des matériaux :
 - ✓ Alimentation,
 - ✓ Fragmentation,
 - ✓ Transport,
 - ✓ Tri
 - ✓ Entreposage des matériaux valorisés.
- La gestion des sous-produits non valorisables :
 - ✓ Élimination des ferrailles potentiellement présentes,
 - ✓ Élimination du sable ($0 < 2\text{mm}$) et stockage.
- La protection de l'homme et de l'environnement :
 - ✓ Il s'agit de limiter les transferts des substances vers l'environnement extérieur et limiter les risques d'exposition interne dans l'installation.

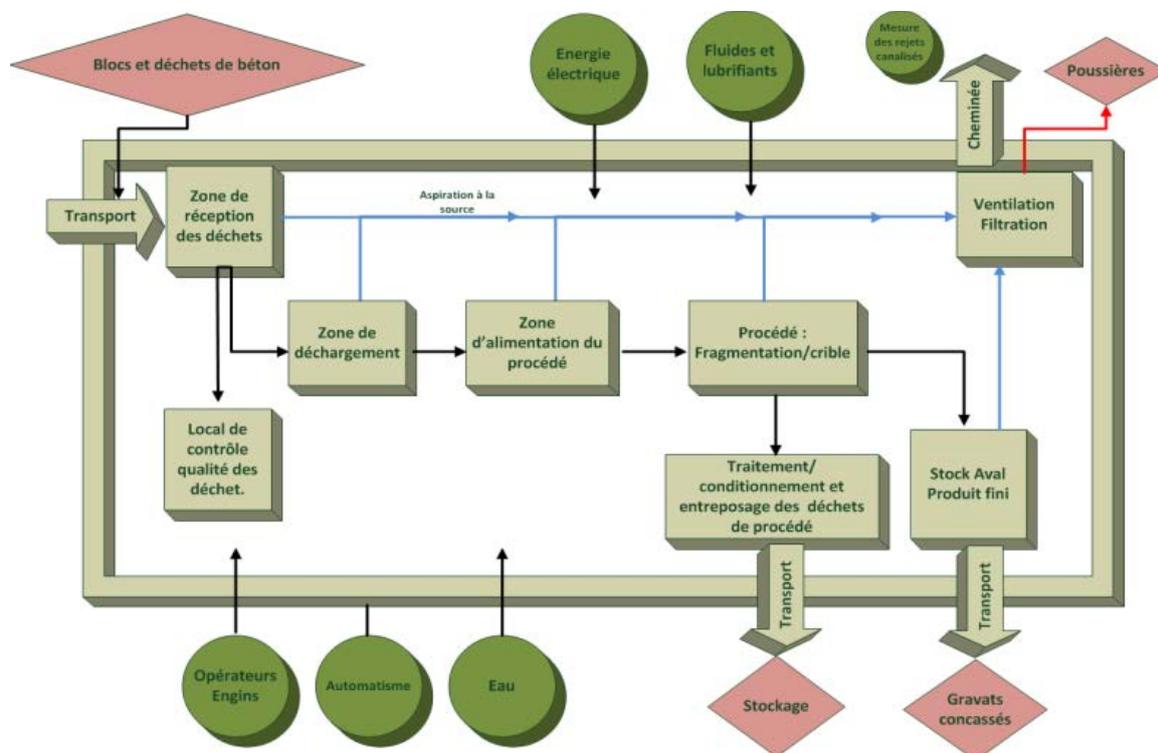


Schéma procédé de l'installation industrielle proposée pour le traitement des gravats TFA

3.4 Caractéristiques techniques de l'installation de traitement

Le présent chapitre récapitule les éléments essentiels de l'étude préliminaire de conception de l'installation et décrit les étapes du procédé.

Outre les aspects techniques du procédé de fragmentation et tri des gravats, le confinement des émissions de poussières est un élément majeur de dimensionnement.

Le confinement est réalisé par l'adaptation des techniques existantes (intégration d'un système de ventilateurs adapté, confinement local du procédé et zonage au sein du bâtiment) et l'ajout d'équipements dédiés :

- Installation du procédé dans un bâtiment clos ;
- Cloisonnement entre les différents équipements et étapes de production ;
- Automatisation de certains postes techniques ;
- Installation d'équipement avec confinement et techniques de réduction des émissions de poussières ;

Rappelons que dans le cas d'une installation de ce type en domaine conventionnel, le traitement serait effectué soit à l'air libre avec capotage des équipements soit sous un hangar semi-ouvert en toile.

À cela s'ajoutent des facteurs organisationnels, dont le contrôle des déchets livrés et des rejets canalisés de l'installation.

3.4.1 Prise en charge des déchets

L'installation est conçue pour une prise en charge des gravats en vrac. Toutefois, la possibilité existe de prendre en charge des big-bags moyennant des adaptations techniquement faisables. Cette opportunité est prise en compte dans l'inventaire prévisionnel optimiste.

Les choix retenus sont :

- Transport des déchets ;
- Recours aux installations existantes du CIRES pour le contrôle administratif des livraisons à l'arrivée, pesée ;
- Déchargement par bennage au sein d'un local confiné ;
- Contrôle de non contamination avant départ des camions ;
- Une aire d'entreposage amont en zone couverte et close devra permettre d'assurer quelques jours de production.

3.4.2 Traitement des matériaux

L'alimentation du procédé se fera via une trémie associée à un alimenteur vibrant et des bandes transporteuses. Un précribleur permettra de séparer d'emblée les matériaux qui auraient déjà la granulométrie exigée en sortie, et de recevoir le flux retour du crible final (matériaux insuffisamment réduits).

L'équipement de concassage proprement dit est défini en cherchant l'optimum entre plusieurs objectifs, souvent contradictoires :

- Limiter le nombre d'étages de concassage pour optimiser les coûts ;
- Limiter la production de fines (inférieures au diamètre mini admissible) ;
- Faciliter la maintenance.

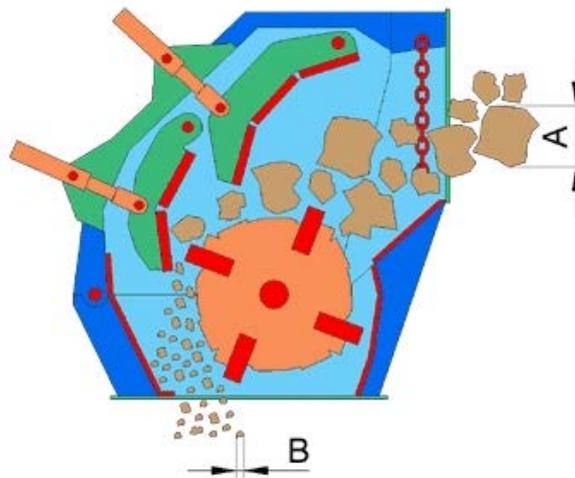


Illustration d'un broyeur, les matériaux de taille moyenne A sont réduits à la taille moyenne B

Le produit concassé est ensuite envoyé, via un convoyeur à bande vers le crible final multi-étages de manière à séparer :

- Le flux retournant en début de procédé 14 - 100 mm
- Les matériaux valorisables 2 - 14 mm
- Les fines non valorisables 0 - 2 mm

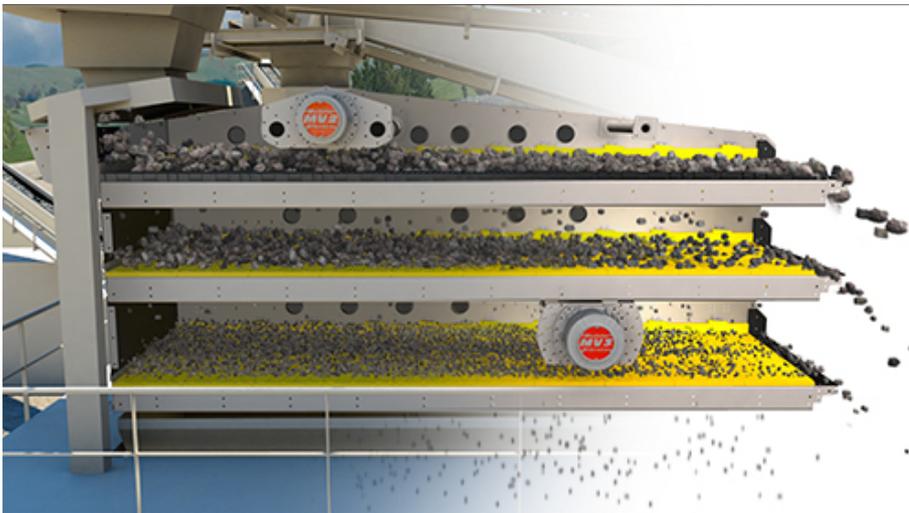


Illustration de cribles vibrants à étages

Compte tenu de la stratégie retenue pour le concassage, une grande partie des flux retournera en entrée de procédé (flux circulaire). Tout justifié qu'il soit, ce choix conduit à deux conséquences préjudiciables à l'efficacité du procédé :

- Le concassage des gravats donnera lieu à la production d'un volume important de fines inférieures à 2 mm, non valorisables, et représentant un tiers du volume de gravats entrants. Entreposées provisoirement en silos puis conditionnées en colis, elles sont destinées à être stockées comme des déchets TFA ordinaires.
- Une part importante des matériaux traités retournera en début de procédé, car elle n'aura pas le bon calibre. Compte tenu des faibles volumes à traiter, ce point n'apparaît toutefois pas rédhibitoire à l'échelle de la production annuelle.

3.4.3 Gestion des sous-produits non valorisés

Un overband (électro-aimant) « captera » les ferrailles. Celles-ci seront ensuite transportées par un tapis vers un conteneur de type casier à parois pleines. Les casiers pleins seront transportés vers les alvéoles à l'aide d'un chariot élévateur.

Concernant les fines, les spécifications actuelles n'autorisent la prise en charge de déchets pulvérulents qu'en saches fermées dans un fût métallique, ou après traitement (boues de faible humidité ou solidification) ce qui n'apparaît pas optimal compte tenu du fait que 1500 m³ de fines pourraient être produites annuellement (sur la base du scénario haut de 5000 m³ de gravats annuels).

Une analyse ultérieure devra être menée afin de statuer sur le meilleur type de conditionnement possible. En attendant cette analyse, nous faisons l'hypothèse ici qu'un conditionnement des fines en GRVS 1,2 m³ double sache sera possible moyennant certaines adaptations. Cette hypothèse permet de minorer les coûts d'exploitation ou d'investissement : achats de GRVS au lieu de fûts pour le conditionnement ou installations de traitement des boues si celles-ci avaient été humidifiées.

Ce choix de conditionnement introduit un risque de sous-estimation dans le chiffrage si elle s'avère finalement non réalisable.

Enfin, un entreposage tampon aval, sous ventilation, correspondant à minima à 1 jour de production sera maintenu en permanence, de manière à faciliter l'exploitation des alvéoles.

Les matériaux seront ensuite repris et transportés jusqu'aux alvéoles en bennes bâchées. La zone d'entreposage des matériaux est une zone à fort empoussièrement compte tenu de la fraction granulométrique des matériaux, ce qui explique qu'elle soit close et associée au système d'aspiration.

3.5 Protection de l'homme et de l'environnement

Un procédé de concassage est, par nature, générateur de poussières et plus le fuseau granulométrique recherché est faible, plus la production de poussières risque d'être importante.

Dans le cadre de l'installation étudiée, les émissions de poussières des matériaux traités en vrac seraient dues aux activités suivantes :

- Dans l'installation de concassage :
 - ✓ L'amenée et le déchargement ;
 - ✓ Le stockage de matériaux ;
 - ✓ La manutention (engins et convoyeurs) ;
 - ✓ La fragmentation ;
 - ✓ La reprise.
- Hors de l'installation de concassage et au cours de la mise en alvéole :
 - ✓ Le transport ;
 - ✓ La manutention ;
 - ✓ Le déchargement ;
 - ✓ La circulation.

3.5.1 Dans l'installation de concassage

La réduction des impacts repose sur les mesures suivantes :

Une limitation de l'activité des gravats traités

(voir § 2.1)

Le confinement de l'installation au sein d'un bâtiment clos, zoné et ventilé

L'ensemble des opérations, depuis le déchargement des matériaux entrants jusqu'à l'entreposage des matériaux de sortie se fera au sein d'un bâtiment clos, zoné et ventilé.

La limitation des émissions de poussières au niveau des différents équipements

- capotage des machines
- capotage des convoyeurs, vitesse, limitation des reprises,
- limitation des hauteurs de chute
- stockage des fines en silo,



Illustration d'un convoyeur capoté.
Système breveté LIFTUBE®



Système flexible de réduction des poussières en bout de bande transporteuse

Les systèmes d'aspiration à la source

La captation des poussières se fait par aspiration en voie sèche. Le choix est en effet de ne pas utiliser d'eau. Si les études ultérieures, au cas où elles seraient conduites, montraient qu'il n'est pas possible de l'éviter, un système d'abattage des poussières par brumisation pourrait compléter le système d'aspiration. Il serait alors nécessaire de collecter et gérer les effluents ainsi produits.

Tout au long du traitement et au niveau des points de stockage, des points spécifiques d'aspiration sont identifiés.

La filtration avant rejet

Le système d'aspiration sera associé à un système de filtration à sec. Le débit de l'installation de filtration devra être calculé dans une phase ultérieure de conception de l'installation.

Pour un optimum technico-économique et limiter les points de stockage des poussières, il est retenu un système centralisé de filtration composé de système cyclone (séparation mécanique par centrifugation) et de filtres à manches. Les manches devront être suffisamment nombreuses pour assurer une filtration efficace.



Illustration du principe de fonctionnement d'un filtre à manche (modèle ASTEC)

La poussière retenue sur la surface du média filtrant forme un gâteau, le filtre est décolmaté et les poussières sont récupérées et stockées en silo.

Cependant, même les meilleures techniques par voie sèche mises en œuvre dans le milieu conventionnel ne permettent pas de garantir un niveau de rejet inférieur à 5 à 10 mg/m³ d'air rejeté, ce qui n'apparaît pas suffisant dans un contexte nucléaire.

L'ajout d'un étage de filtration supplémentaire composé de filtres Très Haute Efficacité, usuellement utilisées dans les installations nucléaires, semble difficile en exploitation courante, eu égard à la vitesse à laquelle ils se colmatent.

Par conséquent, à ce stade du développement, une réserve est émise sur la conception et le test d'un troisième étage de filtration qui devra, le cas échéant, être développé lors des phases d'avant-projet pour garantir des niveaux de rejets acceptables.

Un système par voie humide (brumisation et abattage des poussières à l'aide d'un produit « mouillant ») permettrait d'atteindre un dépoussiérage suffisant de l'air rejeté. Mais, là encore, cela se traduirait par la nécessité de devoir gérer des effluents liquides potentiellement radioactifs à solidifier et à stocker. L'incertitude réside dans le coût d'investissement et d'exploitation (notamment le traitement des effluents) de cet étage supplémentaire, qui ne peut être estimé à ce stade.

3.5.2 En alvéole

L'utilisation de gravats très faiblement radioactifs aura une incidence sur les conditions de travail en alvéole compte tenu du déchargement des matériaux et leur manipulation.

Plusieurs adaptations sont envisageables :

- Lors du déchargement, les autres activités devront être limitées en alvéole. Rappelons que l'utilisation de gravats recyclés représente 10% des matériaux de remplissage ;
- Le bennage devra être limité en hauteur ;
- Utilisation d'un engin à cabine pressurisée ;
- Port d'équipements de protection pour les opérateurs durant la phase de manipulation ;
- Un contrôle des engins et du personnel devra être effectué en sortie d'installation.

Ces mesures sont suffisantes et faciles à mettre en place.

3.5.3 Suivi de l'impact environnemental

La limitation des émissions diffuses repose fondamentalement sur l'implantation de l'installation au sein d'un bâtiment clos et ventilé mécaniquement. Rappelons une nouvelle fois que, dans le domaine conventionnel, cette précaution serait inutile, ce qui réduirait le coût d'investissement.

Malgré tout, des émanations diffuses de poussières resteront toujours possibles au niveau des entrées/sorties de matériaux. Des contrôles récurrents devront donc être prévus pour que cela ne compromette pas la nécessaire propreté radiologique des voies de circulation et autres installations du CIRES. Au besoin, d'autres dispositions devront être prévues (système de nettoyage des roues des engins par exemple) qui, à ce stade, ne sont pas prévues dans le chiffrage.

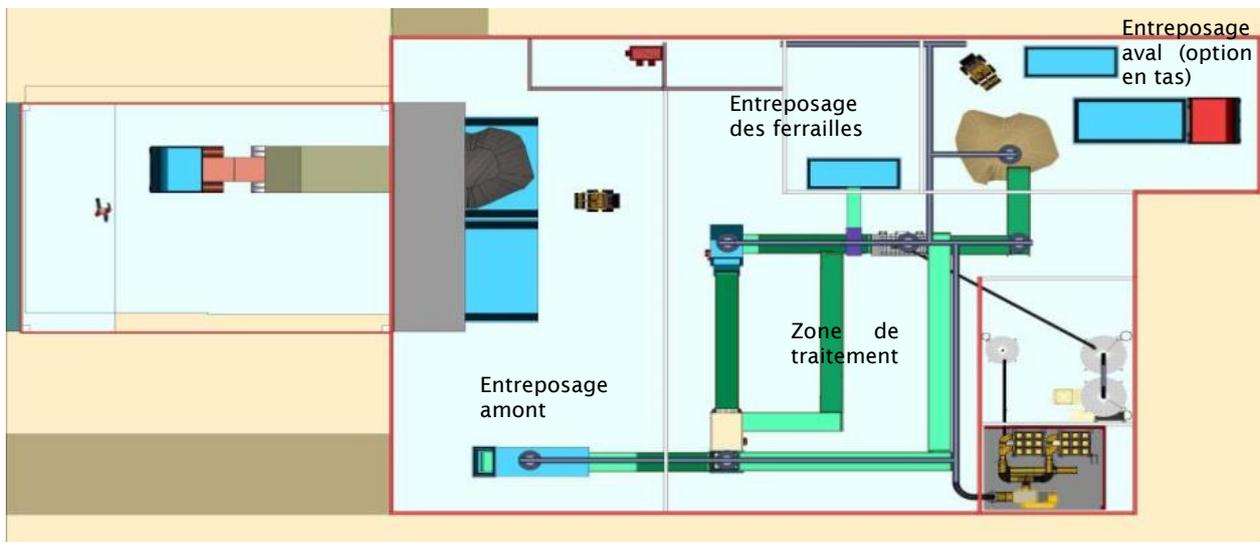
Au niveau des points de rejet canalisés, des systèmes de contrôle seront mis en place.

La caractérisation et la mesure des poussières sont nécessaires pour suivre l'évolution de l'impact environnemental de cette unité de traitement des déchets TFA lors de son fonctionnement.

Le programme de surveillance environnementale devra être approuvé par l'autorité et devra intégrer la connaissance des impacts potentiels et le retour d'expérience.

La surveillance environnement est intégrée au programme de surveillance existant du CIRES.

Les illustrations ci-dessous présentent une vue bi et tri-dimensionnelle de l'installation telle qu'elle serait conçue à ce stade de développement du projet.



Illustrations de l'installation de traitement des gravats

4. Évaluation économique préliminaire du projet d'installation

4.1 Hypothèses de chiffrage

Pour la présente étude, on prend l'hypothèse que la capacité volumique réglementaire du CIREs sera portée à 900 000 m³. Cette hypothèse se veut optimiste au plan économique du projet dans la mesure où elle offre une période d'exploitation et d'amortissement supérieure. En conséquence, et selon le scénario pris en compte actuellement par l'exploitant du CIREs, la fermeture du centre interviendrait en 2035 en l'absence de concassage des gravats ou d'autres optimisations et pour un flux annuel constant de 30 000 m³/an.

Cette analyse financière ne s'intéresse qu'aux coûts du traitement et du stockage sur le CIREs. Elle n'intègre pas l'impact de la filière sur les autres coûts supportés par le producteur et en particulier :

- Les surcoûts liés à une caractérisation radiologique plus exigeante des gravats valorisables, en raison d'un critère d'admissibilité plus contraignant que celui des autres déchets TFA ;
- Les surcoûts liés au respect et au contrôle des autres critères d'admissibilité des gravats à concasser (mise au gabarit, arasage des ferrailles, élimination des matières interdites, etc.) ;
- A contrario, les économies qui pourraient être réalisées du fait de la gestion en vrac (réduction des emballages).

Par ailleurs, l'installation étant destinée à être construite sur le CIREs, il sera considéré que les aménagements de voirie sont limités, que les bâtiments administratifs sont existants et que le foncier est acquis.

L'installation de concassage est prévue pour une durée de vie égale à celle du CIREs. Les calculs sont effectués dans le cadre de l'inventaire optimiste, correspondant à 5 000 m³/an.

4.2 Coûts d'investissement

L'évaluation des investissements a été effectuée en appliquant des ratios standards et/ou des prix unitaires moyens provenant :

- du retour d'expérience Andra issu des nouvelles installations du CIREs telles que l'installation de tri/traitement et le bâtiment entreposage,
- et de données issues du rapport Ademe⁷ sur les installations de traitement de déchets du BTP.

Les conditions économiques prises en compte sont celles de 2015.

L'estimation des coûts de construction de l'unité de traitement intègre :

- Génie civil (gros œuvre, bâtiment industriel métallique, cloisonnement, couverture, étanchéité, bardage...);
- Équipements (chaîne de concassage/criblage, silos d'entreposage des poussières et des fines, pont-bascule...);
- Instrumentation et électricité ;
- Système de ventilation et de captation des poussières (ventilation spécifique et générale) ;
- Voirie et Réseaux divers ;
- Études diverses, Suivi des travaux de réalisation et assurances ;
- Matériels (camions, bennes, chargeuse).

En considérant 20 % d'aléas, l'investissement s'élève à 6 millions d'euros.

À celui-ci doivent s'ajouter des provisions pour déconstruction d'un montant d'un million d'euros.

⁷ Guide de conception et de fonctionnement des installations de traitement des déchets du BTP- 2014 - Ademe

Parmi les postes non pris en compte dans l'estimation il faut noter :

- Les aménagements de la zone chantier ;
- Les modifications de réseaux du site et raccordement électrique hors site (gestion des eaux pluviales, bassin d'incendie...), hors aménagements strictement nécessaires à l'implantation ;
- L'assistance radiologique et les prestations de service associées ;
- Les frais de mise en exploitation ;
- La modification du système informatique de gestion des déclarations et des inventaires ;
- La présentation et l'instruction des dossiers réglementaires avec les autorités compétentes ;
- Une filtration des rejets par abattage des poussières par voie humide ;
- Les options listées dans l'étude comme la récupération de gravats conditionnés en big-bags ;
- le dernier étage de filtration par voie humide qui devra faire l'objet de développements spécifiques ultérieurs, en cas de poursuite du projet ;
- La refonte du poste électrique du CIRES, qui sera peut-être nécessaire, car les disponibilités en termes de puissance électrique sont aujourd'hui saturées du fait des installations supplémentaires déjà construites depuis l'ouverture : entreposage, regroupement, tri-traitement.

4.3 Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation sont composés de la main d'œuvre (personnel Andra et entreprises extérieures), de la maintenance, de l'énergie, des taxes, et de la gestion des déchets non valorisables (conditionnement, transport interne, stockage) : ferrailles et fines.

Le coût de stockage des poussières et des fines est estimé de manière optimiste sur la base d'un conditionnement en big-bags à étudier et non en fûts comme actuellement spécifié. Les coûts d'exploitation seraient plus élevés si finalement, les fines devaient être stockées en fûts métalliques.

Le coût de stockage des ferrailles n'a pas été évalué, en faisant l'hypothèse qu'il restera marginal par rapport à celui des fines.

Les dépenses d'exploitation ont été estimées à 640 k€/an dans le cas du scénario à 5 000 m³.

Les coûts induits de gestion des fines et poussières (conditionnement, coût de stockage) représentent un poste de dépense important et pénalisent la rentabilité de l'installation.

4.4 Comparaison du scénario « valorisation » et du scénario « stockage direct des gravats »

Afin d'évaluer la pertinence économique de l'installation de concassage de gravats, il convient d'identifier les économies générées par le traitement et la valorisation de gravats, qui pourraient être de trois sortes :

- Allongement de la durée d'exploitation des installations actuelles du CIRES - Cet allongement se traduira par un étalement de l'amortissement des installations sur davantage de volume stocké, mais pour autant d'alvéoles. Le nombre final d'alvéoles du CIRES n'étant pas modifié.
- Densification des alvéoles - Celle-ci a pour conséquence de diminuer certains coûts fixes annuels d'exploitation. Par exemple, une réduction du « rythme » de préparation des alvéoles en stockant plus de déchets par alvéole.
- Economie de GNT - La valorisation de gravats en remplacement de la GNT permet une économie (mineure) de matériaux naturels.

L'économie générée par le décalage temporel d'investissement d'un nouveau centre de stockage de déchets TFA n'a pas été estimée. A ce stade il n'existe pas d'hypothèses sur les coûts d'investissement nécessaires pour un futur centre de stockage ou sur le mode de financement de ce dernier.

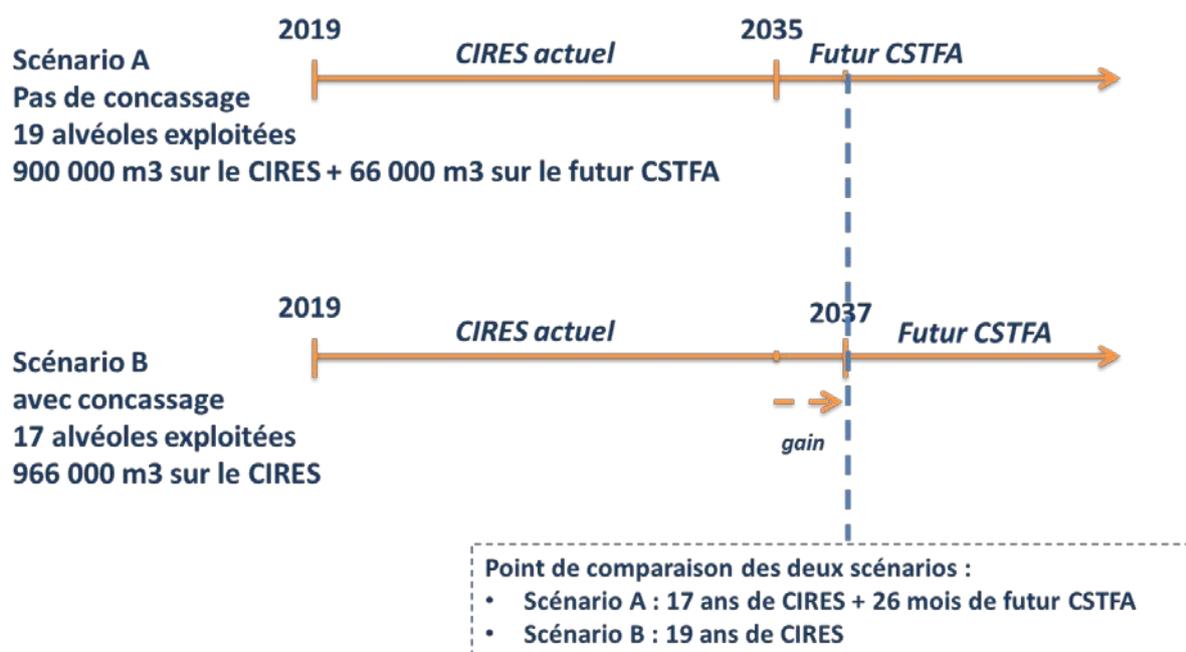
L'analyse a été faite par comparaison entre le modèle économique actuel et celui qui découlerait de l'implantation sur le CIRES de la nouvelle installation. Elle dresse le bilan des économies et des surcoûts associés correspondant aux deux scénarios sur une période de temps identique.

La période retenue pour cette étude correspond à l'atteinte de la capacité maximale de stockage du CIRES. En considérant le démarrage de l'installation en 2019 et le traitement annuel de 5 000 m³ de gravats, la valorisation des gravats permettrait de prolonger la durée de vie du CIRES jusqu'en 2037, soit une extension de 26 mois d'exploitation.

En fin d'exercice, le volume total stocké sur le CIRES atteindrait 966 000 m³ de déchets.

- Dans le cas du scénario avec installation de concassage (scénario B), l'économie de stockage permet d'étendre la capacité du CIRES à 966 000 m³ de déchets sans extension du site ;
- Dans le cas du scénario de référence A (prolongation de la situation actuelle), le stockage de ces mêmes 966 000 m³ s'obtient également en 2037, mais au terme de 17 ans d'exploitation du CIRES + 26 mois d'exploitation du futur centre de stockage de déchets TFA.

Comparaison des scénarios sur des durées égales et à flux constant



Comparaison entre le scénario de référence A et le scénario B avec valorisation des gravats

On retient ici l'hypothèse que les coûts d'exploitation du CIRES et du futur CSTFA sont identiques.

Le montant de l'investissement pour la nouvelle installation de stockage des déchets TFA n'est pas considéré dans le bilan économique.

On considère que les gravats à concasser seront pris en charge au même tarif qu'actuellement en stockage direct, et non pas à un tarif plus élevé destiné à couvrir les investissements supplémentaires. De ce fait, les recettes entre le scénario A et B sont identiques, car les quantités de déchets prises en charge sur la période 2019-2037 sont identiques.

Ainsi, sans augmenter les tarifs de prise en charge et pour un volume annuel de traitement de 5 000 m³/an (scénario le plus optimiste), la valorisation des gravats entraîne un déficit de 5,7 millions d'euros par rapport aux prévisions actuelles du compte d'exploitation.

Ce projet n'est donc pas rentable du fait des faibles volumes à traiter, de la durée de vie restante du CIREs, de l'importance de l'investissement, et du coût de stockage des déchets non valorisés. Ceci, même sans considérer les surcoûts de tri et caractérisation à la source chez les producteurs.

Pour que ce projet soit équilibré au plan économique il faudrait :

- Soit une nette augmentation des volumes de gravats à traiter ;
- Soit un tarif de prise en charge des gravats à concasser supérieur à celui des autres déchets TFA.

Rappelons qu'il s'agit du scénario le plus optimiste quant aux volumes prévisionnels, et que les coûts d'investissement et d'exploitation ont été estimés par défaut plutôt que par excès à ce stade de l'étude. De nombreux risques pourraient encore alourdir le coût d'investissement ou d'exploitation de l'installation de concassage et accentuer le déficit de la filière.

Nota : Les estimations qui précèdent doivent être considérées comme des ordres de grandeur. Ce qu'elles démontrent en premier lieu est que l'intérêt éventuel d'une filière de valorisation des gravats, s'il existe, n'est pas d'ordre financier.

5. Estimation de l'économie de la ressource « stockage »

Le scénario nominal table sur une quantité prévisionnelle d'environ 2 500 m³ de gravats à traiter par an, ce qui se traduirait, une fois défalqués les volumes de fines générées par le concassage (30 %), par une économie de stockage d'environ 1 750 m³/an.

Non compris les casiers de ferrailles, les induits et les déchets de démantèlement, l'économie prévisionnelle de stockage est donc d'environ 31 500 m³ sur la durée d'exploitation restante du CIREs, de 2019 à 2035, un peu plus que l'équivalent d'une alvéole, sur la trentaine que comptera le centre en fin d'exploitation.

Le scénario résolument optimiste, cumulant toutes les hypothèses favorables, se monte à 5 000 m³/an de gravats à traiter, soit une économie de stockage de 66 000 m³ (2 alvéoles).

Ces économies ne sont pas négligeables en elles-mêmes, mais doivent être relativisées eu égard aux risques pesant sur la filière, et mises en perspectives avec d'autres pistes d'optimisation du stockage :

- **Mettre en place d'autres modes de gestion pour les déchets dont l'activité est nulle ou en tout état de cause très faible : 40 – 50 % du volume des déchets TFA stockés selon les estimations actuelles de l'Andra ;**
- **Optimisation de la déclinaison du zonage déchets qui pourrait réduire la quantité de déchets de la frange basse du TFA ;**
- **Economiser du volume de stockage au CIREs en recyclant :**
 - ✓ Les métaux issus du démantèlement de l'usine d'enrichissement : 150 000 tonnes ;
 - ✓ Les métaux constituant le corps des générateurs de vapeur EDF : une centaine de milliers de tonnes.

6. Conclusion générale

Dans le cadre des études d'optimisation de la gestion des déchets de Très Faible Activité et en réponse à l'article 22 de l'arrêté PNGMDR 2016-2018, l'Andra a réalisé une étude portant sur la faisabilité et l'intérêt d'une éventuelle filière de recyclage des gravats pour utilisation en matériau de remplissage des alvéoles du CIREs.

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

- De nouvelles estimations de l'inventaire prévisionnel en gravats concassables confirment que les volumes attendus sont faibles. Ils se montent à environ 2 500 m³/an en évaluation nominale, ou à 5 000 m³/an selon une évaluation majorante postulant l'occurrence simultanée de différentes opportunités, comme un relâchement du critère radiologique d'admissibilité, un meilleur tri à la source permettant d'orienter davantage de gravats vers le concassage, ou encore un assouplissement des règles de conditionnement.
- La faisabilité technique de la filière est acquise, comme en témoignent les nombreuses installations mises en œuvre dans le domaine conventionnel, qui traitent toutefois des flux dix à cent fois supérieurs.
- Par rapport à ces dernières, des dispositions spécifiques doivent être prévues pour maîtriser les risques liés à la radioactivité des gravats, notamment en ce qui concerne les émissions de poussières inhérentes à ce type de procédé.
- Les évaluations montrent que, moyennant ces dispositions, l'impact radiologique de ces poussières vis-à-vis des travailleurs, du public ou de l'environnement resterait acceptable en phase de concassage comme en phase de mise en place des matériaux en alvéole.
- Au plan économique, du fait des contraintes spécifiques à la radioactivité qui impactent le coût de l'installation, la filière ne s'équilibre pas sur les petits volumes attendus. Les coûts d'investissement et d'exploitation s'avèrent très supérieurs à ceux d'une installation équivalente dans le domaine conventionnel, où de nombreux postes ne seraient pas nécessaires : bâtiment en dur et cloisonnement, ventilation et filtration, gestion des fines de concassage. Ces dernières, dont on estime qu'elles représenteraient en sortie environ 30 % du volume de gravats entrants, ne sont pas utilisables en matériau de remplissage des alvéoles et doivent donc être conditionnées en colis puis stockées. Elles pénalisent doublement le projet, en raison de leur coût de prise en charge d'une part, et en réduisant les économies de volumes de stockage d'autre part.
- Les simulations effectuées montrent que l'installation ne pourrait être amortie dans la durée d'exploitation restante du CIREs, sauf à appliquer un tarif de prise en charge nettement plus élevé pour les gravats valorisables que pour les déchets directement stockés.
- En amont, cette piste d'optimisation entraînerait de nouvelles contraintes pour les producteurs de déchets, qu'il s'agisse de caractérisation, plus coûteuse du fait d'un critère radiologique d'acceptation plus contraignant que pour les déchets non valorisés, ou de préparation des gravats : mise au gabarit, élimination des indésirables (bois, plâtre, ferrailles, terres).
- L'économie de la ressource du stockage, de l'ordre de quelques dizaines de milliers de m³, est finalement non substantielle en regard du potentiel des autres pistes d'optimisation d'ores et déjà identifiées par le PNGMDR, qui se chiffrent en centaines de milliers de m³ : stockage simplifié sur site ou au voisinage de sites en démantèlement des déchets les moins radioactifs, et recyclage des aciers notamment.
- Enfin, des risques pèsent sur le gisement de matériaux potentiellement valorisables dans cette filière. Certains sont déjà en train d'apparaître, avec le décalage dans le temps de grands programmes de démantèlement qui va reporter la disponibilité des matériaux au-delà de la période d'exploitation du CIREs. Un étalement dans le temps de ces programmes de démantèlement est également possible et aurait le même résultat. Enfin, d'autres solutions d'optimisations, déjà évoquées plus haut, pourrait réorienter les flux vers d'autres filières que le CIREs.

Pour toutes les raisons qui précèdent, et en l'état actuel des données d'entrée concernant les volumes prévisionnels de déchets à traiter, l'Andra estime qu'il ne serait pas pertinent de recycler les gravats de très faible activité en matériaux de comblement des vides dans les alvéoles du CIREs.

Par conséquent, et conformément aux réserves prévues par l'article 23 de l'arrêté du 23 février 2017, l'Andra ne déploiera pas la filière correspondante sur le CIREs.

Si, dans l'avenir, des évolutions techniques ou réglementaires devaient conduire à une modification substantielle des hypothèses de cette étude, cette conclusion devrait naturellement être reconsidérée.

Quoi qu'il en soit, d'autres solutions, apparaissent plus judicieuses pour l'optimisation de la gestion des déchets inertes de très faible activité.



AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex

www.andra.fr

