



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Avril 2025

PROJET GLOBAL CIGÉO
DOSSIER DE CHIFFRAGE



PIÈCE 3

Éléments méthodologiques
communs au chiffrage



Sommaire

1.	L'objet du document	5
2.	La démarche suivie par l'Andra pour le chiffrage du coût global de possession	7
3.	Les hypothèses retenues pour le chiffrage	11
3.1	<i>Les données temporelles</i>	12
3.2	<i>L'inventaire et la chronique de livraison des déchets</i>	12
3.3	<i>La configuration technique</i>	13
3.3.1	Les deux voies de gestion pour le stockage des déchets bitumés	13
3.3.2	Les configurations techniques chiffrées	13
3.4	<i>Les bases économiques de l'estimation</i>	13
3.5	<i>Les exclusions du chiffrage</i>	14
4.	Les méthodes d'estimation spécifiques au chiffrage des investissements	15
4.1	<i>La décomposition des coûts de matériels et travaux par corps d'état</i>	16
4.2	<i>La structuration des coûts de M&T</i>	16
4.2.1	Les prix unitaires	16
4.2.2	Les quantitatifs	17
4.2.3	Les pertes de rendement	17
4.2.4	Les compléments d'estimation	18
4.2.5	La formule de calcul du M&T	18
4.3	<i>L'adaptation du chiffrage aux voies de gestion pour le stockage des déchets bitumés</i>	18
4.4	<i>L'adaptation du chiffrage aux configurations 1, 2 et 3</i>	19
5.	Les méthodes d'estimation des autres postes de coûts	21
5.1	<i>Les coûts de maîtrise d'ouvrage</i>	22
5.2	<i>Les coûts de maîtrise d'œuvre</i>	22
5.3	<i>Les coûts d'exploitation</i>	22
5.4	<i>Les coûts de maintien en conditions opérationnelles</i>	23
5.5	<i>Les coûts de démantèlement et de fermeture</i>	23
5.6	<i>Les coûts du schéma assurantiel</i>	23
5.7	<i>Les coûts de fiscalité</i>	24
5.8	<i>L'estimation des coûts de R&D</i>	24
5.9	<i>Les coûts de surveillance après fermeture</i>	24
5.10	<i>Les coûts des incertitudes, risques, opportunités et aléas</i>	25
	Tables des illustrations	27
	Références bibliographiques	29

1

L'objet du document



Ce document a pour objet de présenter les éléments généraux de la méthodologie retenue par l'Andra pour le chiffrage du coût global de possession (CGP) du projet Cigéo au stade de la demande d'autorisation de création (DAC) de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo.

Le chapitre 2 du présent document présente la démarche suivie par l'Andra :

- les données d'estimation considérées en entrée du chiffrage ;
- les corrections réalisées sur la base des travaux complémentaires menés sur tout le périmètre du chiffrage.

Le chapitre 3 du présent document présente les hypothèses générales retenues pour le chiffrage des coûts :

- les données temporelles ;
- l'inventaire et la chronique de livraison de déchets ;
- les configurations techniques ;
- les bases économiques retenues ;
- les exclusions du chiffrage.

Le chapitre 4 du présent document présente la méthodologie générale retenue pour le chiffrage des postes d'investissement (matériels et travaux) :

- la décomposition des coûts par corps d'état ;
- la structuration des lignes de coûts : prix unitaires, compléments d'estimation, pertes de rendement, quantitatifs ;
- les adaptations aux voies de gestion pour le stockage des déchets bitumés ;
- les adaptations aux configurations 1, 2 et 3.

Le chapitre 5 du présent document présente la méthodologie générale retenue pour le chiffrage des autres postes de coûts.

En complément du présent document, les éléments de méthodologie spécifiques (analytique ou au ratio) sont précisés le cas échéant dans chaque note du présent dossier de chiffrage.

2

La démarche suivie par l'Andra pour le chiffrage du coût global de possession



Le coût global de possession (CGP) du projet Cigéo est la somme des coûts de construction (études et réalisation), d'exploitation, de maintien en conditions opérationnelles (incluant la jouvence) et de démantèlement et de fermeture, y compris les assurances et les impôts et taxes pendant ces phases, ainsi que les dépenses de recherche et développement (R&D) associées au développement du projet. À ce CGP s'ajoutent une estimation des coûts incertains (1) et le coût de la surveillance après fermeture (2).

Le coût global de possession du projet Cigéo est structuré en six postes de coûts de niveau 1, eux-mêmes décomposés en niveaux inférieurs. Le tableau 2-1 précise les postes de coûts et la décomposition élémentaire pour le poste Investissements.

Tableau 2-1 *Décomposition du coût global de possession du projet Cigéo en blocs élémentaires*

Postes de coûts de niveau 1	Postes de coûts de niveau 2	Postes de coûts de niveau 3
1. Investissements	<ul style="list-style-type: none"> Matériels et travaux 	<ul style="list-style-type: none"> SS1 Équipements du process nucléaire (3) SS2 Installations nucléaires de surface (4) SS3 Installations conventionnelles de surface (5) SS4 Ouvrages souterrains et liaisons surface-fond (6) SS5/APR Installations communes et aménagements préalables (7) SS6 Utilités externes et aménagements hors site (8) SS7 Conteneurs de stockage (non utilisé, coûts remontés au niveau des coûts d'exploitation (9)) SS8 Transfert incliné (10) Énergie et fluides travaux (9)
	<ul style="list-style-type: none"> Maîtrise d'œuvre (11) 	<ul style="list-style-type: none"> MOe de conception (MOe-C) MOe de réalisation (MOe-R)
	<ul style="list-style-type: none"> Maîtrise d'ouvrage (11) 	<ul style="list-style-type: none"> Pilotage des études et travaux - Main d'œuvre Pilotage des études et travaux - Sous-traitance Assurances travaux (schéma assuranciel optimum) (12)

Postes de coûts de niveau 1	Postes de coûts de niveau 2	Postes de coûts de niveau 3
2. Exploitation (9)	• Coûts de production	• Personnel d'exploitation • Conteneurs et paniers de stockage (SS7)
	• Coûts de fonctionnement	• Personnel support • Frais de fonctionnement • Energie et fluides • Assurances exploitation (12) • Sécurisation en exploitation
3. Maintien en conditions opérationnelles (MCO) (13)	• Personnel de maintenance	
	• Pièces de rechange • Jouvence	<i>Par sous-système</i>
4. Démantèlement et fermeture	• Démantèlement (14) • Fermeture (14) • Maîtrise d'œuvre (11) • Maîtrise d'ouvrage (11)	<i>Par sous-système</i>
5. Impôts et taxes (15)	• Taxe foncière • CFE • Taxe INBGSR • Dégrèvement CFE • IFER	
6. Recherche & Développement (R&D) (16)	• Recherche & Développement (R&D)	• Programme scientifique et technologique • Fonctionnement et fermeture du CMHM

Les coûts d'investissements (matériels et travaux ou M&T) sont établis à partir des chiffrages fournis par les maîtrises d'œuvre à la fin des études d'avant-projet détaillé (APD). Les autres postes de coûts sont pour leur part calculés :

- à partir de chiffrages établis en propre par l'Andra ;
- ou en appliquant des ratios aux coûts d'investissement : c'est notamment le cas pour les coûts de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage pour les tranches ultérieures, pour les coûts de pièces de rechange et de jouvence, et pour les coûts de démantèlement.

Concernant les coûts d'investissement, un processus commun a été suivi pour les coûts repris des chiffrages fournis par les maîtrises d'œuvre :

- le chiffrage détaillé a été revu et commenté par l'Andra à chacune de ses émissions par les maîtrises d'œuvre au cours de la phase d'avant-projet détaillé ; les points examinés ont notamment été :
 - ✓ la validité et la traçabilité des données d'entrée ;
 - ✓ l'origine et la justification des prix unitaires : ceux-ci sont majoritairement basés sur les retours d'expérience de la maîtrise d'œuvre et sur des avis d'experts, et de façon plus exceptionnelle sur des bordereaux de prix fournisseurs ;
 - ✓ la justification des écarts avec les estimations précédentes.

- en complément, sur la base des chiffrages de fin d'études d'avant-projet détaillé, l'Andra a réalisé :
 - ✓ des contrôles de cohérence interne à chaque sous-système et transverses à tous les sous-systèmes permettant une harmonisation de certaines hypothèses (prix unitaires, pertes de rendement, taux pour les postes calculés par ratios) ;
 - ✓ une revue des prix unitaires les plus dimensionnants pour le chiffrage des investissements, alimentée par divers retours d'expérience ;
 - ✓ la consultation du Centre d'études des tunnels (CETU) pour le chiffrage des travaux de creusement et du génie civil en souterrain, sur la base des données de retour d'expérience que celui-ci rassemble en provenance de chantiers de creusements récents avec différentes maîtrises d'ouvrages et différents industriels.

Ces revues complémentaires, ont conduit à amender le chiffrage de certains périmètres en fonction des références de coûts unitaires ou de taux/ratios clefs obtenues et documentées par l'Andra.

Le chiffrage a été réalisé suivant l'allotissement retenu pour les études d'avant-projet. Celui-ci ne préjuge pas du schéma industriel qui sera retenu *in fine* pour la réalisation ni de l'évolution éventuelle des coûts liée à cette différence de schéma.

3

Les hypothèses retenues pour le chiffrage

3.1	Les données temporelles	12
3.2	L'inventaire et la chronique de livraison des déchets	12
3.3	La configuration technique	13
3.4	Les bases économiques de l'estimation	13
3.5	Les exclusions du chiffrage	14



3.1 Les données temporelles

Les hypothèses temporelles considérées pour le chiffrage au stade de la demande d'autorisation de création (DAC), ainsi que les hypothèses de répartition des dépenses année par année, sont précisées dans la « Pièce 20 - Échéancier des dépenses » (17) du présent dossier de chiffrage.

Les coûts sont présentés en distinguant la tranche 1 « T1 » et les tranches ultérieures « TU » :

- les coûts de la tranche 1, incluent l'ensemble des coûts depuis la conception (à partir de 2016) et nécessaires à la mise en service industrielle limitée à la Phipil¹ (MSI) en 2050 à l'issue de la phase de construction initiale, y compris l'ensemble des coûts de maintenance avant 2050 des ouvrages réceptionnés avant la mise en service du Centre de stockage Cigéo ;
- les tranches ultérieures (TU) englobent la phase de fonctionnement (à partir de 2050) et la phase de démantèlement et de fermeture, mais aussi les coûts d'extension du stockage au-delà de la première tranche (quelle que soit la date des dépenses associées).

Plus particulièrement, il est à noter que :

- les études de conception des ouvrages construits en tranches ultérieures (par exemple pour la conception de EP2 et du quartier de stockage HA prévus à l'horizon 2080) réalisées pendant la période 2016-2049 sont comptabilisées avec les coûts de la tranche 1 ;
- les coûts de construction des ouvrages mis en service post-Phipil sont intégralement comptabilisés avec les coûts des tranches ultérieures.

3.2 L'inventaire et la chronique de livraison des déchets

L'inventaire de référence retenu au stade de la conception initiale de l'INB Cigéo faisant l'objet de la demande d'autorisation de création (DAC) est celui décrit dans la note « Inventaire de référence retenu pour la conception et la démonstration de sûreté de l'INB Cigéo au stade des études d'avant-projet » (18).

Les producteurs ont établi, en lien avec l'Andra, une chronique prévisionnelle de livraison des colis de déchets en prenant en compte le retour de l'instruction du dossier d'options de sûreté (DOS) (19), en particulier sur le calendrier de stockage des colis de déchets bitumés et les implications sur celui des autres colis. Cette chronique tient compte des paramètres structurants des sites producteurs (contraintes de désentreposage, flux d'expédition) et du développement des capacités de stockage de l'INB Cigéo.

La chronique de livraison des déchets considérée dans le chiffrage et compatible avec la chronique illustrative présentée dans le dossier de demande d'autorisation de création (DAC) est indiquée dans la « Pièce 2 - Présentation des configurations techniques chiffrées » (20) du présent dossier de chiffrage.

¹ Le code de l'environnement (article L. 542-10-1) prévoit une phase industrielle pilote (Phipil) pour l'INB Cigéo. Cette phase particulière recouvre la phase de construction initiale et les premières années de la phase de fonctionnement.

3.3 La configuration technique

Les configurations considérées dans le dossier de chiffrage sont décrites dans la « Pièce 2 - Présentation des configurations techniques chiffrées » (20) du présent dossier de chiffrage.

3.3.1 Les deux voies de gestion pour le stockage des déchets bitumés

Sur la base des différents avis et recommandations (revue internationale par des experts (21) et avis de 2019 à 2021 du PNGMDR 2016-2018 (22, 23)) parus depuis 2015 et plus particulièrement l'avis ASN de 2018 (24), l'Andra retient à ce stade deux voies de gestion pour le stockage des déchets bitumés sans préjuger d'une voie préférentiellement à une autre :

- un stockage en l'état de colis de déchets bitumés (*i.e.* Sans retraitement préalable du déchet) mis dans des conteneurs en béton renforcés vis-à-vis de l'incendie, avant leur transfert et leur mise en stockage dans des alvéoles dédiés ;
- un stockage de colis de déchets issus d'un traitement visant la neutralisation des déchets bitumés.

Ainsi, l'Andra a intégré dans ses études de conception et de sûreté associées les deux voies de gestion pour le stockage des déchets bitumés, au titre de la flexibilité pour pouvoir accueillir les colis de déchets quelle(s) que soi(en)t la ou les voies retenues à terme en identifiant les dispositions conservatoires le cas échéant à mettre en place dès la construction initiale.

3.3.2 Les configurations techniques chiffrées

Le présent dossier de chiffrage présente le coût global de possession (CGP) correspondant à différentes configurations :

- la configuration dite « DAC », support à la demande d'autorisation de création (DAC) (25) déposée en janvier 2023 et qui sert de base détaillée à l'évaluation des coûts ;
- les configurations 1, 2 et 3 qui intègrent des évolutions de conception envisagées à ce stade et classées suivant leur niveau de maturité et de démonstration.

Ces configurations sont décrites dans la « Pièce 2 - Présentation des configurations techniques chiffrées » (20) du présent dossier.

3.4 Les bases économiques de l'estimation

Les estimations réalisées par les maîtrises d'œuvre ont été établies aux conditions économiques de janvier 2018 pour les livraisons finales des dossiers de chiffrage de fin d'APD.

L'estimation du CGP par l'Andra est réalisée en coût brut selon les conditions économiques de janvier 2012 pour :

- les synthèses de coût des configurations chiffrées ;
- la comparaison avec le dossier de chiffrage d'octobre 2014 (26, 27).

La « Pièce 21 - Chiffrage exprimé selon différentes conditions économiques » (28) du présent dossier de chiffrage fournit les chiffrages selon d'autres conditions économiques et précise les indices utilisés pour la mise à jour des conditions économiques en fonction des différents corps d'état.

3.5 Les exclusions du chiffrage

En cohérence avec le périmètre temporel de l'Arrêté coût de janvier 2016 (29), l'évaluation des coûts est réalisée à partir de 2016 et inclut les dépenses déjà réalisées depuis cette date. Les coûts antérieurs à 2016 sont donc exclus du chiffrage.

Les coûts sont restitués hors taxe sur la valeur ajoutée.

Les activités sous maîtrise d'ouvrage des producteurs (conditionnement et entreposage des déchets, transport jusqu'au centre de stockage) ainsi que les taxes additionnelles INB liées à l'accompagnement économique (contributions aux groupements d'intérêt public ou GIP) ne sont pas intégrées dans le périmètre de l'évaluation des coûts réalisée par l'Andra.

4

Les méthodes d'estimation spécifiques au chiffrage des investissements

4.1	La décomposition des coûts de matériels et travaux par corps d'état	16
4.2	La structuration des coûts de M&T	16
4.3	L'adaptation du chiffrage aux voies de gestion pour le stockage des déchets bitumés	18
4.4	L'adaptation du chiffrage aux configurations 1, 2 et 3	19



Les estimations fournies par les maîtrises d'œuvre s'appuient sur deux types de méthodes d'estimation :

- les méthodes paramétriques qui sont des méthodes d'estimation permettant d'estimer un coût global d'ouvrage à partir de la connaissance d'un petit nombre de paramètres physiques. Les lois qui permettent ces estimations sont déduites de l'observation de réalisations antérieures ;
- les méthodes analytiques qui consistent à détailler un ouvrage ou une activité en petits éléments dont on peut évaluer immédiatement le coût unitaire (coût de main-d'œuvre, de fourniture...).

Les deux approches ont été utilisées soit successivement, soit conjointement en fonction du niveau de détail des études de l'ouvrage à réaliser.

4.1 La décomposition des coûts de matériels et travaux par corps d'état

Les coûts sont décomposés selon les corps d'état principaux sur tout le périmètre technique :

- aménagements de site ;
- installations provisoires ;
- équipements chaudronnés ;
- équipements de génie mécanique ;
- équipements spécifiques ;
- tuyauterie/fluides ;
- CFI/CC ;
- Électricité ;
- génie civil (Bâtiment) ;
- génie civil (Fond) ;
- ventilation/HVAC ;
- verses.

Chacun de ces corps d'état est sous-décomposé autant que de besoin.

4.2 La structuration des coûts de M&T

4.2.1 Les prix unitaires

Les prix unitaires retenus ont été rassemblés dans une base de données des prix unitaires aux conditions économiques d'origine, et sont ensuite transposés aux conditions économiques retenues pour l'estimation sur la base des indices d'actualisation prédéfinis (28).

Les prix unitaires sont décomposés en deux parties :

- la part fourniture (part A) comprenant :
 - ✓ les études fournisseur ;
 - ✓ les approvisionnements ;
 - ✓ la fabrication ;
 - ✓ le montage et les essais en usine ;
 - ✓ la qualification ;
 - ✓ l'emballage et le transport sur le site ;
 - ✓ les pièces de rechange initiales (pour les deux premières années).

- la part site (part B) comprenant :
 - ✓ le montage sur site (équipements et travaux) ;
 - ✓ les essais fournisseur sur site ;
 - ✓ la réception ;
 - ✓ l'accompagnement à la mise en service en inactif puis en actif.

4.2.2 Les quantitatifs

Le chiffrage s'appuie sur les métrés définis au stade des études d'avant-projet sauf pour certains périmètres dont la temporalité est plus lointaine et qui sont de fait moins matures, et qui sont précisés dans les notes de chiffrage des lots techniques correspondants.

Les quantitatifs sont directement issus des études techniques, métrés et listes d'équipements, et du chiffrage des maîtrises d'œuvre. Des contrôles de cohérence ont été réalisés par l'Andra.

4.2.3 Les pertes de rendement

Les pertes de rendement sont un facteur correctif prenant en compte les contraintes spécifiques affectant le montage sur site. Les pertes de rendement sont exprimées en pourcentage du coût de la part site des prix unitaires (part B), et calculés pour chaque ligne d'estimation.

Les facteurs pris en compte par les maîtrises d'œuvre pour l'évaluation des pertes de rendement sont :

- le temps d'habillement spécifique pour travail en zone nucléaire ;
- le temps d'accès et notamment le transport jusqu'au fond de l'installation ;
- la coactivité ;
- le travail en ambiance spécifique.

L'Andra a harmonisé les valeurs de pertes de rendement proposées par les maîtrises d'œuvre, en retenant le critère de temps d'accès au fond de l'installation. Aucune perte de rendement n'est donc considérée en surface dans les coûts d'investissement.

Tableau 4-1 Valeurs de pertes de rendement retenues pour le chiffrage des coûts d'investissement du projet Cigéo

	Aménagements de site	Équipements chaudronnés	Équipements de génie mécanique	Équipements spécifiques	Tuyauterie/Fluides	CFI/CC	Électricité	Génie civil (Bâtiment)	Génie Civil (Fond) ²	Ventilation/HVAC	Verses
Surface	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	s/o	0 %	0 %
Fond	s/o	17 %	17 %	17 %	17 %	17 %	17 %	17 %	0 % ²	17 %	s/o

² La maîtrise d'œuvre responsable des travaux en souterrain a spécifié dans son estimation que les prix unitaires retenus pour l'évaluation du génie civil en fond ne nécessitaient pas de pertes de rendement du fait de la méthode de définition des prix unitaires de creusement.

4.2.4 Les compléments d'estimation

Les compléments d'estimation ont pour objet de combler les manques de définition technique liés aux périmètres non décrits ou non métrés au moment de l'estimation, mais qui sont indispensables au fonctionnement de l'installation.

Les compléments d'estimation sont exprimés en pourcentage du coût des matériels et travaux, et calculés pour chaque ligne d'estimation.

Les pourcentages appliqués sont issus de retours d'expérience des maîtrises d'œuvre et trouvent leur justification dans les pratiques internes validées par des constatations de fin d'affaires. Les pourcentages ont été définis par les responsables techniques des maîtrises d'œuvre en fonction de la maturité des études.

4.2.5 La formule de calcul du M&T

Chaque ligne détaillée d'estimation est ensuite calculée selon la formule suivante :

$$\text{Coût} = (\text{Part A} + \text{Part B} \times (1 + \text{Pertes de rendement})) \times \text{Quantité} \times (1 + \text{Complément d'estimation})$$

4.3 L'adaptation du chiffrage aux voies de gestion pour le stockage des déchets bitumés

Les coûts associés à chacune des deux voies possibles de gestion des déchets bitumés (cf. Chapitre 3.3.1 du présent document) sont calculés en tenant compte des variations suivantes entre les deux voies :

- la nature, le nombre et le prix unitaire des conteneurs de stockage ;
- le nombre d'alvéoles MA-VL et le volume de verses associé à stocker en surface ;
- l'ajout d'équipements spécifiques nécessaires pour permettre le stockage des colis de déchets bitumés en l'état, tels que les équipements de manutention et de surveillance dans les alvéoles dédiés aux déchets bitumés ainsi que les blocs de remplissage inertes en 3^e nappe ;
- l'impact des chroniques de livraison sur les régimes de travail du personnel d'exploitation et sur les durées d'exploitation des installations ;
- les effets induits sur les coûts hors investissement initial comprenant des coûts de maîtrise d'œuvre et de maîtrise d'ouvrage, des coûts de maintien en conditions opérationnelles (MCO), des coûts de démantèlement mais aussi des coûts additionnels d'assurance et de fiscalité.

Le tableau 4-2 synthétise les données et hypothèses retenues pour le chiffrage de chacune des deux voies.

Tableau 4-2 Données retenues pour le chiffrage des deux voies de stockage des déchets bitumés

	Stockage de colis de déchets bitumés mis en conteneur renforcé vis-à-vis de l'incendie	Stockage de colis de déchets issus du traitement des déchets bitumés
Mode de stockage retenu	Mise en place des colis de déchets bitumés dans des conteneurs de stockage renforcés vis-à-vis de l'incendie (type CS 4) et stockage dans des alvéoles MA-VL dédiés uniquement à ces colis ³	Colis de déchets bitumés issus du traitement des déchets bitumés mis en conteneurs de stockage en béton (type CS 2) et dans des alvéoles MA-VL « classiques »
Inventaire	42 271 colis primaires de type MA-VL2 (démarrage de la livraison post-Phipil)	25 832 colis primaires de type CSD-V (MA-VL6)
Nombre de conteneurs de stockage	7 209 CS 4-1 2 688 CS 4-2	6 460 CS 2-2
Nombre d'alvéoles	8 alvéoles MA-VL ⁴ (deux nappes de colis par alvéoles, avec 5 586 blocs de remplissage inertes en 3 ^e nappe)	3 alvéoles MA-VL ⁴

Ces données permettent de couvrir l'ensemble des scénarios possibles, c'est-à-dire le traitement ou non de la totalité ou d'une partie seulement des colis de déchets bitumés. En effet, l'installation nucléaire du Centre de stockage Cigéo est dimensionnée afin de recevoir à la fois les colis de déchets bitumés en l'état et les colis provenant de leur neutralisation.

4.4 L'adaptation du chiffrage aux configurations 1, 2 et 3

Les configurations 1, 2 et 3 (cf. Chapitre 3.3.2 du présent document) sont chiffrées à partir du chiffrage de la configuration DAC en adaptant les quantités ou les prix unitaires selon la nature des optimisations considérées. La prise en compte de chaque optimisation est alors chiffrée par des estimations simplifiées sur la base de :

- ratios de coûts appliqués par mètre linéaire de galerie ou de surface développée de bâtiment ;
- le cas échéant, identification de coûts spécifiques d'équipements ou définition de nouveaux prix unitaires sur avis d'expert ou, ponctuellement, à partir de nouveaux devis.

³ L'alvéole dédié au stockage des colis de déchets bitumés en l'état est spécifique au regard des conteneurs de stockage, de son aménagement et de ses équipements. La conception est elle-même également renforcée vis-à-vis du risque incendie.

⁴ Le nombre d'alvéoles est inférieur dans le cas des configurations 1, 2 et 3 (cf. Chapitre 3.3.2 du présent document)

5

Les méthodes d'estimation des autres postes de coûts

5.1	Les coûts de maîtrise d'ouvrage	22
5.2	Les coûts de maîtrise d'œuvre	22
5.3	Les coûts d'exploitation	22
5.4	Les coûts de maintien en conditions opérationnelles	23
5.5	Les coûts de démantèlement et de fermeture	23
5.6	Les coûts du schéma assurantiel	23
5.7	Les coûts de fiscalité	24
5.8	L'estimation des coûts de R&D	24
5.9	Les coûts de surveillance après fermeture	24
5.10	Les coûts des incertitudes, risques, opportunités et aléas	25

5.1 Les coûts de maîtrise d'ouvrage

La maîtrise d'ouvrage englobe la gestion de l'ensemble du processus, de la conception à la mise en service des ouvrages du centre de stockage. Cela implique la coordination des différents intervenants, la validation des étapes intermédiaires et la prise de décisions stratégiques pour garantir la conformité aux exigences initiales.

La maîtrise d'ouvrage en tranche 1 fait l'objet d'une estimation spécifique. Le principe d'évaluation utilisé pour l'évaluation des coûts de maîtrise d'ouvrage en tranche 1 est le suivant :

- pour les années [2016-2023], les coûts sont ceux réalisés sur la période ;
- à partir de l'année 2024 et jusqu'à la descente du 1^{er} colis, les hypothèses de valorisation ont été établies sur la base d'une projection des besoins en ressources en cohérence avec les activités à mener et le planning de réalisation du projet.

Les coûts de maîtrise d'ouvrage en tranches ultérieures sont calculés sur la base d'un ratio appliqué aux coûts d'investissement, de maintien en conditions opérationnelles ainsi que de démantèlement et de fermeture de l'installation.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 11 – Chiffrage des coûts de maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre » (11) du présent dossier de chiffrage.

5.2 Les coûts de maîtrise d'œuvre

Les missions identifiées pour la maîtrise d'œuvre de conception et de réalisation sont celles décrites par le Code de la commande publique (CCP), en distinguant :

- des maîtrises d'œuvre de conception dont les études visent à définir les installations jusqu'au niveau d'avant-projet ;
- des maîtrises d'œuvre de réalisation dont les missions prennent le relais des premières maîtrises d'œuvre et visent à finaliser les études de projet et à assurer toutes les missions relatives à la réalisation des installations.

Les coûts de la maîtrise d'œuvre de conception en tranche 1 (MOe-C T1) correspondent à l'ensemble des montants contractualisés auprès des maîtres d'œuvre système et sous-systèmes, et constatés par l'Andra, à la clôture des contrats, sur la période 2016-2021.

Les coûts de maîtrise d'œuvre de réalisation en tranche 1 (MOe-R T1), de conception et de réalisation en tranches ultérieures (MOe-C TU et MOe-R TU) sont calculés par sous-système sur la base d'un ratio de leur M&T.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 11 – Chiffrage des coûts de maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre » (11) du présent dossier de chiffrage.

5.3 Les coûts d'exploitation

Les effectifs d'exploitation sont valorisés sur la base d'un dimensionnement analytique des effectifs et de l'application de taux horaires.

Les frais de fonctionnement sont chiffrés sur la base de coûts annuels.

Les consommations en énergies et fluides sont valorisées sur la base d'un dimensionnement analytique des besoins annuels par ouvrage issu des études d'avant-projet, combiné à des prix unitaires et aux durées de fonctionnement de chaque ouvrage.

Les conteneurs et paniers de stockage sont chiffrés de manière analytique sur la base du nombre de conteneurs et paniers nécessaires en lien avec l'inventaire de déchets et de coûts unitaires par type de conteneur ou de panier issus de devis réalisés entre 2020 et 2024.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 12 - Chiffrage des coûts d'exploitation » (9) du présent dossier.

5.4 Les coûts de maintien en conditions opérationnelles

Les effectifs de maintenance sont valorisés sur la base d'un dimensionnement analytique des effectifs et de l'application de taux horaires.

Les coûts de pièces de rechange et de jouvence sont calculés sur la base de :

- l'assiette de coûts d'investissement ;
- un ratio annuel de maintenance (pièces de rechange et/ou jouvence) ;
- la durée d'exploitation de chaque ouvrage.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 13 - Chiffrage des coûts de maintien en conditions opérationnelles » (13) du présent dossier de chiffrage.

5.5 Les coûts de démantèlement et de fermeture

Le coût du démantèlement est basé sur un calcul par ratio de l'assiette de construction de chaque sous-système.

Le coût de la fermeture est basé sur un chiffrage analytique des équipements et opérations nécessaires au remblaiement et à la fermeture de l'installation souterraine en suivant le même principe que le chiffrage des postes investissement.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 14 - Chiffrage des coûts de démantèlement et de fermeture » (14) du présent dossier de chiffrage.

5.6 Les coûts du schéma assurantiel

Le chiffrage du schéma assurantiel du Centre de stockage Cigéo est fondé sur les coûts de matériels et travaux estimés dans les notes dédiées, auxquels sont appliqués des taux spécifiques à chaque police d'assurance retenue.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 15 - Chiffrage du schéma assurantiel » (12) du présent dossier de chiffrage.

5.7 Les coûts de fiscalité

Les composantes de la fiscalité applicables au Centre de stockage Cigéo incluent un ensemble d'impôts et de taxes locales et nationales dont les modalités sont définies par le cadre législatif en vigueur en février 2025 pour la fiscalité de droit commun.

Une taxe sur les installations nucléaires de base concourant à la gestion des substances radioactives (INBGSR) est également prévue par le Code des impositions sur les biens et services, mais son rendement n'est pas encore défini à ce stade. La valorisation des impôts et taxes est donc réalisée pour trois hypothèses dans une fourchette dont les valeurs basses et hautes sont définies par les articles L. 433-15 (tarif de base) et L. 433-16 (tarif de stockage) du Code des impositions sur les biens et services.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 16 - Chiffrage de la fiscalité » (15) du présent dossier de chiffrage.

5.8 L'estimation des coûts de R&D

Les coûts de R&D sont composés du programme scientifique et technologique (S&T) et du Centre de Meuse/Haute-Marne.

Le principe d'évaluation des coûts du programme S&T est le suivant :

- pour les années [2016-2023], les coûts sont ceux réalisés sur la période ;
- pour la période [2024-2055], le chiffrage a été réalisé de manière semi-analytique pour chacune des composantes du programme S&T.

Pour les coûts relatifs au Centre de Meuse/Haute-Marne :

- le fonctionnement et la maintenance du Laboratoire de recherche souterrain support aux expérimentations scientifiques et aux démonstrateurs technologiques sont basés sur le retour d'expérience des coûts de son exploitation ;
- les opérations spécifiques de fermeture sont chiffrées analytiquement.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 17 - Chiffrage des coûts de recherche et développement » (16) du présent dossier de chiffrage.

5.9 Les coûts de surveillance après fermeture

Pour le calcul des coûts de surveillance après fermeture, les méthodes, assiettes et prix unitaires (PU) des ouvrages conservés sont repris des phases précédentes (personnel et support, fonctionnement, MCO, fiscalité et assurances) et adaptés en fonction des besoins liés aux différentes périodes de la phase de surveillance après fermeture.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 19 - Chiffrage des coûts de surveillance après fermeture » (2) du présent dossier de chiffrage.

5.10 Les coûts des incertitudes, risques, opportunités et aléas

L'évaluation des incertitudes de chiffrage repose sur la prise en compte, par parties de l'INB Cigéo, d'un intervalle d'incertitudes dont l'amplitude dépend du niveau de maturité des données d'estimation. L'incertitude globale est ensuite calculée par une approche probabiliste utilisant la méthode de Monte-Carlo.

L'estimation financière des risques et opportunités s'appuie sur le portefeuille de risques et opportunités du projet. Une modélisation probabiliste de type Monte-Carlo est ensuite réalisée.

Le chiffrage des aléas s'appuie sur l'application d'un taux conventionnel à l'assiette des investissements de la tranche 1 non encore dépensés.

La méthodologie est décrite en détail dans la « Pièce 18 - Chiffrage des incertitudes, des risques et opportunités, et des aléas » (1) du présent dossier.

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Tableaux

Tableau 2-1	Décomposition du coût global de possession du projet Cigéo en blocs élémentaires	8
Tableau 4-1	Valeurs de pertes de rendement retenues pour le chiffrage des coûts d'investissement du projet Cigéo	17
Tableau 4-2	Données retenues pour le chiffrage des deux voies de stockage des déchets bitumés	19



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 18 - Chiffrage des incertitudes, des risques et opportunités, et des aléas. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0017.
- 2 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 19 - Chiffrage des coûts de surveillance après fermeture. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0018.
- 3 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 4 - Chiffrage des coûts d'investissement du process nucléaire (SS1). Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0004.
- 4 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 5 - Chiffrage des coûts d'investissement des bâtiments nucléaires de surface (SS2). Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0005.
- 5 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 6 - Chiffrage des coûts d'investissement des installations conventionnelles de surface et des verses (SS3). Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0006.
- 6 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 7 - Chiffrage des coûts d'investissement des liaisons surface-fond et des ouvrages souterrains (SS4). Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0007.
- 7 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 8 - Chiffrage des coûts d'investissement des installations communes (SS5) et des aménagements préalables (APr). Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0008.
- 8 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 9 - Chiffrage des coûts d'investissement des utilités externes et des aménagements hors site (SS6). Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0009.
- 9 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 12 - Chiffrage des coûts d'exploitation. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0012.
- 10 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 10 - Chiffrage des coûts d'investissement du système de transfert incliné des hottes (SS8). Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0010.
- 11 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 11 - Chiffrage des coûts de maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0011.
- 12 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 15 - Chiffrage du schéma assurantiel. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0015.
- 13 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 13 - Chiffrage des coûts de maintien en conditions opérationnelles. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0013.
- 14 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 14 - Chiffrage des coûts de démantèlement et de fermeture. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0014.
- 15 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 16 - Chiffrage de la fiscalité. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0016.
- 16 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 17 - Chiffrage des coûts de recherche et développement. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-24-0002.

- 17 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 20 - Échéancier des dépenses. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0020.
- 18 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Inventaire de référence retenu pour la conception et la démonstration de sûreté de l'INB Cigéo au stade des études d'avant-projet. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-CS0-0000-20-0002.
- 19 Dossier d'options de sûreté - Partie exploitation (DOS-Expl). Andra (2016). Document N°CGTEDNTEAMOASR10000150060. Disponible à l'adresse : <https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-04/dossier-options-surete-exploitation.pdf>.
- 20 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 2 - Présentation des configurations techniques chiffrées. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-23-0002.
- 21 Revue externe sur la gestion des déchets bitumés : rapport final. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2019). 97 p. Disponible à l'adresse : <https://www.asn.fr/Media/Files/00-Publications/Rapport-final-revue-dechets-bitumes?>
- 22 Étude PNGMDR 2016-2018 : comportement physico-chimique et thermique des colis de déchets bitumés en stockage. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2019). N°CODEP-DRC-2019-005828. 7 p. Disponible à l'adresse : <https://www.asn.fr/Media/Files/00-PNGMDR/PNGMDR-2016-2018/Courrier-dechets-bitumes-ANDRA>.
- 23 Étude PNGMDR 2016-2018 : analyse de l'impact des résultats des études relatives au comportement des colis de déchets bitumés sur leurs conditions d'accueil dans Cigéo. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2021). N°CODEP-DRC-2021-027897. 7 p. Disponible à l'adresse : <https://www.asn.fr/Media/Files/00-PNGMDR/PNGMDR-2016-2018/Courrier-de-l-ASN-a-l-Andra-du-18-juin-2021-concernant-l-analyse-de-l-impact-des-resultats-des-etudes-relatives-au-comportement-des-colis-de-dechets-bitumes-sur-leurs-conditions-d-accueil-dans-Cigeo>.
- 24 Avis n° 2018-AV-0300 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 janvier 2018 relatif au dossier d'options de sûreté présenté par l'Andra pour le projet Cigéo de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2018). N°2018-AV-0300. 7 p. Disponible à l'adresse : <https://www.asn.fr/content/download/155337/1525188?version=3>.
- 25 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 2 - Nature de l'installation. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-XEE-0000-19-0003.
- 26 Chiffrage de Cigéo en phase esquisse. Évaluation des coûts afférents à la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue - Proposition de l'Andra - Tome 1. Andra (2014). Document N°PUBLI/20-1093.
- 27 Chiffrage de Cigéo en phase esquisse. Évaluation des coûts afférents à la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue - Proposition de l'Andra - Tome 2. Andra (2014). Document N°PUBLI/20-1094.
- 28 Projet global Cigéo - Dossier de chiffrage. Pièce 21 - Chiffrage exprimé selon différentes conditions économiques. Andra (2025). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-EEE-0000-24-0001.
- 29 Arrêté du 15 janvier 2016 relatif au coût afférent à la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue (mise à jour du 18 janvier 2016). Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2016). Journal officiel de la République française (JORF), N°DEVR1601524A.



**AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS**

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex
www.andra.fr

