

RAPPORT D'ÉTUDE
N° DRS-10-110463-09795C

01 / 03 / 2012

Programme DRA 71 – Opération A

Référentiels, normes et guides de bonnes pratiques concernant les ouvrages de rétention industriels de grande hauteur en matériau meuble

INERIS

*maîtriser le risque |
pour un développement durable |*

Programme DRA 71 – Opération A

**Référentiels, normes et guides de bonnes pratiques
concernant les ouvrages de rétention industriels de
grande hauteur en matériau meuble**

INERIS

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

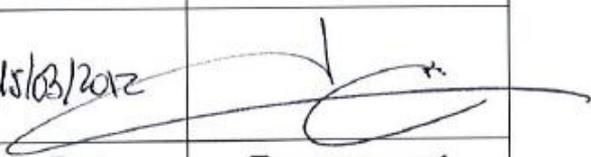
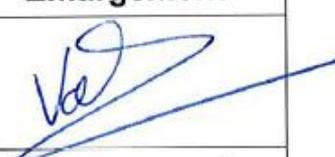
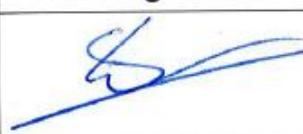
Référentiels, normes et guides de bonnes pratiques concernant les ouvrages de rétention industriels de grande hauteur en matériau meuble			
Rédaction	Qualité	Date	Emargement
Christophe DUVAL	Ingénieur à l'unité RNOS (DRS)	09/03/2012	
Dans le cadre de la procédure générale qualité de l'INERIS et en respect du paragraphe 4 du Manuel Qualité, ce document a fait l'objet de relectures et d'un contrôle par des vérificateurs			
Relecture	Qualité	Date	Emargement
Jean-Claude PINTE	Expert Ouvrages de rétention (DRS)	15/03/2012	
Vérification	Qualité	Date	Emargement
Valérie DE DIANOUS	Responsable du DRA71 (DRA)	16/03/2012	
Vérification	Qualité	Date	Emargement
Guillaume CHANTELAUVE	Délégué Appui à l'administration (DRA)	26/3/12	
Approbation	Qualité	Date	Emargement
Sylvain CHAUMETTE	Responsable du pôle AGIR (DRA)	27/03/12	

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	5
1.1 Contexte.....	5
1.2 Dispositifs industriels concernés	5
1.3 Généralités sur les guides existants.....	6
1.3.1 Typologie des recommandations.....	6
1.3.2 Analyse et restitution des recommandations	7
1.4 Structure du rapport	7
2. METHODE DE RECHERCHE ET RESULTATS	9
2.1 Méthode de recherche	9
2.2 Documents sélectionnés	9
2.3 Structure des fiches descriptives.....	9
3. INFORMATIONS DE BASE SUR LES OUVRAGES DE RETENTION INDUSTRIELS EN MATERIAU MEUBLE ET SOUS FORTE CHARGE HYDRAULIQUE.....	13
3.1 Configurations de retenue	13
3.2 Méthodes de construction	15
3.3 Utilisation des résidus comme matériau de construction.....	16
3.4 Cycle de vie des ouvrages de rétention industriels	16
3.5 Spécificités des guides sur les ouvrages de rétention industriels.....	17
4. RECOMMANDATIONS ORGANISATIONNELLES	19
4.1 Conception	20
4.2 Construction initiale, mise en service	21
4.3 Exploitation, construction intermédiaire.....	21
4.4 Arrêt de l'exploitation et abandon.....	22
5. RECOMMANDATIONS TECHNIQUES.....	23
5.1 Remblai et dépôt de résidus.....	23
5.2 Sol de fondation	25
5.3 Gestion du niveau d'eau dans la retenue	25
5.4 Séisme	26
6. RECOMMANDATIONS OPERATIONNELLES : CLES DE RECHERCHE.....	27
6.1 Organisation.....	28
6.2 Technique	29
7. CONCLUSION.....	31
8. GLOSSAIRE.....	33
9. LISTE DES ANNEXES	35

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Le présent document s'intègre dans les actions menées par l'INERIS sur la comparaison des bonnes pratiques relatives aux installations industrielles. La présente contribution a consisté en une recherche, couplée à une analyse de valeur, des référentiels, normes et guides publiés et utilisés à l'étranger concernant les ouvrages de rétention industriels.

1.2 DISPOSITIFS INDUSTRIELS CONCERNES

Après échanges avec le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels, la présente étude s'est focalisée sur les ouvrages de rétention industriels en matériaux meubles qui stockent des effluents, des boues ou des matériaux thixotropiques sous forte charge hydraulique¹.

Les ouvrages concernés sont donc principalement :

- les stockages de résidus de la concentration des minerais métalliques ;
- les stockages de fines issues du lavage du charbon ;
- les stockages de résidus de la transformation des minerais métalliques, notamment des boues rouges issues de la production d'aluminium ;
- les stockages de gypse de synthèse ;
- les stockages de cendres de centrales thermiques ;
- les stockages d'effluents en sucreries, féculeries et autres industries agro-alimentaires.

Les ouvrages de rétention réalisés pour l'industrie minière occupent une place principale par leur nombre, leurs dimensions² mais également par les nombreuses catastrophes humaines et écologiques qui, dans certaines configurations, ont fait suite à la rupture de ces ouvrages. Les guides de bonnes pratiques, de recommandations et les normes concernent donc principalement ces ouvrages de rétention imposants qui sont, dans certains cas, de véritables barrages miniers.

Le fait de devoir s'adapter à une configuration géologique et hydraulique locale confère un caractère original à chaque ouvrage de rétention industriel. La sécurité de ces ouvrages est principalement assurée par des bonnes pratiques de conception, d'exploitation et de maintenance, y compris après abandon de l'activité industrielle.

¹ Pour illustrer le terme de forte charge hydraulique, il est intéressant de rappeler que les barrages hydrauliques qui présentent une charge hydraulique d'au moins 10 m sont de classe A ou B selon le décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 et sont soumis à étude de dangers.

² Voir figures 1 et 2 en fin du chapitre d'introduction, et figures 6 et 7 au chapitre 3.

1.3 GENERALITES SUR LES GUIDES EXISTANTS

Historiquement, les premiers guides ont été rédigés à la fin du XX^{ème} siècle par des spécialistes du domaine de l'hydraulique et de la géotechnique, en réponse à des accidents graves ayant révélé au grand public les problèmes de sécurité afférant aux barrages miniers³.

Néanmoins, la publication de ces guides n'a pas évité la survenue de nouveaux accidents qui ont démontré qu'au-delà de la mise à disposition des connaissances techniques, la mise en place d'une organisation permettant de les mettre à profit était nécessaire. En 2001, le bulletin 121 de la Commission Internationale des Grands Barrages, intitulé « *Tailings Dams. Risk of dangerous occurrences. Lessons learnt from practical experiences* »⁴ conclut que la majorité des accidents n'est pas due à de nouvelles problématiques techniques, mais plutôt à la mauvaise mise en œuvre de pratiques classiques de conception et d'exploitation. En particulier, la conception et le dimensionnement d'un ouvrage de rétention industriel s'appuient sur de nombreuses hypothèses qu'il est nécessaire de valider et de suivre dans le temps, tout au long du cycle de vie de l'ouvrage.

Dans la lignée des référentiels sur la qualité (ISO 9001) et sur le management environnemental (ISO 14001), de nouveaux guides intégrant des recommandations sur l'organisation à mettre en place pour gérer les ouvrages de rétention industriels de manière durable ont donc fait suite aux guides techniques.

1.3.1 TYPOLOGIE DES RECOMMANDATIONS

Les deux objectifs généraux définissant la politique de gestion des ouvrages de rétention industriels sont classiquement la sécurité et la protection de l'environnement⁵. Les recommandations pour atteindre ces deux objectifs s'organisent autour des trois axes suivants :

- l'organisation à mettre en place à chaque phase du cycle de vie de l'ouvrage, que ce soit la définition des responsabilités et de la qualification des contributeurs, la description des documents incontournables relatifs à l'ouvrage ou les moyens financiers et matériels à prévoir ;
- les concepts techniques à utiliser pour concevoir, réaliser et surveiller correctement l'ouvrage, du point de vue de la sécurité et de la protection de l'environnement ;
- les pratiques opérationnelles permettant de mettre en place l'organisation décrite et d'utiliser les concepts techniques énoncés. Sur le plan organisationnel, il s'agit par exemple de précisions sur la fréquence des inspections, les relations entre les équipes de conception et d'exploitation ou le niveau de qualification des contributeurs du projet. Sur le plan

³ Par ailleurs, il est important de noter qu'en dehors des guides de bonnes pratiques, la littérature scientifique sur le sujet est particulièrement fournie durant cette période. La Commission Internationale des Grands Barrages a édité en 1982, puis en 1989 sous sa forme définitive, un ouvrage qui liste sur 300 pages des références d'articles scientifiques sur des sujets variés liés aux barrages miniers.

⁴ Barrages de stériles miniers. Risques de situations dangereuses. Retour d'expérience sur des accidents.

⁵ Rappelons que la présente étude n'aborde que la question de sécurité, mais que la protection de l'environnement considère également la stabilité de l'ouvrage de rétention par rapport au risque de pollution accidentelle et rejoint donc partiellement les objectifs de sécurité.

technique, il s'agit par exemple de précisions sur certains détails constructifs, sur les hypothèses de dimensionnement ou sur les méthodes de calculs à utiliser.

Il est important de préciser que les recommandations organisationnelles et techniques restent des concepts généraux et que par conséquent, elles ne peuvent pas être fondamentalement différentes d'un guide à l'autre⁶. La notion de comparatif pour ce type de recommandations n'est donc pas adaptée.

Au contraire, les pratiques opérationnelles sont focalisées sur des détails et peuvent donc être relativement différentes. La sécurité des ouvrages de rétention industriels étant assurée principalement par la conception, les recommandations opérationnelles sont nombreuses et s'adressent à un public averti maîtrisant déjà les concepts organisationnels et techniques dans leur globalité.

1.3.2 ANALYSE ET RESTITUTION DES RECOMMANDATIONS

D'une part, il semble important, dans le cadre d'un rapport s'adressant à des personnes non spécialistes du sujet, de synthétiser les recommandations organisationnelles et techniques présentées dans les différents guides. Comme évoqué dans le paragraphe précédent, s'agissant de concepts assez généraux, les guides ne présentent pas de différences majeures au niveau de ces recommandations mais se complètent.

D'autre part, pour permettre au public intéressé d'accéder facilement à des recommandations opérationnelles, sur une thématique organisationnelle ou technique précise, il apparaît nécessaire de fournir au lecteur des clés de recherche dans les différents guides existants. En effet, il n'a pas été possible de réaliser un comparatif exhaustif des très nombreuses recommandations opérationnelles présentes dans les guides existants.

1.4 STRUCTURE DU RAPPORT

Outre les chapitres d'introduction et de conclusion, le rapport est structuré en cinq chapitres qui traitent des points suivants :

- la méthode de recherche qui a été adoptée et les documents ainsi sélectionnés ;
- les éléments de base à connaître sur les ouvrages de rétention industriels pour appréhender les différentes recommandations ;
- la définition des différentes phases du cycle de vie et les recommandations organisationnelles correspondantes ;
- la définition des recommandations techniques relatives à la sécurité, et donc principalement à la stabilité du corps de l'ouvrage ;
- les clés de recherche pour les recommandations opérationnelles dans les différents guides.

D'autre part, chaque document présenté fait l'objet d'une fiche synthétique disponible en annexe A. Enfin, un glossaire des termes techniques est disponible au chapitre 8.

⁶ Dans des cas très spécifiques, des différences de concept sur le plan technique traduisent en réalité le fait qu'une avancée technologique permet d'aborder plus finement des points problématiques qui étaient traités de manière très sécuritaire par les méthodes plus anciennes.



Figure 1 : Barrage minier de Rio Paracatu Mineração, exploitation d'or au Brésil, [8].

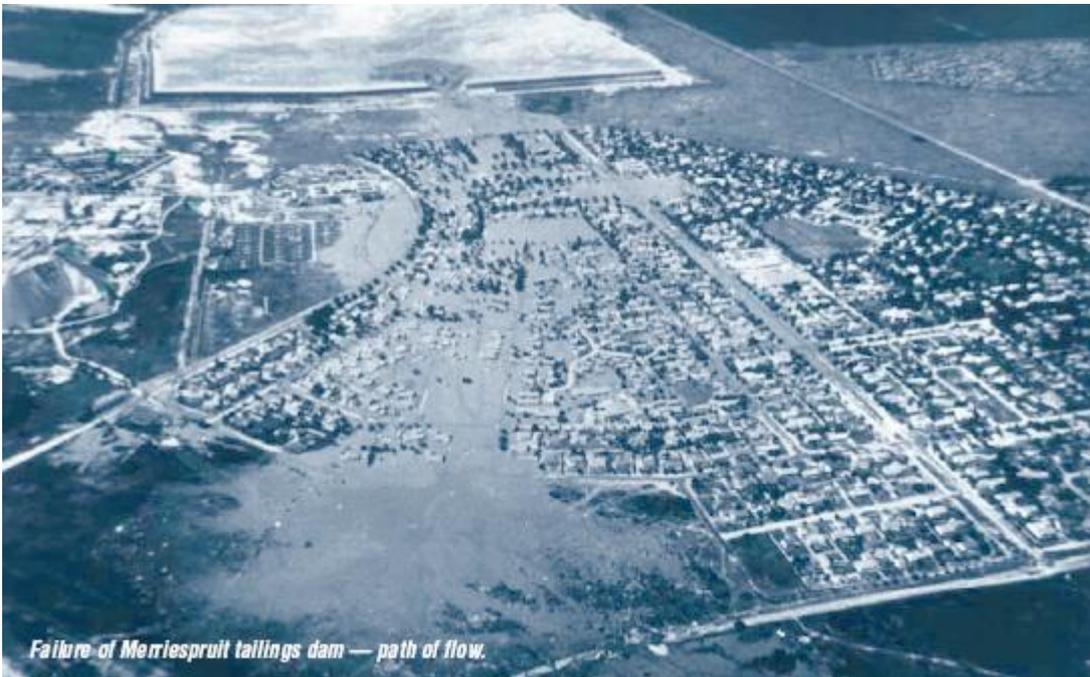


Figure 2 : Catastrophe de Merriespruit, Harmony, Afrique du Sud, [8].

2. METHODE DE RECHERCHE ET RESULTATS

2.1 METHODE DE RECHERCHE

Il est important de rappeler que les guides se sont focalisés sur les ouvrages de rétention de l'industrie minière, et plus particulièrement sur les barrages miniers pouvant atteindre des dimensions comparables aux barrages hydrauliques. En conséquence, la stratégie de recherche a consisté à explorer toutes les directions afférentes au caractère multidisciplinaire des barrages miniers. En effet, ces ouvrages se situent à la frontière de trois domaines :

- le génie minier, car ils font partie intégrante du processus d'extraction du minerai ;
- le génie civil hydraulique, car ce sont des ouvrages géotechniques créant des réservoirs comme les barrages hydrauliques en remblai ;
- le génie environnemental, que ce soit au niveau de la gestion de la pollution de l'eau ou concernant le stockage des déchets.

D'autre part, les auteurs de ces guides peuvent être classés en trois groupes :

- les autorités de certains pays, en particulier les grands pays miniers anglophones, ainsi que l'Union Européenne ;
- les organismes de normalisation ;
- les organisations non-gouvernementales, que ce soit des associations d'experts techniques ou des exploitants miniers.

2.2 DOCUMENTS SELECTIONNES

Les 27 documents sélectionnés à l'issue de la phase de recherche sont listés dans le Tableau 1. Ils sont ensuite positionnés dans la matrice Domaine / Acteurs de la Figure 3 et sur l'axe chronologique à la Figure 4. Sur cet axe chronologique sont également précisées les ruptures d'ouvrages de rétention industriels les plus souvent évoquées dans les différents guides. Les références croisées entre les différents documents sont précisées en annexe B.

2.3 STRUCTURE DES FICHES DESCRIPTIVES

Chaque document fait l'objet d'une fiche descriptive, disponible en annexe A, où sont consignées plusieurs informations importantes.

Au recto de chaque fiche sont précisés :

- dans le premier encart, les informations pratiques concernant l'auteur, les références du document, la langue, la date d'édition, la disponibilité et le nombre de pages ;
- dans le deuxième encart, les différents types de stockages de résidus abordés dans le document, le type de recommandations qu'il contient, les spécificités et les destinataires du document ;
- dans le troisième encart, l'intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité.

Au verso des fiches est retranscrite la table des matières simplifiée du document sur laquelle ne figurent que les deux premiers niveaux de titres.

N°	Titre	Auteur / Organisation	Date
1	Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams.	Steven G. Vick	1983, 1990
2	Design and evaluation of tailings dams. <i>Technical Report.</i>	United States of America Environmental Protection Agency	August 1994
3	Mine Residue. Code of practice.	South African Bureau of Standards	September 1998
4	Guideline for the Compilation of a Mandatory Code of Practice on Mine Residue Deposits.	South Africa Department of Minerals and Energy	2000
5	A guide to the management of tailings facilities.	Mining Association of Canada	September 1998
6	Developing an Operation, Maintenance and Surveillance Manual for Tailings and Water Management Facilities.	Mining Association of Canada	2003
7	Mining for the future. Large Volume Waste.	International Institute for Environment and Development World Business Council for Sustainable Development	April 2002
8	Case studies on Tailings Management.	Programme des Nations Unies pour l'Environnement International Council on Metals and the Environment	November 1998
9	Reference document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities.	European Commission	January 2009
10	Manuel des barrages et dépôts des stériles. Bulletin 45.	Commission Internationale des Grands Barrages	1982
11	Barrages de stériles miniers. Sécurité. <i>Recommandations.</i> Bulletin 74.	Commission Internationale des Grands Barrages	1989
12	Barrages de stériles. Conception du drainage. <i>Synthèse et recommandations.</i> Bulletin 97.	Commission Internationale des Grands Barrages	1994
13	Barrages de stériles et sismicité. <i>Synthèse et recommandations.</i> Bulletin 98.	Commission Internationale des Grands Barrages	1995
14	Dépôts de stériles. Transport, mise en place et décantation. <i>Synthèse et recommandations.</i> Bulletin 101.	Commission Internationale des Grands Barrages	1995
15	Barrages de stériles et environnement. <i>Synthèse et recommandations.</i> Bulletin 103.	Commission Internationale des Grands Barrages	1996
16	Auscultation des barrages de stériles. <i>Synthèse et recommandations.</i> Bulletin 104.	Commission Internationale des Grands Barrages	1996
17	Guide des barrages et retenues de stériles. <i>Conception, construction, exploitation et réhabilitation.</i> Bulletin 106.	Commission Internationale des Grands Barrages Programme des Nations Unies pour l'Environnement	1996
18	Tailings Dams. Risk of Dangerous Occurrences. Lessons learnt from practical experiences. Bulletin 121.	Commission Internationale des Grands Barrages	2001
19	Improving tailings dam safety Critical aspects of management, design, operation and closure. Bulletin 139	Commission Internationale des Grands Barrages	2011
20	Guidelines on tailings dam design, construction and operation.	Australian National Committee on Large Dams	October 1999

N°	Titre	Auteur / Organisation	Date
21	Guidelines on the development of an operating manual for tailings storage.	Australia – West Australia Department of Minerals and Energy	October 1998
22	Guidelines on the safe design and operating standards for tailings storage.	Australia – West Australia Department of Minerals and Energy	May 1999
23	Tailings Management.	Australia Department of Industry, Tourism and Resources	February 2007
24	Management of tailings storage facilities.	Australia - Victoria Department of Primary Industries	November 2004
25	Tailings containment.	Australian Federal Environment Department. Environment Protection Agency	June 1995
26	Water quality protection guidelines. Tailings facilities.	Australia – West Australia Water and Rivers Commission Department of Minerals and Energy	2000
27	Strategic framework for tailings management.	Ministerial Council on Mineral and Petroleum Resources Minerals Council of Australia	2003

Tableau 1 : Liste des documents sélectionnés.
(Les références [4] et [19] n'ont pas pu être consultées.)

	GENIE CIVIL HYDRAULIQUE	GENIE MINIER	GENIE ENVIRONNEMENTAL
ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES / EXPERTS	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	5, 6, 1, 23, 27	8, 7
AUTORITES / AGENCES GOUVERNEMENTALES		4, 24, 21, 22	2, 9, 25, 26
AGENCES DE NORMALISATION		3	

Diagramme illustrant le positionnement des documents sélectionnés dans la matrice Domaine / Acteurs. Les documents sont représentés par des losanges numérotés. Les tirets indiquent les documents qui n'ont pas pu être consultés. Les flèches indiquent des liens forts entre deux documents.

Figure 3 : Positionnement des documents sélectionnés dans la matrice Domaine / Acteurs.
(Les tirets indiquent les documents qui n'ont pas pu être consultés.
Les flèches indiquent des liens forts entre deux documents.)

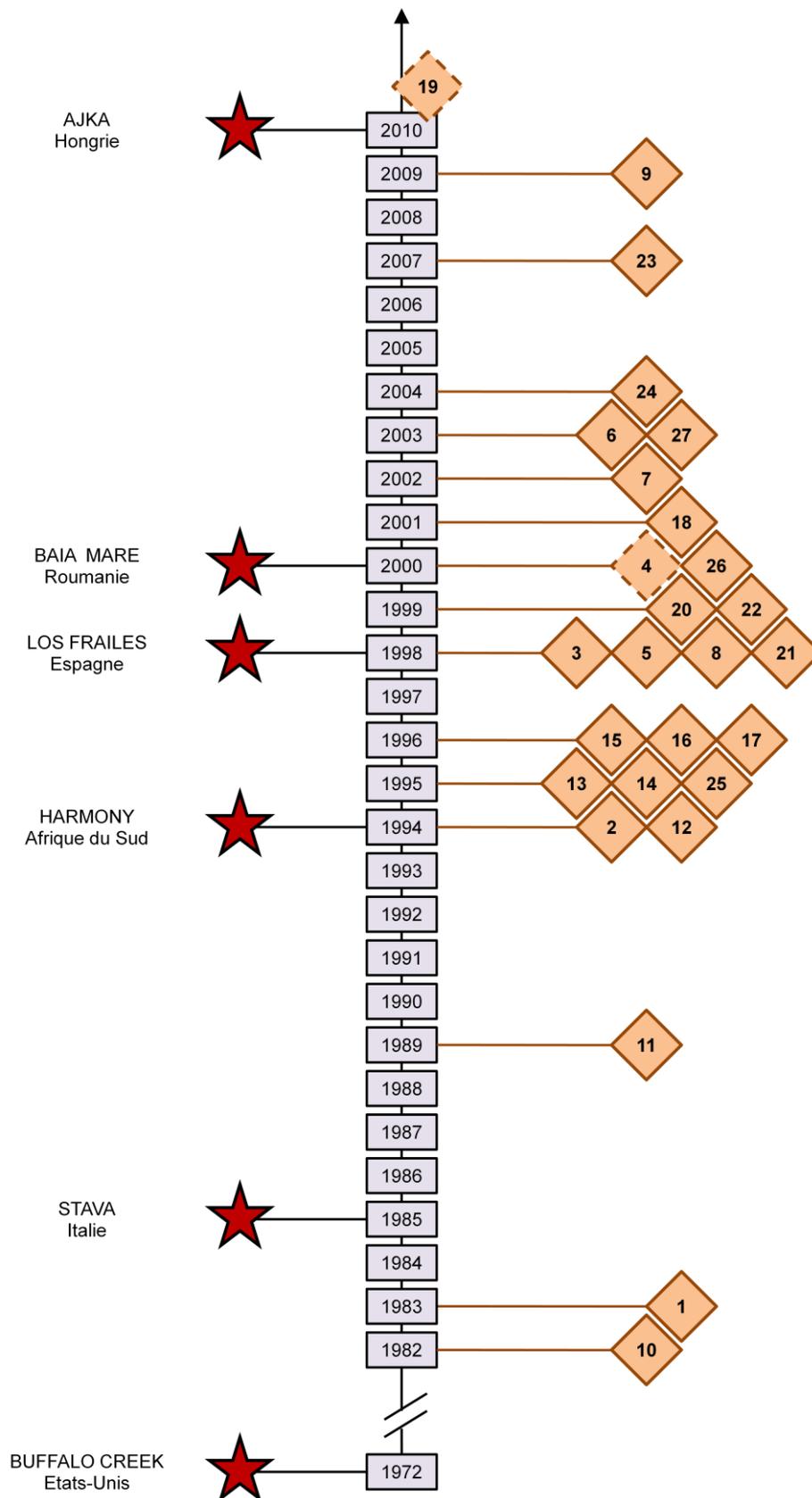


Figure 4 : Chronologie d'édition des documents sélectionnés et de certains accidents majeurs de rupture d'ouvrages de rétention industriels souvent évoqués dans les guides.
 (Brèves descriptions en annexe C)
 La chronologie fait également apparaître l'accident récent à Ajka en Hongrie.

3. INFORMATIONS DE BASE SUR LES OUVRAGES DE RETENTION INDUSTRIELS EN MATERIAU MEUBLE ET SOUS FORTE CHARGE HYDRAULIQUE

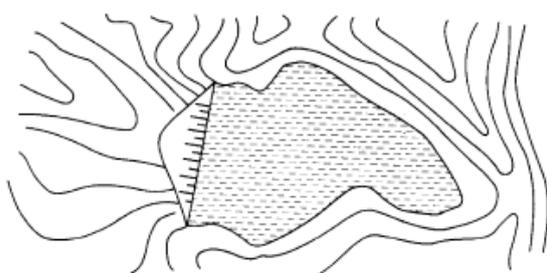
Ce chapitre fournit les informations de base nécessaires à la bonne compréhension des recommandations organisationnelles et techniques.

3.1 CONFIGURATIONS DE RETENUE

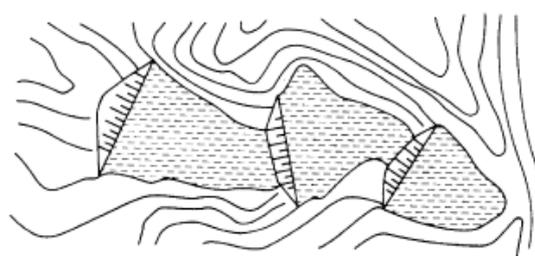
Trois configurations différentes de retenue existent selon que :

- le remblai soit érigé en barrage de vallée⁷ ;
- le remblai soit érigé à flanc de coteau ;
- le remblai soit annulaire et circonscrive totalement la retenue⁸.

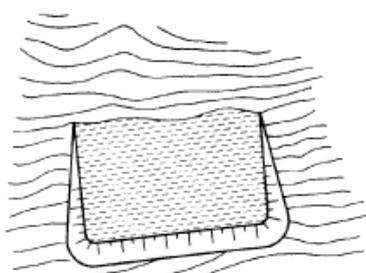
De plus, le réservoir peut être multiple ou segmenté. Les différents cas sont illustrés en Figure 5. Des configurations hybrides sont également observées.



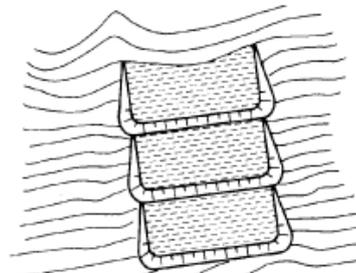
Barrage de vallée, simple



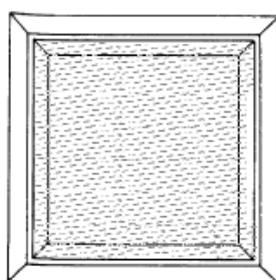
Barrage de vallée, multiple



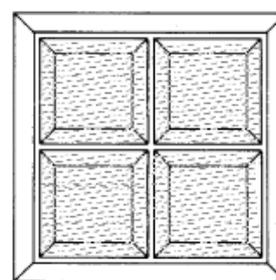
Flanc de coteau, simple



Flanc de coteau, multiple



Annulaire, simple



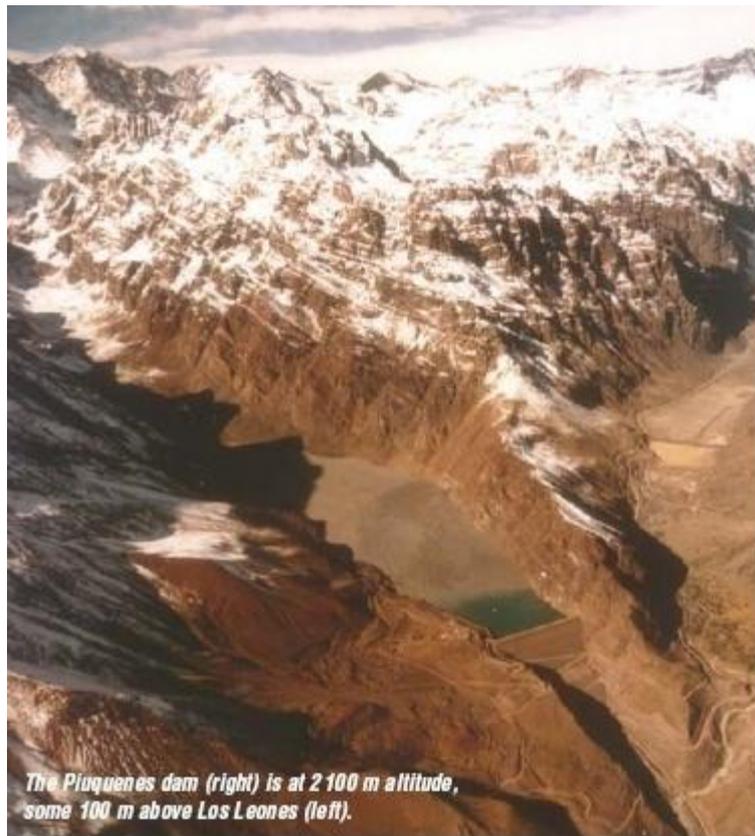
Annulaire, segmenté

Figure 5 : Configurations de retenues, d'après [1].

⁷ Les termes *barrage minier* et *barrage industriel* désignent plus spécifiquement ce cas.

⁸ Le terme *bassin de rétention* désigne plus spécifiquement ce cas.

Les volumes des retenues créées peuvent être considérables, comme illustré à la Figure 6 et à la Figure 7.



*The Pluquenes dam (right) is at 2 100 m altitude,
some 100 m above Los Leones (left).*

*Figure 6 : Barrage minier de Los Leones,
exploitation de cuivre au Chili, tirée de [8].*



*Figure 7 : Bassin de rétention annulaire de Bingham Canyon,
exploitation de cuivre aux USA, tirée de [8].*

3.2 METHODES DE CONSTRUCTION

La construction des ouvrages de rétention industriels est le plus souvent réalisée en plusieurs étapes puisqu'elle doit s'adapter à la production de résidus et donc à une activité industrielle qui peut s'intensifier ou au contraire décroître dans le temps. Trois méthodes de construction existent selon que :

- les élévations successives du remblai sont fondées sur les résidus ayant décanté, ce qui implique que l'axe de l'ouvrage se déplace vers l'amont lors de la construction (méthode amont) ;
- les élévations successives du remblai sont fondées uniquement sur les élévations précédentes et le sol naturel, ce qui implique que l'axe de l'ouvrage se déplace vers l'aval lors de la construction (méthode aval) ;
- les élévations successives du remblai sont fondées sur les élévations précédentes et le sol naturel à l'aval, mais s'appuient sur les résidus ayant décanté à l'amont, ce qui implique que l'axe de l'ouvrage ne se déplace pas (méthode centrale).

Les différentes méthodes de construction sont illustrées en Figure 8 et peuvent être combinées. Dans tous les cas, la première étape consiste en la construction d'un remblai d'amorce, qui restera le remblai de pied de l'ouvrage de rétention pour la méthode amont, tandis que de nouveaux remblais de pied seront érigés à chaque élévation des méthodes aval et centrale. L'annexe E retranscrit des tableaux comparatifs synthétiques des différentes méthodes de construction des ouvrages de rétention industriels, qui sont présentés dans plusieurs documents de référence.

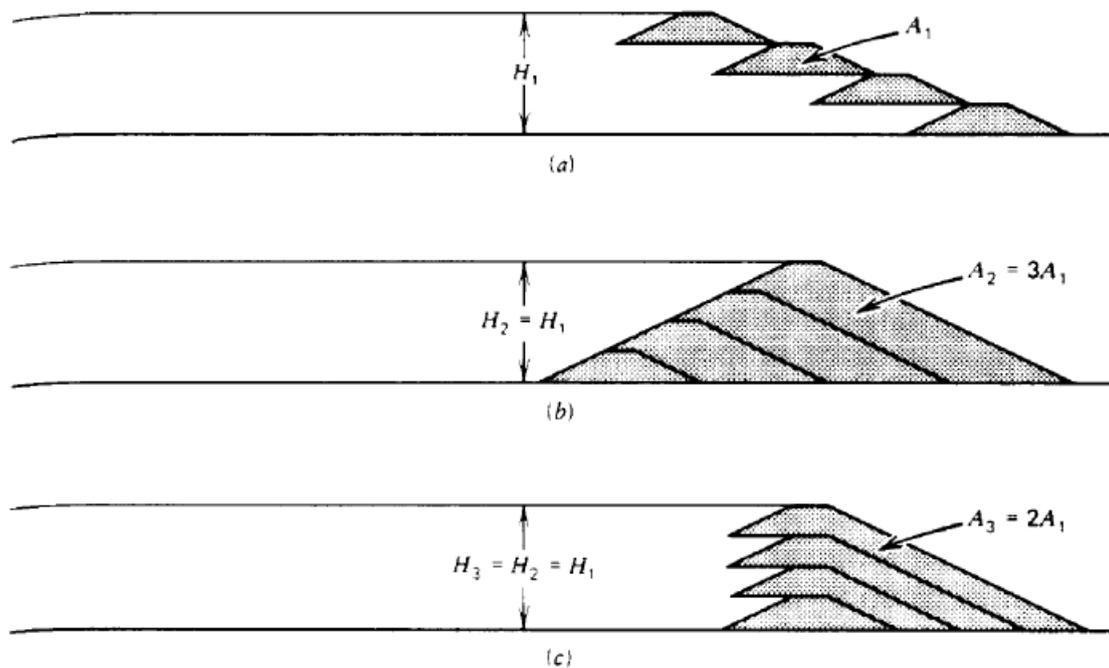


Figure 8 : Présentation des méthodes amont (a), aval (b) et centrale (c), d'après [1].

3.3 UTILISATION DES RESIDUS COMME MATERIAU DE CONSTRUCTION

La construction des ouvrages de rétention industriels se distingue également de celles des barrages hydrauliques du fait que les résidus peuvent servir de matériau de construction⁹. Cette technique concerne davantage les surélévations que le remblai d'amorce, puisque celui-ci est érigé pendant une période où les résidus ne sont pas encore disponibles. D'autre part, la partie émergée des résidus déversés dans la retenue constitue une plage qui peut servir de fondation pour les élévations suivantes, comme illustré en Figure 9 dans le cas de la méthode amont. La plage de déversement est un élément clé de la maîtrise du niveau d'eau dans la retenue et de la saturation dans le remblai, qui influe sur la stabilité du remblai.

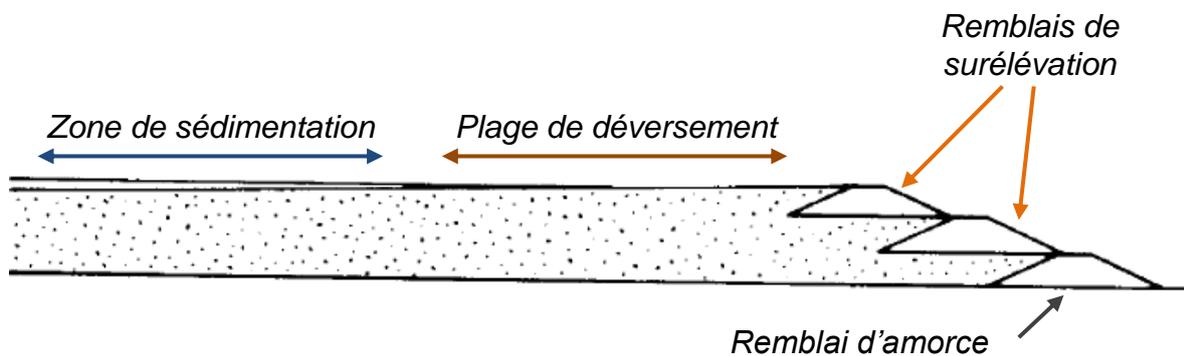


Figure 9 : Coupe schématique d'un ouvrage de rétention industriel construit selon la méthode amont, avec plage de déversement, d'après [1].

3.4 CYCLE DE VIE DES OUVRAGES DE RETENTION INDUSTRIELS

Le cycle de vie des ouvrages de rétention industriels, présenté à la Figure 10, admet une particularité du fait que la phase d'exploitation intègre des étapes de construction intermédiaires puisque les remblais sont élevés au fur et à mesure du remplissage du réservoir par les résidus. La configuration finale de l'ouvrage peut d'ailleurs fortement différer de la configuration prévue initialement.

A l'issue de la phase d'exploitation, lorsque la rétention est pleine ou lorsque l'activité industrielle s'arrête, l'ouvrage de rétention industriel entre en phase d'abandon durant laquelle l'auscultation et le suivi continuent après mise en sécurité de l'ouvrage, notamment vis-à-vis des épisodes climatiques extrêmes.

⁹ Les résidus présentent des propriétés en général mal connues lors de la conception initiale. Dans le cas des stériles miniers, la granulométrie dépend du mode d'extraction, du traitement et de la mise en dépôt et la composition peut différer de celle prévue par les reconnaissances, ou évoluer au cours de l'exploitation ultérieure des filons. D'autre part, la référence [11] indique que si la majorité des résidus de l'industrie minière peuvent servir à construire le remblai de l'ouvrage de rétention, ce n'est généralement pas le cas des résidus produits par les traitements chimiques et industriels.

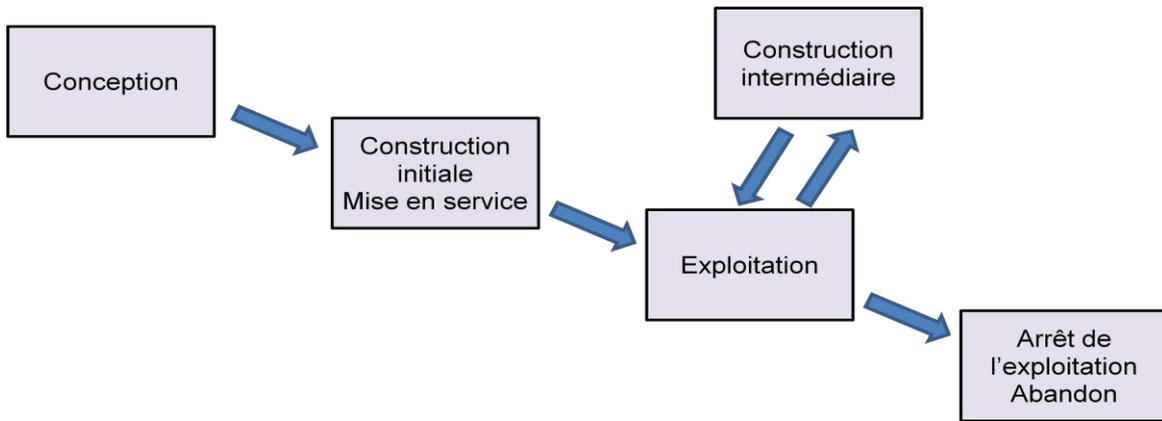


Figure 10 : Cycle de vie d'un barrage industriel.

3.5 SPECIFICITES DES GUIDES SUR LES OUVRAGES DE RETENTION INDUSTRIELS

La méthode de construction des ouvrages de rétention industriels, ainsi que l'utilisation maximale des résidus comme matériau de construction sont le plus souvent dictées par des considérations économiques. En effet, l'optimisation économique d'un barrage industriel conduit à utiliser le moins possible de matériau d'emprunt, ce qui se concrétise souvent par le choix de la méthode amont avec, si possible, réalisation des remblais successifs en résidus. Cet optimum économique s'éloigne alors des barrages hydrauliques érigés en une seule phase et uniquement avec des matériaux d'emprunt, et nécessite des précautions particulières supplémentaires concernant la sécurité. Dans cette optique, les guides techniques spécifiques aux ouvrages de rétention industriels viennent compléter ceux existants concernant les barrages hydrauliques.

Les recommandations techniques issues des guides sélectionnés et répertoriés dans le chapitre 5 concernant, sauf indication contraire, toutes les configurations de retenue et les trois méthodes de construction présentées dans ce chapitre.

4. RECOMMANDATIONS ORGANISATIONNELLES

Les recommandations organisationnelles sont globalement issues de l'application des normes internationales sur la qualité et le management environnemental et, dans la plupart des cas, sont relatives aussi bien à des objectifs de sécurité que de protection de l'environnement¹⁰.

Il est important de noter que les recommandations organisationnelles sont souvent graduées selon l'importance de l'ouvrage de rétention industriel, en accord avec le principe général d'une gestion basée sur les risques. L'importance de l'ouvrage de rétention industriel n'a pas de définition internationale établie, mais les différentes classifications décrites dans les documents de référence, du moins les plus actuelles, font classiquement intervenir :

- les pertes humaines ;
- les pertes économiques ;
- l'atteinte à l'environnement.

Les classifications proposent généralement trois catégories d'importance pour les ouvrages de rétention industriels¹¹.

Les recommandations organisationnelles sont associées au cycle de vie des ouvrages de rétention industriels, présenté dans le chapitre précédent à la Figure 10. D'un point de vue chronologique, la construction du remblai d'amorce et la mise en service constituent une période continue bien définie dans le temps, après la phase de conception. De même, l'exploitation et la construction intermédiaire de l'ouvrage constituent également une période bien définie, suivie de la phase d'abandon. Durant ces quatre périodes, les acteurs intervenant sur l'ouvrage de rétention industriel sont souvent différents. Les phases de conception et de construction initiale peuvent être pilotées par des prestataires spécialisés, tandis que la phase d'exploitation et de construction intermédiaire est pilotée par l'exploitant industriel. Enfin, la phase d'abandon est parfois une phase de restitution de l'ouvrage aux pouvoirs publics.

Les recommandations organisationnelles ont finalement été structurées selon les quatre phases suivantes du cycle de vie des ouvrages de rétention industriels :

- la conception ;
- la construction initiale et la mise en service ;
- l'exploitation et la construction intermédiaire ;
- l'arrêt de l'exploitation et l'abandon.

¹⁰ Les recommandations trop générales issues de ces référentiels, comme l'adéquation de la provision financière avec le projet industriel, le respect des règles de l'art ou encore l'adoption du principe de précaution, qui sont valables pour toute infrastructure, n'ont pas été reprises dans le présent document.

¹¹ Plusieurs classifications présentées dans les différents documents de référence sont reprises et traduites en annexe D.

4.1 CONCEPTION

La conception d'un ouvrage de rétention industriel nécessite l'examen de plusieurs variantes, en fonction des objectifs à atteindre et des nombreuses contraintes du projet, pour aboutir à la solution optimale.

Recommandations	Sources
Constituer une équipe de conception adaptée à l'importance de l'ouvrage de rétention avec un responsable désigné et des contributeurs qualifiés.	[3], [5], [9], [10], [11], [17], [18], [27]
La conception doit aborder les points suivants qui sont interdépendants : <ul style="list-style-type: none"> ▪ le choix du site d'implantation ; ▪ le choix du dispositif de stockage ; ▪ le calendrier de vie de l'ouvrage ; ▪ les investigations de site ; ▪ la caractérisation des matériaux de construction ; ▪ le dimensionnement de l'ouvrage ; ▪ les modalités d'exploitation ; ▪ les détails constructifs ; ▪ l'instrumentation à mettre en place. L'ensemble des hypothèses posées et des résultats obtenus est consigné dans un rapport de conception complet et illustré par des plans.	[3], [5], [9], [10], [11], [12], [17], [20], [23], [24], [25]
Les investigations de site doivent permettre de rassembler toutes les informations nécessaires à la conception (caractéristiques géotechniques, géologiques, eaux de surface et eaux souterraines). En fonction de l'importance de l'ouvrage de rétention, l'investigation géotechnique peut être détaillée ou sommaire.	[3], [9], [10], [11], [22]
La caractérisation des résidus et matériaux naturels disponibles sur site pour la construction est adaptée en fonction de l'importance de l'ouvrage de rétention industriel. Elle peut être fine (prélèvements sur des ouvrages similaires, essais en laboratoire) ou grossière (expérience, littérature).	[3], [9]
La finesse du dimensionnement est adaptée à l'importance de l'ouvrage de rétention industriel. Les différents cas de charge (normal, accidentel, sismique, climatique extrême), les hypothèses de dimensionnement, les coefficients de sécurité sur les différents paramètres et les calculs de structure et hydraulique doivent être consignés. Les méthodes de calculs doivent être décrites.	[1], [3], [9], [10], [11], [20], [24]
Porter une grande attention à la conception des conduits hydrauliques traversant le remblai de l'ouvrage de rétention industriel (Ouvrages d'évacuation du surnageant ou de dérivation).	[11], [14], [17]
Le calendrier de vie de l'ouvrage comprend les étapes de construction initiale, de mise en service, d'exploitation et de construction intermédiaire, d'arrêt de l'exploitation et d'abandon. La réflexion sur les plans d'exploitation, de construction, de fermeture et d'abandon est entreprise dès la phase de conception.	[3], [5], [9], [20]

Tableau 2 : Synthèse des recommandations organisationnelles concernant la phase de conception.

4.2 CONSTRUCTION INITIALE, MISE EN SERVICE

La construction initiale consiste principalement en l'édification du remblai d'amorce de l'ouvrage de rétention, mais également à la construction des ouvrages annexes de dérivation et d'évacuation du surnageant. La mise en service comprend les premiers déversements de résidus dans la retenue. Ces opérations s'inscrivent dans la continuité de la phase de conception et constituent les premières observations du comportement de l'ouvrage permettant de vérifier la validité des hypothèses de conception. Ces opérations sont importantes puisque les travaux réalisés concernent la base du remblai qui sera inaccessible par la suite.

Recommandations	Sources
Constituer une équipe pour la construction initiale et la mise en service qui inclut des contributeurs de l'équipe de conception ou est en lien direct avec l'équipe de conception.	[3], [5], [10], [11], [20], [22] [24]
Consigner les rapports de travaux et les plans de construction initiale pendant toute la durée de l'exploitation, voire d'abandon. Il est important d'inclure les modifications par rapport au projet d'origine sur les plans.	[3], [5], [9], [10], [11], [25], [23]
Etablir un rapport de mise en service.	[3], [20]
Porter une grande attention à la construction des conduits hydrauliques traversant le remblai de l'ouvrage de rétention (Ouvrages d'évacuation du surnageant ou de dérivation).	[11], [14], [17]

Tableau 3 : Synthèse des recommandations organisationnelles concernant la phase de construction initiale et de mise en service.

4.3 EXPLOITATION, CONSTRUCTION INTERMEDIAIRE

L'exploitation se traduit par le remplissage progressif de la retenue par les résidus et des périodes de construction intermédiaires pour surélever le remblai. A la limite, l'élévation des remblais peut être quasiment continue, en parallèle de l'exploitation. Le déversement des résidus et l'élévation du remblai sont des opérations importantes pour la stabilité de l'ouvrage de rétention.

Recommandations	Sources
Constituer une équipe d'exploitation, avec un responsable et des contributeurs qualifiés. Un contributeur peut être spécifiquement chargé de la sécurité.	[3], [5], [6], [9], [18], [20]
Rédiger un manuel d'exploitation abordant notamment les procédures suivantes : <ul style="list-style-type: none">▪ le déversement des résidus ;▪ la gestion des eaux ;▪ la surveillance ;▪ la maintenance ;▪ la réponse aux situations d'urgence.	[3], [5], [6], [9], [10], [11], [18], [20], [21], [23], [24]
Exploiter selon les contraintes d'exploitation précisées dans le rapport de conception, notamment concernant les cadences maximales de remplissage et d'élévation. Consigner les informations principales et les dysfonctionnements dans un journal d'exploitation.	[3], [5], [6], [9], [10], [11], [15], [17], [20], [21], [23], [27]

Recommandations	Sources
<p>Documenter les procédures de surveillance. La surveillance est graduée depuis l'inspection visuelle journalière aux audits complets espacés de plusieurs années. Les procédures de surveillance intègrent la consultation de l'équipe de conception ou d'autres spécialistes. Il est également nécessaire de définir les événements particuliers déclenchant une action de surveillance spécifique (activité sismique, événement météorologique, étape de construction intermédiaire en cours, malveillance etc). Les incidents et situations dangereuses doivent être consignés.</p>	[3], [5], [6], [9], [10], [11], [15], [16], [17], [18], [20], [21], [22], [24], [25], [26]
<p>Documenter les procédures de maintenance. Les procédures prennent en compte la criticité des composants. La maintenance corrective est déconseillée au bénéfice de la maintenance préventive et plus particulièrement au bénéfice de la maintenance conditionnelle après inspection.</p>	[3], [5], [6], [9], [10], [11], [17], [20], [25]
<p>Constituer une équipe pour la construction intermédiaire (il s'agit le plus souvent de l'équipe d'exploitation). Les procédures de construction intermédiaires intègrent la consultation de l'équipe de conception ou d'autres spécialistes. En particulier, les modifications éventuelles du mode de construction doivent être validées par l'équipe de conception ou d'autres spécialistes.</p>	[5], [20], [24]
<p>Consigner les rapports de travaux et les plans de construction pendant toute la durée de l'exploitation, voire d'abandon. Il est important d'inclure les modifications par rapport au projet d'origine sur les plans.</p>	[3], [5], [9], [10], [11], [23], [25]
<p>Mettre à jour les plans d'arrêt d'exploitation et d'abandon, en fonction des nouvelles informations collectées lors de l'exploitation.</p>	[3], [5], [9], [20]

Tableau 4 : Synthèse des recommandations organisationnelles concernant la phase d'exploitation et de construction intermédiaire.

4.4 ARRET DE L'EXPLOITATION ET ABANDON

L'arrêt de l'exploitation puis la gestion de l'ouvrage de rétention industriel sur des périodes de temps bien plus grandes que la période d'exploitation constituent une phase très importante du cycle de vie des ouvrages de rétention industriels.

Recommandations	Sources
<p><i>L'arrêt effectif de l'exploitation est réalisé selon la version définitive du plan d'arrêt de l'exploitation, avec notamment pour objectif de confirmer la stabilité de l'ouvrage de rétention. Il doit faire l'objet d'un document rédigé par des personnes qualifiées.</i></p>	[3], [5], [9], [11], [17], [22], [23], [24]
<p>Le plan d'abandon, qui décrit et dimensionne la surveillance et la maintenance à mettre en place pour maintenir un niveau de risque acceptable, est finalisé et mis en place. Ce plan définit également les conditions d'arrêt du dispositif de surveillance, les responsabilités, détermine le contrôle de l'accès au site. Les actions de surveillance et de maintenance sont consignées.</p>	[1], [3], [5], [9], [10], [11], [15], [17], [20], [23], [24]
<p>Maintenir la performance des dispositifs de gestion du niveau d'eau après l'arrêt de l'exploitation, notamment en maintenant ou en modifiant les ouvrages d'évacuation du surnageant existants et en maintenant les ouvrages de dérivation existants.</p>	[1], [3], [9], [10], [14], [15], [17], [18], [20]

Tableau 5 : Synthèse des recommandations organisationnelles concernant la phase d'arrêt d'exploitation et d'abandon.

5. RECOMMANDATIONS TECHNIQUES

Les recommandations techniques synthétisées dans ce chapitre sont focalisées sur les points importants du point de vue de la stabilité de l'ouvrage de rétention industriel. Le phénomène dangereux redouté est la libération des résidus qui est à mettre en parallèle à la perte de confinement des dispositifs courants de stockage industriel¹².

En première approche, il est tentant de classer les recommandations techniques par cause de rupture. Le bulletin 121 de la Commission Internationale des Grands Barrages intitulé « *Tailings Dams. Risk of dangerous occurrences. Lessons learnt from practical experiences* »⁴ propose ainsi une analyse de plusieurs incidents et ruptures. En pratique, cette classification n'est pas forcément évidente, car les ruptures résultent souvent de la conjonction de plusieurs phénomènes, avec éventuellement un élément déclencheur bien identifié comme par exemple un séisme.

La deuxième approche consiste à classer les recommandations techniques selon les composants de l'ouvrage de rétention industriel. Il s'agit de différencier les recommandations concernant le remblai, le sol de fondation et les équipements de maîtrise du niveau d'eau dans la retenue.

En définitive, il a été retenu une approche mixte permettant de structurer les recommandations techniques selon quatre points techniques :

- le remblai et le dépôt de résidus adjacent, pour lesquels les caractéristiques peuvent être maîtrisées lors de la construction ;
- le sol de fondation, qui est une caractéristique du site qu'il faut bien prendre en compte lors de la conception ;
- la gestion du niveau d'eau dans la retenue ;
- le séisme.

5.1 REMBLAI ET DEPOT DE RESIDUS

Les principales recommandations techniques sur l'édification du remblai et sur le déversement des résidus sont synthétisées dans le Tableau 6.

Recommandations	Sources
Compacter correctement les remblais de surélévation.	[9], [11], [15], [16], [20], [25]
La méthode amont, et dans une moindre mesure la méthode centrale, impliquent que la plage de déversement des résidus forme une fondation correcte pour les élévations suivantes du remblai.	[1], [2], [9], [10], [11], [15], [17], [20], [25], [26]

¹² Il est intéressant de préciser que les recommandations concernant la limitation des pollutions peuvent parfois aller à l'encontre des recommandations sur la stabilité. Le cas le plus illustratif est la recommandation de stocker les résidus sous une lame d'eau permanente, ce qui empêche l'oxydation et l'érosion éolienne des résidus, mais maintient la ligne de saturation dans le corps de l'ouvrage de rétention à un niveau plus haut, réduisant ainsi le coefficient de sécurité global de l'ouvrage vis-à-vis de la stabilité.

Recommandations	Sources
Vérifier la stabilité et estimer les tassements du remblai lors du dimensionnement, en prenant en compte des coefficients de sécurité.	[1], [2], [9], [10], [15], [20]
Déterminer le plus précisément possible la position théorique de la ligne de saturation pour les calculs de stabilité.	[1], [2], [10], [11], [12], [20]
Adapter les méthodes de calcul au comportement des matériaux de construction et des conditions climatiques (comportement drainé, non drainé, sols contractant ou dilatant, gel).	[1], [14], [15], [17]
Maîtriser la ligne de saturation afin qu'elle n'émerge pas du remblai et soit aussi éloignée que possible du parement aval.	[1], [2], [10], [12], [14], [15], [16], [17], [18]
La maîtrise de la position de la ligne de saturation est assurée par la création d'une zone de faible perméabilité en partie amont pour réduire la vitesse des écoulements et par la création d'une zone de plus forte perméabilité en aval pour favoriser les écoulements. Les éléments importants pour cette différenciation sont la méthode de déversement adoptée, les systèmes de drainage et d'étanchéité mis en place dans le remblai.	[1], [2], [9], [10], [11], [14], [16], [17], [20], [25]
Dans le cas de la méthode amont, le remblai d'amorce sera le remblai de pied et doit donc être drainant. Il faut contrôler le déversement juste derrière le remblai d'amorce avec soin. Dans le cas des méthodes aval ou centrale, un nouveau remblai de pied est construit à chaque fois. Chaque nouveau remblai de pied doit être drainant.	[1], [10], [11], [16], [17]
Il est nécessaire d'empêcher la migration des fines dans les drains par des filtres pour maintenir la capacité des drains et prévenir la formation de chenaux préférentiels d'érosion interne. En particulier, il faut faire attention avant et pendant les premiers déversements de résidus sur les drains.	[1], [2], [3], [9], [10], [12], [17], [20]
La maîtrise de la position de la ligne de saturation passe également par le maintien d'une certaine distance entre la crête du remblai et la zone de sédimentation. Cette distance dépend du niveau d'eau dans la retenue (voir paragraphe gestion du niveau d'eau).	[1], [2], [3], [9], [10], [11], [12], [14], [15], [16], [17], [18], [20], [25], [26]
L'utilisation de la méthode amont nécessite un excellent système de gestion de la ligne de saturation.	[1], [2], [9], [12], [17]
Ne pas monter trop rapidement le remblai pour éviter l'augmentation des pressions interstitielles, en particulier pour les méthodes amont et centrale.	[1], [2], [3], [14], [20]
L'instrumentation du remblai doit permettre de suivre le niveau de la ligne de saturation, les pressions interstitielles, les débits de fuite, les déformations horizontales et verticales, la résistance au cisaillement in situ et la largeur de la plage de déversement (voir annexe F). La performance de l'étanchéité et du système de drainage doit être évaluée.	[1], [2], [9], [10], [11], [15], [16], [17], [20], [26]
Réaliser des risbermes et des tranchées sur le talus aval pour lutter contre l'érosion externe du remblai.	[15]

Tableau 6 : Synthèse des recommandations techniques concernant le remblai et le dépôt de résidus.

5.2 SOL DE FONDATION

Les principales recommandations techniques sur les fondations sont synthétisées dans le Tableau 7 (voir également Annexe G).

Recommandations	Sources
Etudier la stabilité et la consolidation du sol de fondation sous le poids du remblai.	[1], [2], [9], [10], [17], [20]
Etudier l'augmentation de la pression interstitielle dans le cas de sols de fondation imperméables, ou de sols perméables rendus imperméables pour le contrôle des percolations d'effluents.	[1], [2], [10], [12], [17], [20]
Etudier la susceptibilité à l'érosion interne dans le cas de sols de fondation perméables.	[2], [10]
Etudier les dégradations du sol de fondation sous l'action chimique de l'eau ou des effluents (gypse, schistes, calcaire etc).	[10]
Préparer le sol de fondation en enlevant la végétation.	[9], [10]
L'instrumentation doit permettre de connaître les écoulements réels à travers la fondation, la pression interstitielle et les mouvements de la fondation.	[2], [9], [10], [11], [16], [17], [20]

Tableau 7 : Synthèse des recommandations techniques concernant le sol de fondation.

5.3 GESTION DU NIVEAU D'EAU DANS LA RETENUE

La gestion du niveau d'eau dans la retenue est nécessaire pour assurer la stabilité du remblai. Cette condition, valable en régime normal, est d'autant plus importante lors d'évènements météorologiques extrêmes. La gestion du niveau d'eau est le composant qui s'apparente le plus au concept de barrière technique de sécurité des installations industrielles. Les principales recommandations techniques sur la gestion du niveau d'eau dans la retenue sont synthétisées dans le Tableau 8.

Recommandations	Sources
Réaliser un bilan hydrologique au niveau de l'ouvrage de rétention industriel prenant en compte les évènements météorologiques de période de retour supérieure à la durée de vie programmée de l'ouvrage. Ne pas oublier la neige et notamment les phénomènes de fonte rapide et d'avalanche.	[1], [2], [9], [10], [11], [14], [15], [26]
La gestion du niveau d'eau dans la retenue est plus aisée pour les ouvrages de rétention annulaires qui n'ont pas à tenir compte d'un bassin versant autre que la surface de la retenue créée, contrairement aux ouvrages de rétention en barrage de vallée.	[1], [2], [17]
Minimiser le bassin versant des ouvrages de rétention en barrage de vallée ou modifier le temps de concentration naturel du bassin. Positionner l'ouvrage de rétention le plus en amont possible, utiliser des ouvrages de dérivation, construire des barrages tampons en amont pour gérer les volumes d'eau entrant dans le réservoir. Il est également préférable de ne pas implanter l'ouvrage de rétention dans la vallée d'une rivière trop importante.	[1], [2], [9], [10], [11], [14], [15], [20], [22], [26]

Recommandations	Sources
Gérer le niveau d'eau local par des ouvrages d'évacuation du surnageant ou des moyens de pompage, et une revanche suffisante, qui aura également une fonction vis-à-vis des vagues.	[1], [2], [3], [9], [10], [11], [14], [15], [17], [18], [20], [26]
Prévoir une redondance au niveau des ouvrages d'évacuation du surnageant et des moyens de pompage.	[9], [14]

Tableau 8 : Synthèse des recommandations techniques concernant la gestion du niveau d'eau dans la retenue.

5.4 SEISME

Le séisme est un élément déclencheur d'instabilité pour les ouvrages de rétention industriels, en particulier pour ceux construits avec la méthode amont. Les principales recommandations techniques concernant la prise en compte du séisme sont synthétisées dans le Tableau 9.

Recommandations	Sources
Réaliser un calcul sismique avec un cas de charge correspondant à la sismicité locale, pour le sol de fondation et le remblai. L'utilisation des méthodes de détermination de l'aléa sismique (historique, probabiliste, déterministe) doit prendre en compte les méthodes les plus récentes et les contraintes administratives.	[1], [2], [10], [11], [13], [15], [17], [25]
Eviter de construire directement sur une faille, pour ne pas avoir à prendre en compte des déplacements, mais uniquement les sollicitations sismiques.	[1]
La méthode amont est déconseillée dans les zones sismiques au bénéfice de la méthode aval. La méthode centrale peut convenir pour les zones faiblement sismiques.	[1], [2], [9], [10], [11], [13], [17], [18], [20]
Il est important de maintenir la ligne de saturation à un niveau bas.	[1], [2], [10], [11], [12], [13], [16], [20]
Pour diminuer la sensibilité du matériau de remblai au séisme, il est conseillé de le compacter de manière optimale.	[1], [2], [10], [13], [16], [17], [20], [25]
Après l'arrêt de l'exploitation, il faut veiller à ce que la saturation du dépôt soit bien au plus bas.	[1], [10], [13], [17]
Dans les zones de forte sismicité et pour les ouvrages importants, il est recommandé de mettre en place une instrumentation adaptée, comportant notamment des sismographes, en plus des dispositifs de mesures du niveau de la ligne de saturation, des pressions interstitielles dans les fondations, de la densité en place.	[11], [13], [16]

Tableau 9 : Synthèse des recommandations techniques concernant la prise en compte des séismes.

6. RECOMMANDATIONS OPERATIONNELLES : CLES DE RECHERCHE

Les recommandations opérationnelles ont pour but de faciliter et de guider la mise en œuvre effective par les différents contributeurs des concepts organisationnels et techniques listés dans les chapitres précédents. Elles ont donc pour objectif de répondre à des questions pratiques et précises qui se posent dans les situations concrètes, comme :

- la définition des classes d'importance des ouvrages de rétention industriels ;
- la définition des coefficients de sécurité pour la stabilité en service ;
- la définition de l'aléa inondation de référence ;
- la définition de la revanche minimum à respecter ;
- la définition de l'aléa sismique de référence ;
- la rédaction du manuel d'exploitation et de maintenance ;
- la définition des fréquences des inspections/audits ;
- la définition des événements déclencheurs d'inspection ;
- la qualification requise des concepteurs ;
- les travaux de réhabilitation en situation dégradée ;
- la rédaction du plan d'abandon.

La liste proposée n'est pas exhaustive, car l'application concrète des recommandations pour chacune des grandes thématiques évoquées dans les chapitres précédents (phases de vie et points techniques importants pour la stabilité) fait ressortir de nombreuses questions pratiques. Par conséquent, les clés de recherche qui sont proposées dans ce chapitre n'ont pas pour objectif de référencer précisément les réponses à des questions pratiques, mais plus globalement d'indiquer quelles sont les meilleures références qui traitent une thématique particulière de manière opérationnelle. En ce sens, les clés de recherche se basent sur une notation à trois niveaux des différents documents selon leur intérêt pour chaque thématique. Une note maximale ne reflète donc pas forcément le fait qu'un document traite de l'intégralité d'une thématique, mais qu'il est susceptible de contenir des réponses pertinentes à une ou plusieurs questions pratiques relatives à cette thématique.

Il est important de préciser que c'est principalement à ce niveau de recommandations que le côté organisationnel et le côté technique s'imbriquent. Par exemple, la définition du programme d'inspection dans son ensemble requiert à la fois des compétences organisationnelles et techniques. Les clés de recherche ont néanmoins été construites séparément pour respecter la logique des chapitres précédents.

6.1 ORGANISATION

La clé de recherche spécifique à l'organisation est donnée au Tableau 10.

Organisation				
Référence	Conception	Construction initiale Mise en service	Exploitation Construction intermédiaire	Arrêt de l'exploitation Abandon
1	+			
2				
3	++	+	+++	+
4				
5	+	+	+	+
6		+	+++	
7				
8				
9	++	++	+++	++
10	+		+	
11	++	+	+++	+
12				
13				
14				
15				
16		+	+	
17	++			++
18				
19				
20	+	+	+	+
21			+++	
22	+	+	+	+
23	++	+	++	+
24	+	+	+	+
25	+			
26				
27				

Tableau 10 : Clé de recherche des recommandations opérationnelles sur l'organisation.

6.2 TECHNIQUE

La clé de recherche spécifique aux éléments techniques est donnée au Tableau 11.

Eléments techniques				
Référence	Remblai et dépôt de résidus	Sol de fondation	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	Séisme
1	+++	+	++	++
2	+		+	+
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9	+	+	+	
10	++	++	++	+
11	+	+	++	+
12	+++	+		
13				++
14	+++		+++	
15	+		+	
16	+++		+	++
17	+++	++	++	+
18	+			
19				
20	+			
21				
22				
23				
24				
25				
26			+	
27				

Tableau 11 : Clé de recherche des recommandations opérationnelles sur les éléments techniques.

7. CONCLUSION

Les ouvrages de rétention industriels, et en particulier ceux construits pour l'industrie minière, sont des ouvrages géotechniques et hydrauliques dont la rupture peut se traduire par des catastrophes humaines et écologiques.

L'étude bibliographique réalisée sur les guides de bonnes pratiques existants a montré une évolution chronologique des thématiques abordées. D'abord orientées vers les aspects techniques relatifs à l'ouvrage, les recommandations se sont ensuite focalisées sur l'organisation à mettre en place pour garantir la diffusion des connaissances et l'application des règles de l'art par les exploitants.

Les principales recommandations organisationnelles et techniques, largement partagées par les auteurs, ont été sélectionnées et synthétisées. Du point de vue de l'INERIS, les meilleurs guides de recommandations organisationnelles, intégrant à la fois une simplicité de lecture et l'exhaustivité des thématiques sont les références suivantes :

- *Mine Residue. Code of practice.* [3] ;
- *Reference document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities.* [9], partie 5 ;
- *A guide to the management of tailings facilities* [5].

Les meilleurs guides de recommandations techniques, intégrant à la fois une simplicité de lecture et une exhaustivité des thématiques sont les références suivantes :

- *Design and evaluation of tailings dams. Technical Report.* [2] ;
- *Manuel des barrages et dépôts des stériles. Bulletin 45.* [10] ;
- *Guide des barrages et retenues de stériles. Conception, construction, exploitation et réhabilitation. Bulletin 106.* [17].

Etant donné la multiplicité des thématiques abordées lors de la conception des ouvrages de rétention industriels, il n'a pas été possible de réaliser un benchmark exhaustif des recommandations opérationnelles présentes dans les différents guides. Des clés de recherche ont néanmoins été fournies pour savoir quel document de référence est susceptible de contenir l'information recherchée sur une thématique précise. Du point de vue de l'INERIS, les meilleurs guides de recommandations opérationnelles sont les suivants :

- *Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams.* [1] ;
- *La collection de bulletins de la Commission Internationale des Grands Barrages, constituée des références [17] et [12, 13, 14, 16] ;*
- *Developing an Operation, Maintenance and Surveillance Manual for Tailings and Water Management Facilities.* [6] ;
- *Guidelines on the development of an operating manual for tailings storage.* [21].

8. GLOSSAIRE

- Bassin versant de l'ouvrage de rétention : *surface de terrain naturel sur laquelle toutes les précipitations météorologiques qui tombent aboutissent dans la retenue.*
- Compactage : *densification d'un matériau granulaire par des procédés mécaniques.*
- Consolidation : *tassement progressif d'un matériau granulaire sous l'effet d'une charge, suite à la dissipation des pressions interstitielles par départ d'eau.*
- Drainage : *collecte et évacuation des eaux souterraines circulant ou présentes dans les ouvrages géotechniques.*
- Etanchéité : *isolation d'un ouvrage géotechnique des eaux souterraines.*
- Ligne de saturation : *tracé de la surface piézométrique au sein du remblai.*
- Ouvrage de dérivation : *canal ou conduit permettant de dévier un cours d'eau de la retenue formée par l'ouvrage de rétention.*
- Ouvrage d'évacuation du surnageant : *conduit permettant l'évacuation de l'eau hors de la retenue formée par l'ouvrage de rétention, après sédimentation des résidus.*
- Perméabilité : *capacité d'un matériau à laisser passer un fluide.*
- Plage de déversement : *dépôt émergé résultant du déversement hydraulique des résidus dans la retenue formée par l'ouvrage de rétention.*
- Revanche : *différence entre la crête de l'ouvrage de rétention et le niveau dans le réservoir.*
- Risberme : *plate-forme réalisée au sein d'un remblai taluté de grande hauteur facilitant la gestion des eaux de ruissellement et permettant l'accès et les interventions sur le parement.*
- Temps de concentration : *maximum de durée nécessaire à l'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin versant et la retenue de l'ouvrage de rétention.*
- Thixotropique : *qualifie un matériau qui a la particularité de pouvoir passer de l'état liquide à solide et inversement dans certaines conditions de sollicitation.*

9. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe A	Fiches descriptives des documents de référence sélectionnés	54 A4
Annexe B	Références croisées des documents sélectionnés	1 A4
Annexe C	Brèves descriptions des principales ruptures d'ouvrages de rétention industriels évoquées dans les documents sélectionnés	1 A4
Annexe D	Exemples de classification des ouvrages de rétention industriels, extraits des différentes références	4 A4
Annexe E	Comparatifs synthétiques des différentes méthodes de conception des ouvrages de rétention industriels extraits des différentes références	3 A4
Annexe F	Tableau synthétique des paramètres à suivre pendant l'exploitation et après abandon du site	2 A4
Annexe G	Recommandations sur la prise en compte du sol de fondation	1 A4

ANNEXE A

Fiches descriptives des documents de référence sélectionnés

Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams

Référence
INERIS
[1]

Auteur(s) : Steven G.Vick

Référence(s) : ISBN 0-921095-12-0

Date d'édition : 1983, 1990

Disponibilité : Payant, version papier vendue sur Internet

Langue : anglais français autre :

Nombre de pages : (< 20) (20 - 60) (60 - 120) (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- ouvrages de rétention rejet en mer ou en rivière
 dépôts secs comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert
 solutions mixtes

Contenu du document :

- information technique recommandations organisationnelles
 information normative recommandations techniques
 information réglementaire ou législative recommandations opérationnelles
 études de cas

Spécificités du document, et destinataires :

Ce guide technique, très opérationnel, est destiné aux ingénieurs en charge de la conception des ouvrages de rétention miniers. Il aborde les quatre thèmes techniques majeurs en termes de sécurité et inclut également des recommandations concernant le choix du site et du type d'ouvrage. Il aborde de manière très intéressante et très utile la caractérisation mécanique des résidus en fonction du minerai exploité et des techniques de traitement utilisées, et donne des orientations quant au choix des matériaux sur place pour la construction. Ce document inclut des conseils techniques sur les méthodes de dimensionnement existantes, que ce soit dans le cas de sollicitations statiques ou dynamiques. Ce document n'aborde pas l'instrumentation à mettre en place pour le contrôle.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	+	Remblai et dépôt de résidus	+++
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	+
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	++
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	++

Structure du document

PREFACE / ACKNOWLEDGMENTS

1. NATURE AND PRODUCTION OF TAILINGS

Mineral processing
Tailings handling and mill water return
Tailings phase relationships
Types of tailings
Nature of liquid tailings effluents
Summary

2. ENGINEERING BEHAVIOR OF TAILINGS

Depositional characteristics
Density
Engineering properties
Summary

3. TAILINGS DISPOSAL METHODS

Surface impoundments
Underground disposal
Other disposal methods
Summary of disposal methods

4. CONTROL OF WATER IN SURFACE IMPOUNDMENTS

Handling of normal water inflows
Flood handling
Summary

5. SURFACE IMPOUNDMENT SITING AND LAYOUT

Siting considerations
Impoundment layout
Optimization of impoundment layout

6. EVALUATION OF TAILINGS DISPOSAL ALTERNATIVES

Evaluation methodology
Matrix evaluation procedures
Summary

7. TAILINGS EMBANKMENT DESIGN

Control of phreatic surface
Filter requirements
Materials selection
Influence of foundation conditions
Design in cold regions
Summary

8. STABILITY ANALYSIS OF TAILINGS EMBANKMENTS

Phreatic surface determination
Available phreatic surface solutions
Slope stability
Summary

9. SEISMICITY AND SEISMIC STABILITY ANALYSIS

Seismicity
Seismic stability analysis
Summary

10. ANALYSIS OF SEEPAGE AND CONTAMINANT TRANSPORT

Objectives of seepage evaluations
Overview of seepage impacts
Investigation methods
Methods for evaluating seepage quantities and impacts
Summary of seepage evaluation

11. SEEPAGE CONTROL METHODS

Objectives of seepage control
Seepage barriers
Seepage return systems
Liners
Effluent modification
Summary

12. RECLAMATION OF TAILINGS IMPOUNDMENTS

Purposes of reclamation
Stabilization methods
Tailings revegetation
Summary

REFERENCES / INDEX

Auteur(s) : United States Environmental Protection Agency	
Référence(s) : EPA 530-R-94-038 NTIS PB94-201845	Date d'édition : Août 1994
Disponibilité : Gratuit, téléchargeable sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input type="checkbox"/> (20 - 60) <input checked="" type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document, à destination des agents de l'administration et du grand public, couvre les principaux sujets techniques relatifs aux ouvrages de rétention miniers. Il comprend à la fois des informations de base sur des sujets variés (hydraulique / géotechnique / pollution) et les recommandations techniques correspondantes, notamment sur les aspects relatifs à la sécurité. Les thématiques sont peu approfondies et peu de recommandations sont d'un niveau opérationnel mais le document cite des sources complémentaires. En particulier, ce document est fortement basé sur le document référencé [1].

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception		Remblai et dépôt de résidus	+
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	+
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	+

Structure du document

1. INTRODUCTION

2. OVERVIEW OF TAILINGS DISPOSAL

- 2.1 Methods for Tailings Disposal
- 2.2 Types of Impoundments

3. TAILINGS IMPOUNDMENT DESIGN

- 3.1 Basic Design Concepts
- 3.2 Design Variables

4. EMBANKMENT CONSTRUCTION, STABILITY, AND FAILURE

- 4.1 Embankment Construction
- 4.2 Construction Methods
- 4.3 Tailings Deposition
- 4.4 Stability Analysis
- 4.5 Failure Modes
- 4.6 Performance Monitoring

5. WATER CONTROL AND MANAGEMENT

- 5.1 Surface Water
- 5.2 Tailings Seepage
- 5.3 Tailings Water Treatment

6. CASE STUDY: STILLWATER MINING COMPANY TAILINGS IMPOUNDMENT

- 6.1 Site Evaluation, Field Exploration and Laboratory Tests
- 6.2 Office Evaluations
- 6.3 Tailings Impoundment Design

7. REFERENCES

Mine Residue. Code of practice.

Référence
INERIS
[3]

Auteur(s) : The South African Bureau of Standards	
Référence(s) : SABS 0286:1998 ISBN 0-626-11700-3	Date d'édition : Septembre 1998
Disponibilité : Payant, version électronique vendue sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input checked="" type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input checked="" type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input checked="" type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input checked="" type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input checked="" type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Cette norme, à destination des dirigeants de sociétés minières, décrit l'organisation à mettre en place pour assurer la gestion d'un dispositif de stockage de déchets miniers selon les principes du développement durable. Ce document est très complet concernant les recommandations organisationnelles, notamment sur les documents essentiels à rédiger pour chaque phase du cycle de vie du dépôt et leur contenu. La norme propose également un système de classification des ouvrages en termes de dangerosité utilisé pour graduer les recommandations organisationnelles. L'annexe E répertorie des outils opérationnels génériques pour l'application de la norme au niveau de l'exploitation. L'annexe C compile des bonnes pratiques constructives.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	++	Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service	+	Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire	+++	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon	+	Séisme	

Structure du document

<p>NOTICE / FOREWORD / COMMITTEE</p> <p>1. SCOPE</p> <p>2. NORMATIVE REFERENCES</p> <p>3. DEFINITIONS AND ABBREVIATIONS</p> <p>3.1 Definitions</p> <p>3.2 Abbreviations</p> <p>4. OVERALL AIMS AND PRINCIPLES OF MINE RESIDUE DISPOSAL</p> <p>4.1 Scope</p> <p>4.2 Aims of residue disposal</p> <p>4.3 Principles of mine residue disposal</p> <p>4.4 Minimum requirements</p> <p>5. LEGAL FRAMEWORK AND OBLIGATIONS</p> <p>5.1 General</p> <p>5.2 Life cycle obligations</p> <p>5.3 Financial provision</p> <p>5.4 Tabulated legislative references</p> <p>6. MANAGEMENT</p> <p>6.1 General</p> <p>6.2 Objectives</p> <p>6.3 Principles</p> <p>6.4 Minimum requirements</p> <p>6.5 Guidance notes</p> <p>7. SAFETY CLASSIFICATION AND ENVIRONMENTAL CLASSIFICATION</p> <p>7.1 General</p> <p>7.2 Aims</p> <p>7.3 Principles</p> <p>7.4 Minimum requirements</p> <p>8. CONCEPTUALIZATION, PLANNING AND SITE SELECTION</p> <p>8.1 General</p> <p>8.2 Aims</p> <p>8.3 Principles</p> <p>8.4 Minimum requirements</p> <p>9. INVESTIGATIONS AND RESIDUE CHARACTERIZATION</p> <p>9.1 General</p> <p>9.2 Aims</p> <p>9.3 Principles</p> <p>9.4 Minimum requirements</p>	<p>10. DESIGN</p> <p>10.1 General</p> <p>10.2 Aims</p> <p>10.3 Principles</p> <p>10.4 Minimum requirements</p> <p>11. CONSTRUCTION, COMMISSIONING AND OPERATION</p> <p>11.1 General</p> <p>11.2 Aims</p> <p>11.3 Principles</p> <p>11.4 Minimum requirements</p> <p>12. DECOMMISSIONING AND AFTERCARE</p> <p>12.1 General</p> <p>12.2 Aims</p> <p>12.3 Principles</p> <p>12.4 Minimum requirements</p> <p>ANNEXES</p> <p>A Safety classification</p> <p>B Environmental classification</p> <p>C Construction and operation</p> <p>D Guidance on decommissioning and aftercare</p> <p>E Generic guidelines and examples</p> <p>F Legislation and extracts from various Acts</p> <p>G Bibliography</p>
---	--

Guideline for the Compilation of a Mandatory Code of Practice on Mine Residue Deposits.	Référence INERIS [4]
---	----------------------------

Auteur(s) : South Africa - Department of Minerals and Energy	
Référence(s) :	Date d'édition : 2000
Disponibilité : CE DOCUMENT N'A PAS ETE CONSULTE DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE	
Langue : <input type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

<input type="checkbox"/> ouvrages de rétention	<input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière
<input type="checkbox"/> dépôts secs	<input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert
<input type="checkbox"/> solutions mixtes	

Contenu du document :

<input type="checkbox"/> information technique	<input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles
<input type="checkbox"/> information normative	<input type="checkbox"/> recommandations techniques
<input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative	<input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles
<input type="checkbox"/> études de cas	

Spécificités du document, et destinataires :

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception		Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	

Structure du document

Structure du document	

A Guide to the Management of Tailings Facilities

Référence
INERIS
[5]

Auteur(s) : The Mining Association of Canada

Référence(s) :

Date d'édition : Septembre 1998

Disponibilité : Gratuit, téléchargeable sur Internet

Langue : anglais français autre :

Nombre de pages : (< 20) (20 - 60) (60 - 120) (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- ouvrages de rétention rejet en mer ou en rivière
 dépôts secs comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert
 solutions mixtes

Contenu du document :

- information technique recommandations organisationnelles
 information normative recommandations techniques
 information réglementaire ou législative recommandations opérationnelles
 études de cas

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document, destiné aux dirigeants de sociétés minières, contient des recommandations sur l'élaboration d'une politique de gestion à mettre en place dans le cadre du développement durable, à chaque phase du cycle de vie d'un dispositif de stockage de déchets miniers. Très tourné vers l'implémentation de cette politique dans l'organisation, ce document propose une série de checklists vierges, à remplir par l'exploitant, qui constitue une collection complète de recommandations organisationnelles. Des recommandations opérationnelles sont données en annexe.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	+	Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service	+	Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire	+	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon	+	Séisme	

Structure du document

1. INTRODUCTION

Scope and Applicability

2. A FRAMEWORK TO MANAGE TAILINGS

Policy and Commitment

Planning

Implementing the Plan

Checking and Corrective Action

Management Review for Continual Improvement

3. MANAGING THROUGH THE LIFE CYCLE OF A TAILINGS FACILITY

4. IMPLEMENTING THE FRAMEWORK

CHECKLISTS

5. SITE SELECTION AND DESIGN OF A TAILINGS FACILITY

6. CONSTRUCTION OF A TAILINGS FACILITY

7. OPERATING A TAILINGS FACILITY

8. DECOMMISSIONING AND CLOSING A TAILINGS FACILITY

9. TECHNICAL CONSIDERATIONS

A Environmental Baseline

B Mill Tailings Characteristics

C Tailings Facility Studies and Plans

D Dam and Appurtenant Structures Design

E Control and Monitoring

10. GLOSSARY

11 , THE MINING ASSOCIATION OF CANADA
ENVIRONMENTAL POLICY

12 , THE MINING ASSOCIATION OF CANADA
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT FRAMEWORK

*Developing an Operation, Maintenance and Surveillance Manual
for Tailings and Water Management Facilities*

Référence
INERIS
[6]

Auteur(s) : The Mining Association of Canada	
Référence(s) : ISBN 0-921108-26-5	Date d'édition : 2003
Disponibilité : Gratuit, téléchargeable sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input checked="" type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document, à destination des responsables d'exploitation de sites miniers, donne des recommandations pour l'élaboration d'un manuel opérationnel en lien avec une politique de gestion des ouvrages de stockage de déchets miniers selon les principes du développement durable.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception		Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service	+	Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire	+++	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	

Structure du document

1. INTRODUCTION

2. PREPARING AN OMS MANUAL

OMS Manual Development Team
Objective of an OMS Manual
Resources and Scheduling
OMS Manual Control and Update

3. ROLES AND RESPONSABILITIES

Organization, Structure, Individual Responsibilities
Competency and Training
Managing Change

4. FACILITY DESCRIPTION

Facility Overview
Site Conditions
Facility Components
Regulatory Requirements
Basis of Design and Design Criteria
Construction History
Document Control

5. OPERATION

Objective
Tailings Transport and Deposition
Dam and Basin Raising
Water Management
Environmental Protection
Safety and Security
Documentation
Reporting

6. MAINTENANCE

Objective
Maintenance Parameters
Routine and Predictive Maintenance
Event-Driven Maintenance
Documentation
Reporting

7. SURVEILLANCE

Objective
Surveillance Parameters
Surveillance Procedures
Documentation
Reporting

8. EMERGENCY PLANNING AND RESPONSE

APPENDIX - MAC TOWARDS SUSTAINABLE MINING DRAFT
GUIDING PRINCIPLES

Mining for the future
Appendix A : Large volume waste working paper

Référence
INERIS
[7]

Auteur(s) : International Institute for Environment and Development World Business Council for Sustainable Development	
Référence(s) : N°31	Date d'édition : Avril 2002
Disponibilité : Gratuit, téléchargeable sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input checked="" type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input checked="" type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input checked="" type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input checked="" type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document est principalement informatif et est destiné à un large public. Il décrit les différents dispositifs de gestion des déchets miniers, et à travers l'analyse des différents risques liés à chaque stockage, donne quelques recommandations sur le choix d'un dispositif. Pour chaque dispositif, le document renvoie utilement vers d'autres sources pour approfondir les points techniques.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception		Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	

Structure du document

1. WASTE DISPOSAL OPTIONS

- 1.1 Initial Considerations
- 1.2 Location and Facility Siting

2. LAND DISPOSAL

- 2.1 Overburden and Waste Rock Disposal
- 2.2 Heap Leach Spent Ore
- 2.3 Tailings Storage Facilities
- 2.4 Co-disposal of Mine Wastes
- 2.5 Thickened Tailings and Paste
- 2.6 Backfill
- 2.7 Physical Stability
- 2.8 Dust Control
- 2.9 Chemical Stability

3. RIVERINE DISPOSAL

- 3.1 Criteria for Selection of Riverine Disposal
- 3.2 Environmental Impacts
- 3.3 Treatment and Rehabilitation
- 3.4 Socio-economic Impacts of Riverine Disposal
- 3.5 Mining Benefits and Compensation
- 3.6 Risk Assessment

4. MARINE DISPOSAL

- 4.1 The Marine Environment
- 4.2 Shoreline and Surface Water Disposal
- 4.3 Shallow Water Disposal
- 4.4 Deep Sea Tailings Disposal
- 4.5 Engineering Considerations
- 4.6 Risks and Concerns
- 4.7 Shallow Water and Deep Sea Tailings Disposal versus Land disposal
- 4.8 Legislation
- 4.9 End Use

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

REFERENCES

Case studies on tailings management

Référence
INERIS
[8]

Auteur(s) :	International Council on Metals and the Environment United Nations Environment Programme		
Référence(s) :	ISBN 1-895720-29-X	Date d'édition :	Novembre 1998
Disponibilité :	Gratuit, téléchargeable sur Internet		
Langue :	<input checked="" type="checkbox"/> anglais	<input type="checkbox"/> français	<input type="checkbox"/> autre :
Nombre de pages :	<input type="checkbox"/> (< 20)	<input type="checkbox"/> (20 - 60)	<input checked="" type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document a pour objectif de diffuser l'expérience d'exploitants miniers. Il ne s'agit pas à proprement parler de recommandations, mais du partage de pratiques opérationnelles ayant fait leurs preuves sur des sites d'exploitation donnés.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception		Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	

Structure du document

FOREWORD / INTRODUCTION

1. OVERVIEW

A Management Perspective
The Need for Dam Safety
An Introduction to Tailings
Construction of Tailings Dams
Environmental Issues in Tailings Management
The Importance of Tailings Stability

CASE STUDIES

2. ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEMS (EMS)

Overview of an Environmental Management System:
Endako Mine
Anglogold's Environmental Management System
The External Audit: An Efficient EMS Tool for Rio
Tinto Brazil Ltd
Risk Assessment of Tailings Disposal at Osborne
Mines
A Guide to the Management of Tailings Facilities
prepared by the Mining Association of Canada
National Regulations and Codes: South Africa,
Malaysia and Mexico

3. DESIGN AND OPERATIONS

Site Selection Criteria at Kennecott Utah Copper
Site Selection at Codelco-Chile
Subaqueous Tailings Disposal: Results of the MEND
Program
Double Safety System at the Ovacik Gold Mine
WMC's Central Discharge Tailings Storage Facility
Conserving and Protecting Scarce Water Resources:
Candelaria Copper
Quality Control and Quality Assurance at the Musselwhite
Mine
Operating and Monitoring a Tailings Area: A Falconbridge
Example
Risk Assessment of Tailings Areas at Noranda
Monitoring Tailings by Telemetry at Rio Algom

4. EMERGENCY PREPAREDNESS

Mitsubishi's Emergency Management Manual for Tailings
Disposal at Abandoned Mines
Emergency Response during the Omai Tailings Dam
Failure
Awareness and Preparedness for Emergencies at the Local
Level (APELL)

5. EDUCATION AND TRAINING

Tailings Management and Decommissioning: A Short
Course
Sustaining the Corporate Memory at Inco's Copper Cliff
Operations

GLOSSARY / BIBLIOGRAPHY

Reference document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities

Référence
INERIS
[9]

Auteur(s) : European Commission	
Référence(s) : MTWR	Date d'édition : Janvier 2009
Disponibilité : Gratuit, téléchargeable sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input checked="" type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input checked="" type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input checked="" type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input checked="" type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input checked="" type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document est à destination des autorités et des sociétés d'exploitation minière avec pour objectif de déterminer les techniques disponibles les plus efficaces pour la protection de l'environnement. La plus grande partie de l'ouvrage décrit de manière exhaustive et détaillée les techniques d'exploitation actuelles pour différents minerais, que ce soit concernant l'extraction, l'enrichissement ou la gestion des résidus. Cette description est largement illustrée par des cas concrets européens. En partie 2, on trouve une bonne description des dispositifs de stockages tandis que les recommandations explicites sur la gestion des ouvrages de rétention sont rassemblées sur une dizaine de pages en partie 5, laquelle fait appel à la partie 4 descriptive.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	++	Remblai et dépôt de résidus	+
Construction initiale Mise en service	++	Sol de fondation	+
Exploitation Construction intermédiaire	+++	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	+
Arrêt de l'exploitation Abandon	++	Séisme	

Structure du document

<p>EXECUTIVE SUMMARY</p> <p>PREFACE</p> <p>SCOPE</p> <p>1. GENERAL INFORMATION</p> <p>1.1 Industry overview: metals</p> <p>1.2 Industry overview: industrial minerals</p> <p>1.3 Industry overview: potash</p> <p>1.4 Industry overview: coal</p> <p>1.5 European mine and mine waste production</p> <p>1.6 Key environmental issues</p> <p>2. COMMON PROCESSES AND TECHNIQUES</p> <p>2.1 Mining techniques</p> <p>2.2 Mineralogy</p> <p>2.3 Mineral processing techniques</p> <p>2.4 Tailings and waste-rock management</p> <p>2.5 Tailings characteristics and tailings behaviour</p> <p>2.6 Closure, rehabilitation and after-care of facility</p> <p>2.7 Acid Rock Drainage (ARD)</p> <p>3. APPLIED PROCESSES AND TECHNIQUES</p> <p>3.1 Metals</p> <p>3.2 Industrial minerals</p> <p>3.3 Potash</p> <p>3.4 Coal</p> <p>4. TECHNIQUES TO CONSIDER IN THE DETERMINATION OF BEST AVAILABLE TECHNIQUES</p> <p>4.1 General principles</p> <p>4.2 Life-cycle management</p> <p>4.3 Emission prevention and control</p> <p>4.4 Accident prevention</p> <p>4.5 Reduction of footprint</p> <p>4.6 Mitigation of accidents</p> <p>4.7 Environmental management tools</p>	<p>5. BEST AVAILABLE TECHNIQUES FOR THE MANAGEMENT OF TAILINGS AND WASTE-ROCK IN MINING ACTIVITIES</p> <p>5.1 Introduction</p> <p>5.2 Generic</p> <p>5.3 Gold leaching using cyanide</p> <p>5.4 Aluminium</p> <p>5.5 Potash</p> <p>5.6 Coal</p> <p>5.7 Environmental management</p> <p>6. EMERGING TECHNIQUES FOR THE MANAGEMENT OF TAILINGS AND WASTE-ROCK IN MINING ACTIVITIES</p> <p>6.1 Co-disposal of iron ore tailings and waste-rock</p> <p>6.2 Inhibiting progress or ARD</p> <p>6.3 Recycling of cyanide using membrane technology</p> <p>6.4 Lined cells</p> <p>6.5 Utilisation of treated red mud to remediate problems of ARD and metal pollution</p> <p>6.6 Combination of SO₂/air and hydrogen peroxide technique to destroy cyanide</p> <p>7. CONCLUDING REMARKS</p> <p>GLOSSARY</p> <p>ANNEXES</p> <p>Annex 1</p> <p>Annex 2</p> <p>Annex 3</p> <p>Annex 4</p> <p>Annex 5</p> <p>Annex 6</p>
--	---

Auteur(s) : Commission Internationale des Grands Barrages	
Référence(s) : Bulletin 45	Date d'édition : avril 1982
Disponibilité : Gratuit, disponible sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input checked="" type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input checked="" type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input checked="" type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Bien qu'il introduise les dépôts secs, ce guide se focalise essentiellement sur les ouvrages de rétention. Ce document intègre à la fois des recommandations techniques et organisationnelles, en rentrant rarement dans des considérations opérationnelles, puisqu'il renvoie à des références disponibles en fin de chapitre. Néanmoins, le lecteur y trouve des recommandations opérationnelles sur l'organisation des investigations, l'organisation des inspections, la détection d'incidents et les mesures correctives associées, qui s'avèrent très intéressantes. D'autre part, ce document donne également des informations détaillées concernant les différentes techniques de déversement hydraulique et mécanique et des recommandations associées.

Il est important de noter que ce document a été remplacé par la référence [17].

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Technique
Conception	Remblai et dépôt de résidus
Construction initiale Mise en service	Sol de fondation
Exploitation Construction intermédiaire	Gestion du niveau d'eau dans la retenue
Arrêt de l'exploitation Abandon	Séisme

Intérêt	Intérêt
+	++
	++
+	++
	+

Structure du document

INTRODUCTION

1. EMPLACEMENT DES BARRAGES

- 1.1 Considérations générales
- 1.2 Cas de décharges
- 1.3 Cas des retenues

2. EXPLORATION DES SITES

- 2.1 Généralités et convenances des sites
- 2.2 Propriétés et caractéristiques des stériles miniers et industriels
- 2.3 Propriétés et caractéristiques des terrains de fondation et d'emprunt
- 2.4 Exploration géotechnique

3. CONCEPTION

- 3.1 Généralités
- 3.2 Hydrologie et hydraulique
- 3.3 Concept
- 3.4 Fondations

4. CONSTRUCTION ET EXPLOITATION

- 4.1 Introduction
- 4.2 Description des techniques de mise en place
- 4.3 Remblais de pied et d'amorce
- 4.4 Filtre drainant
- 4.5 Systèmes d'évacuation
- 4.6 Surveillance des barrages de stériles pendant la construction
- 4.7 Mesures correctrices

5. CLOTURE ET ABANDON

- 5.1 Généralités
- 5.2 Règlementation

GLOSSAIRE / SYMBOLES

Barrages de stériles miniers. Sécurité. Recommandations

Référence
INERIS
[11]

Auteur(s) : Commission Internationale des Grands Barrages	
Référence(s) : Bulletin 74	Date d'édition : 1989
Disponibilité : Gratuit, disponible sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input checked="" type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input checked="" type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Le thème de ce document est la maîtrise de la sécurité des ouvrages de rétention miniers, principalement en ce qui concerne leur stabilité. Il s'appuie sur le principe que la sécurité concernant la stabilité est en réalité assez simple à obtenir, en tous cas pour les nouveaux projets où une organisation suffisante est mise en place. En ce sens, ce document fait un lien particulièrement intéressant entre les problèmes techniques et organisationnels. Il donne de nombreuses recommandations sur la qualification des personnes, les liens entre les équipes chargées de la conception et de l'exploitation et l'organisation de l'inspection.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Technique
Conception	Remblai et dépôt de résidus
Construction initiale Mise en service	Sol de fondation
Exploitation Construction intermédiaire	Gestion du niveau d'eau dans la retenue
Arrêt de l'exploitation Abandon	Séisme

Intérêt	Intérêt
++	+
+	+
+++	++
+	+

Structure du document

AVANT PROPOS

1. INTRODUCTION

2. ASPECTS SPECIFIQUES DES BARRAGES DE STERILES

- 2.1 Description des stériles
- 2.2 Sites de stockage de stériles
- 2.3 Projet des barrages de stériles
- 2.4 Construction des barrages de stériles
- 2.5 Etapes de la vie des barrages de stériles
- 2.6 Sécurité des barrages de stériles

3. CLAUSES GENERALES

- 3.1 Règlementation
- 3.2 Responsabilité du Maître d'Ouvrage
- 3.3 Inspection, auscultation et archivage
- 3.4 Mise à jour des règlements et procédures

4. PROJET

- 4.1 Hydrologie et hydraulique
- 4.2 Projet des ouvrages
- 4.3 Auscultation
- 4.4 Conception et étude des retenues de stériles
- 4.5 Inspection du barrage
- 4.6 Plans et procédures d'alerte
- 4.7 Plans de restructuration
- 4.8 Approbations du projet

5. CONSTRUCTION

- 5.1 Généralités
- 5.2 Méthodes et matériels de construction
- 5.3 Contrôle général et inspection des travaux de construction
- 5.4 Maîtrise de la rivière et dérivation
- 5.5 Plans d'alerte en phase de construction
- 5.6 Modifications ou réparations des barrages de stériles existants

6. EXPLOITATION

- 6.1 Exploitation de la retenue de stériles
- 6.2 Stabilité des barrages de stériles
- 6.3 Auscultation et inspection
- 6.4 Problèmes posés par l'exploitation
- 6.5 Plans d'alerte

7. RESTRUCTURATION

- 7.1 Mise au point des plans définitifs de restructuration
- 7.2 Approbation des plans de restructuration
- 7.3 Mise en application des plans de restructuration

8. GLOSSAIRE

ANNEXE A - Sécurité des barrages et retenues de stériles vis-à-vis de l'environnement

ANNEXE B - Recommandations concernant la législation applicable aux barrages de stériles

Barrages de stériles. Conception du drainage. Synthèse et recommandations.

Référence
INERIS
[12]

Auteur(s) :	Commission Internationale des Grands Barrages		
Référence(s) :	Bulletin 97 ISSN 0534-8293	Date d'édition :	1994
Disponibilité :	Gratuit, téléchargeable sur Internet		
Langue :	<input checked="" type="checkbox"/> anglais	<input checked="" type="checkbox"/> français	<input type="checkbox"/> autre :
Nombre de pages :	<input type="checkbox"/> (< 20)	<input type="checkbox"/> (20 - 60)	<input checked="" type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document constitue un guide complet sur la maîtrise du niveau de la ligne de saturation dans le remblai des ouvrages de rétention industriels. Il aborde les différentes solutions possibles en fonction de la méthode de construction grâce au système de drainage et aux techniques de déversement. Il aborde également les mesures correctives disponibles face à un drainage défaillant et donne des détails constructifs sur les filtres et les drains. Ce document donne également des indications sur la détermination de la ligne de saturation.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

<i>Organisation</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Conception</i>	
<i>Construction initiale Mise en service</i>	
<i>Exploitation Construction intermédiaire</i>	
<i>Arrêt de l'exploitation Abandon</i>	

<i>Technique</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Remblai et dépôt de résidus</i>	+++
<i>Sol de fondation</i>	+
<i>Gestion du niveau d'eau dans la retenue</i>	
<i>Séisme</i>	

Structure du document

AVANT-PROPOS	10. CONCLUSIONS
1. INTRODUCTION	ANNEXES
2. TYPES DE BARRAGES DE STERILES	A Percolations à travers les barrages de stériles construits par la méthode amont
3. CARACTERISTIQUES DES STERILES	B Références
4. BUT DU DRAINAGE DANS LES BARRAGES DE STERILES	
5. DRAINAGE DANS LES DIFFERENTS TYPES DE BARRAGES DE STERILES	
5.1 Barrages de stériles du type conventionnel à retenue	
5.2 Barrages de stériles construits par la méthode amont	
5.3 Barrages de stériles construits par la méthode aval	
5.4 Barrages de stériles construits par la méthode de l'axe central	
5.5 Barrages de stériles de construction mixte	
6. DRAINAGE DANS LE CAS DE FONDATIONS PERMEABLES	
6.1 Couche perméable d'épaisseur limitée sous le barrage de stériles	
6.2 Fondation perméable sur une forte épaisseur	
7. MESURES CONFORTATIVES PENDANT L'EXPLOITATION	
7.1 Anomalies dans la conception du drainage	
7.2 Changement dans les données du projet	
7.3 Mauvais fonctionnement d'un drainage bien conçu	
7.4 Déficiences du déversement	
8. FILTRES	
8.1 Filtres en matériau granulaire protégeant des sols non cohérents - Critères et prescriptions	
8.2 Filtres en matériau granulaire protégeant des sols cohérents - Critères et prescriptions	
8.3 Filtres en matériau synthétique - Critères et prescriptions	
9. DRAINS	
9.1 Fonctions des	
9.2 Emplacement des	
9.3 Largeur des	
9.4 Epaisseur des	
9.5 Matériaux pour	
9.6 Ouvrages	
9.7 Dispositifs filtre-	

Barrages de stériles et sismicité

Synthèse et recommandations

Référence
INERIS
[13]

Auteur(s) :	Commission Internationale des Grands Barrages		
Référence(s) :	Bulletin 98	Date d'édition :	1995
Disponibilité :	Gratuit, téléchargeable sur Internet		
Langue :	<input checked="" type="checkbox"/> anglais	<input checked="" type="checkbox"/> français	<input type="checkbox"/> autre :
Nombre de pages :	<input type="checkbox"/> (< 20)	<input checked="" type="checkbox"/> (20 - 60)	<input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document est une bonne introduction à la prise en compte des séismes dans la construction des ouvrages de rétention industriels. Il donne quelques recommandations techniques concernant l'évaluation de la sismicité et l'utilisation des méthodes de calcul sismique, mais renvoie également à d'autres bulletins de la Commission Internationale des Grands Barrages relatifs aux barrages hydrauliques. Sur ces deux points, le guide insiste sur le fait que les méthodes de calcul évoluent rapidement et que la détermination de la sismicité est souvent dictée par la réglementation. Ce bulletin donne des recommandations opérationnelles sur les mesures correctives pour l'amélioration de la stabilité au séisme d'ouvrages de rétention existants.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception		Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	++

Structure du document

AVANT-PROPOS

1. INTRODUCTION

- 1.1 Généralités
- 1.2 Stabilité sismique
- 1.3 Comportement sismique des barrages de stériles et des barrages en remblai classiques

2. EVALUATION DE LA SISMICITE

- 2.1 Séisme de base d'exploitation
- 2.2 Séisme maximal de dimensionnement

3. ETUDE GEOTECHNIQUE

- 3.1 Reconnaissances sur le site
- 3.2 Etudes en laboratoire

4. CONCEPTION ET CONSTRUCTION DES BARRAGES DE STERILES

5. CALCUL DE STABILITE SISMIQUE

- 5.1 Calcul de stabilité statique utilisant le concept de l'équilibre limite et la résistance en régime permanent
- 5.2 Calcul de stabilité sismique simplifié
- 5.3 Calcul de stabilité sismique par la méthode des éléments finis

6. MESURES CORRECTIVES POUR L'AMELIORATION DES LA SECURITE DE BARRAGES EXISTANTS

- 6.1 Construction d'un nouveau barrage
- 6.2 Renforcement du barrage existant
- 6.3 Protection de la zone aval

7. RESUME

8. REFERENCES

Dépôts de stériles. Transport mise en place et décantation.

Référence
INERIS
[14]

Auteur(s) : Commission Internationale des Grands Barrages

Référence(s) : Bulletin 101

Date d'édition : 1995

Disponibilité : Gratuit, téléchargeable sur Internet

Langue : anglais français autre :

Nombre de pages : (< 20) (20 - 60) (60 - 120) (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input checked="" type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce guide traite de manière très opérationnelle du transport des résidus, de leur mise en place et de la conception des ouvrages de décantation, que ce soit au niveau du dimensionnement hydraulique ou des détails constructifs.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception		Remblai et dépôt de résidus	+++
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	+++
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	

Structure du document

AVANT-PROPOS

1. TRANSPORT DES STERILES

- 1.1 Transport par voie humide (boues)
- 1.2 Transport par voie sèche

2. MISE EN PLACE DES STERILES

- 2.1 Mise en place par cyclone
- 2.2 Mise en place par déversement au moyen de buses (spigots)
- 2.3 Mise en place au moyen d'enclos (cuvettes)
- 2.4 Mise en place par moyens mécaniques

3. OUVRAGES DE DECANTATION DES BARRAGES DE STERILES

- 3.1 Conception des ouvrages de maîtrise de l'eau
- 3.2 Conception des ouvrages de décantation
- 3.3 Conditions d'abandon des ouvrages de décantation

4. REFERENCES

ANNEXES

- A Hydraulique des déversoirs
- B Dimensionnement des puits et des conduites de décantation sous remblai

Barrages de stériles et environnement

Synthèse et recommandations

Référence
INERIS
[15]

Auteur(s) :	Commission Internationale des Grands Barrages		
Référence(s) :	Bulletin 103	Date d'édition :	1996
Disponibilité :	Gratuit, téléchargeable sur Internet		
Langue :	<input checked="" type="checkbox"/> anglais	<input checked="" type="checkbox"/> français	<input type="checkbox"/> autre :
Nombre de pages :	<input type="checkbox"/> (< 20)	<input checked="" type="checkbox"/> (20 - 60)	<input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce guide traite des problèmes environnementaux relatifs aux ouvrages de rétention industriels et inclut une réflexion sur la stabilité du remblai, puisque la libération des résidus constitue la plus grande menace pour l'environnement. Le guide aborde de manière assez intéressante les problèmes techniques lors de l'abandon et concernant les ouvrages de décantation.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception		Remblai et dépôt de résidus	+
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	+
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	

Structure du document

<p>AVANT-PROPOS</p> <p>1. INTRODUCTION</p> <p>2. ASPECTS RELATIFS A L'ENVIRONNEMENT</p> <p>2.1 Impact sur la qualité des eaux de surface</p> <p>2.2 Impact sur la qualité des nappes souterraines</p> <p>2.3 Impact sur la qualité de l'air</p> <p>2.4 Réhabilitation et revégétalisation des barrages de stériles</p> <p>2.5 Autres impacts sur l'environnement</p> <p>3. CARACTERISTIQUES DES STERILES</p> <p>4. LES DIVERSES PHASES DES BARRAGES DE STERILES</p> <p>5. RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT PENDANT L'EXPLOITATION ET LA REHABILITATION</p> <p>5.1 Généralités</p> <p>5.2 Bilan hydraulique</p> <p>5.3 Sécurité à long terme</p> <p>5.4 Effets d'une dégradation lente</p> <p>5.5 Stabilité au cisaillement</p> <p>6. STABILITE A LONG TERME VIS-A-VIS DE L'ENVIRONNEMENT</p> <p>6.1 Introduction</p> <p>6.2 Dépôts sous l'eau</p> <p>6.3 Dépôts mis hors d'eau</p> <p>7. EFFETS NEFASTES DES PRODUITS CHIMIQUES RESIDUELS, DE L'ALTERATION ET DE LA RADIOACTIVITE SUR L'ENVIRONNEMENT</p> <p>7.1 Radioactivité</p> <p>7.2 Cyanure résiduel</p> <p>7.3 Formation de produits acides et de sels</p> <p>7.4 Contrôle de la formation de produits acides</p> <p>8. OUVRAGES DE DECANTATION DES BARRAGES DE STERILES ET ENVIRONNEMENT</p> <p>8.1 Au cours de l'exploitation</p> <p>8.2 Après la fermeture de l'exploitation</p>	<p>9. AUSCULTATION PENDANT L'EXPLOITATION</p> <p>9.1 Généralités</p> <p>9.2 Stabilité et sécurité</p> <p>9.3 Surveillance des nappes souterraines et des eaux de surface</p> <p>9.4 Erosion et dispersion des stériles solides</p> <p>9.5 Auscultation sur le plan de la sécurité, de la stabilité et du respect de l'environnement</p> <p>10. REHABILITATION DE LA SURFACE DES STERILES VIS-A-VIS DE L'ENVIRONNEMENT</p> <p>10.1 Contrôle de l'eau</p> <p>10.2 Prévention de la pollution de l'air</p> <p>10.3 Végétalisation</p> <p>11. BIBLIOGRAPHIE</p>
--	---

Auscultation des barrages de stériles

Synthèse et recommandations

Référence
INERIS
[16]

Auteur(s) : Commission Internationale des Grands Barrages	
Référence(s) : Bulletin 104	Date d'édition : 1996
Disponibilité : Gratuit, téléchargeable sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input checked="" type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input checked="" type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce guide intègre de nombreuses recommandations techniques et organisationnelles sur l'auscultation des ouvrages de rétention industriels. Il distingue l'auscultation des ouvrages construits par la méthode amont de ceux construits par la méthode aval, et renvoie à d'autres documents de la Commission Internationale des Grands Barrages pour l'auscultation des barrages conventionnels de retenue d'eau. Ce guide comprend également de très nombreuses recommandations opérationnelles sur l'auscultation, que ce soit pour les nouveaux projets ou pour les barrages existants.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

<i>Organisation</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Conception</i>	
<i>Construction initiale</i> <i>Mise en service</i>	+
<i>Exploitation</i> <i>Construction intermédiaire</i>	+
<i>Arrêt de l'exploitation</i> <i>Abandon</i>	

<i>Technique</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Remblai et dépôt de résidus</i>	+++
<i>Sol de fondation</i>	
<i>Gestion du niveau d'eau dans la retenue</i>	+
<i>Séisme</i>	++

Structure du document

AVANT-PROPOS	6. AUSCULTATION DE BARRAGES DE STERILES APRES FERMETURE
1. INTRODUCTION	7. TRAITEMENT, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS DES MESURES
2. BARRAGES DE STERILES CONSTRUITS PAR LA METHODE AMONT	8. BIBLIOGRAPHIE
2.1 Prescriptions relatives à l'auscultation	
2.2 Débit de percolation	
2.3 Ligne de saturation	
2.4 Pression interstitielle	
2.5 Séismicité	
2.6 Pression interstitielle sous chargement dynamique et liquéfaction	
2.7 Déplacements verticaux	
2.8 Déplacements horizontaux	
2.9 Tassements différentiels dans le remblai	
2.10 Pression totale	
2.11 Echantillons et essais de mécanique des sols en laboratoire	
2.12 Détermination in situ des propriétés de mécanique des sols	
2.13 Méthode de mise en place des stériles	
2.14 Exemple	
3. BARRAGES DE STERILES CONSTRUITS PAR LA METHODE AVAL	
3.1 Prescriptions relatives à l'auscultation	
3.2 Débit de percolation	
3.3 Ligne de saturation	
3.4 Pression interstitielle	
3.5 Séismicité et pression interstitielle induite	
3.6 Déplacements verticaux et horizontaux	
3.7 Pente du talus aval du barrage	
3.8 Tassements différentiels dans le remblai	
3.9 Pression totale	
3.10 Echantillons et essais de mécanique des sols en laboratoire	
3.11 Méthode de mise en place des stériles	
3.12 Exemple	
4. BARRAGES DE STERILES A RETENUE D'EAU	
5. AMELIORATION DE L'AUSCULTATION DE BARRAGES DE STERILES EXISTANTS	

Guide des barrages et retenues de stériles

Référence
INERIS
[17]

Auteur(s) :	Commission Internationale des Grands Barrages Programme des Nations Unies pour l'Environnement		
Référence(s) :	Bulletin 106	Date d'édition :	1996
Disponibilité :	Gratuit, téléchargeable sur Internet		
Langue :	<input checked="" type="checkbox"/> anglais	<input checked="" type="checkbox"/> français	<input type="checkbox"/> autre :
Nombre de pages :	<input type="checkbox"/> (< 20)	<input type="checkbox"/> (20 - 60)	<input type="checkbox"/> (60 - 120) <input checked="" type="checkbox"/> (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input checked="" type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce guide technique formule des recommandations techniques sur l'ensemble des thèmes techniques relatifs à la sécurité qui sont complétées par des recommandations opérationnelles dans le texte ou dans d'autres manuels de la Commission Internationale des Grands Barrages, que ce soit pour le drainage (référence [12]) et le sismique (référence [13]). D'un point de vue descriptif, il introduit une classification complète des différents types d'ouvrages de rétention industriels. D'un point de vue théorique, il apporte des explications de base sur la pression interstitielle. D'un point de vue technique, des détails constructifs intéressants sont donnés sur les ouvrages de décantation, les fondations et les dispositifs d'auscultation. Enfin, le chapitre 5 est entièrement dédié aux mesures correctives à mettre en oeuvre en cas d'incidents relatifs à la stabilité, en fonction des modes de défaillance possibles.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	++	Remblai et dépôt de résidus	+++
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	++
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	++
Arrêt de l'exploitation Abandon	++	Séisme	+

Structure du document

<p>AVANT-PROPOS</p> <p>PREFACE</p> <p>MESSAGE D'INTRODUCTION DU PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT</p> <p>1. INTRODUCTION</p> <p>1.1 Définition des stériles</p> <p>1.2 Provenance des stériles</p> <p>1.3 Propriétés des stériles</p> <p>1.4 Méthodes de dépôt des stériles</p> <p>1.5 Définition des barrages de stériles</p> <p>1.6 Importance des stériles et des barrages de stériles</p> <p>1.7 Contenu du guide</p> <p>2. TECHNIQUES DE MISE EN DEPOT DES STERILES</p> <p>2.1 Principes généraux</p> <p>2.2 Les diverses opérations</p> <p>3. CONCEPTION DES BARRAGES DE STERILES</p> <p>3.1 Généralités</p> <p>3.2 Recommandations concernant la conception et la construction</p> <p>3.3 Reconnaissances du site</p> <p>3.4 Matériaux mis en dépôt</p> <p>3.5 Propriétés des matériaux granulaires - Principes fondamentaux</p> <p>3.6 Prise en compte des fondations</p> <p>3.7 Prise en compte des séismes</p> <p>3.8 Conception des barrages constitués principalement de stériles</p> <p>3.9 Barrages construits par la méthode amont</p> <p>3.10 Barrages construits par la méthode des bassins (enclos)</p> <p>3.11 Barrages construits par les méthodes aval et de l'axe central</p> <p>3.12 Barrages construits avec des remblais d'emprunt</p>	<p>4. CONTRÔLE DES TRAVAUX ET EXPLOITATION</p> <p>4.1 Position du problème</p> <p>4.2 Ouvrages de décantation</p> <p>4.3 Drainage interne</p> <p>4.4 Remblai d'amorce</p> <p>4.5 Construction par la méthode amont</p> <p>4.6 Construction par la méthode aval</p> <p>4.7 Construction utilisant l'assèchement des stériles</p> <p>4.8 Protection des talus</p> <p>4.9 Assurance de la qualité</p> <p>5. MESURES CORRECTIVES</p> <p>5.1 Introduction</p> <p>5.2 Les divers problèmes susceptibles de se présenter</p> <p>5.3 Mesures correctives</p> <p>6. REHABILITATION ET FERMETURE</p> <p>6.1 Introduction</p> <p>6.2 Considérations économiques</p> <p>6.3 Principaux objectifs</p> <p>6.4 Stabilisation</p> <p>6.5 Hydrologie</p> <p>6.6 Pollution</p> <p>6.7 Impact visuel</p> <p>6.8 Restauration</p> <p>6.9 Sécurité</p> <p>7. REGLEMENTATION</p> <p>7.1 Royaume-Uni : Législation relative à la planification</p> <p>7.2 Royaume-Uni : Législation relative au contrôle de la pollution</p> <p>7.3 Royaume-Uni : Législation relative à la sécurité</p> <p>7.4 Règlements dans d'autres pays</p> <p>7.5 Remarques finales</p> <p>8. REFERENCES</p> <p>ANNEXES</p> <p>A Stabilité</p> <p>B Glossaire</p>
--	---

Tailings dams. Risk of dangerous occurrences.
Lessons learnt from practical experiences

Référence
INERIS
[18]

Auteur(s) : Commission Internationale des Grands Barrages	
Référence(s) : Bulletin 121	Date d'édition : 2001
Disponibilité : Payant, version électronique vendue sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input checked="" type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input checked="" type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document propose une analyse du retour d'expérience de 221 incidents et ruptures connus concernant des ouvrages de rétention industriels. La base d'incidents complète est disponible en annexe du document. Le document apporte une illustration des causes de rupture ; il s'adresse à un public averti maîtrisant les différents aspects techniques. L'analyse menée parvient à la conclusion que les problèmes techniques et leurs solutions sont largement connues par les spécialistes et qu'il manque une organisation solide permettant leur application.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

<i>Organisation</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Conception</i>	
<i>Construction initiale</i> <i>Mise en service</i>	
<i>Exploitation</i> <i>Construction intermédiaire</i>	
<i>Arrêt de l'exploitation</i> <i>Abandon</i>	

<i>Technique</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Remblai et dépôt de résidus</i>	+
<i>Sol de fondation</i>	
<i>Gestion du niveau d'eau dans la retenue</i>	
<i>Séisme</i>	

Structure du document

SUMMARY / RESUME

FOREWORD

PREFACE

1. INTRODUCTION

- 1.1 Objectives
- 1.2 Background

2. PRE-REQUISITES FOR SAFE TAILINGS DAMS

3. OVERVIEW OF DAM AND TAILINGS DAM INCIDENTS

4. COMMON REASONS FOR FAULTY BEHAVIOUR

5. RISK MANAGEMENT

- 5.1 Risk assessment
- 5.2 Risk management
- 5.3 Risk contingency plan

6. LESSONS LEARNT FROM THIS STUDY

- 6.1 General assessment of the lessons learned
- 6.2 Specific considerations with examples of incidents
- 6.3 Safety management

7. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

8. LESSONS LEARNED : IMPLICATIONS FOR POLICY
A UNEP VIEW

9. REFERENCES

10. FIGURES

APPENDIX - TAILINGS DAMS - INCIDENT CASE RECORDS

- 1 Introduction
- 2 Abbreviations
- 3 List of tailings dams for which incident cases were collected
- 4 Brief descriptions of 221 cases

Improving tailings dam safety
Critical aspects of management, design, operation and closure.

Référence
 INERIS
 [19]

Auteur(s) : Commission Internationale des Grands Barrages	
Référence(s) : Bulletin 139	Date d'édition : 2011
Disponibilité : CE DOCUMENT N'A PAS ETE CONSULTE DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE	
Langue : <input type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

<i>Organisation</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Conception</i>	
<i>Construction initiale</i> <i>Mise en service</i>	
<i>Exploitation</i> <i>Construction intermédiaire</i>	
<i>Arrêt de l'exploitation</i> <i>Abandon</i>	

<i>Technique</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Remblai et dépôt de résidus</i>	
<i>Sol de fondation</i>	
<i>Gestion du niveau d'eau dans la retenue</i>	
<i>Séisme</i>	

Structure du document

Auteur(s) : Australian National Committee on Large Dams	
Référence(s) :	Date d'édition : Octobre 1999
Disponibilité : Payant, version papier vendue sur Internet	
Langue :	<input checked="" type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :
Nombre de pages :	<input type="checkbox"/> (< 20) <input checked="" type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input checked="" type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input checked="" type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce guide décrit les principaux composants d'un plan de gestion d'un ouvrage de rétention industriel à court, moyen et long terme. Les recommandations sont pour la majorité organisationnelles et techniques. Le guide aborde la notion de gestion basée sur les risques. D'un point de vue technique, des recommandations intéressantes concernent les calculs de dimensionnement et notamment des tassements.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	+	Remblai et dépôt de résidus	+
Construction initiale Mise en service	+	Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire	+	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon	+	Séisme	

Structure du document

<p style="text-align: center;">FOREWORD</p> <p style="text-align: center;">ANCOLD WORKING GROUP MEMBERSHIP LIST</p> <p style="text-align: center;">1. SCOPE</p> <p>1.1 Source of Tailings 1.2 Purpose of Guideline 1.3 Related Guidelines 1.4 Definitions</p> <p style="text-align: center;">2. PLANNING</p> <p>2.1 Objectives 2.2 Planning Data 2.3 Waste Disposal Strategies 2.4 Life of Mine Planning</p> <p style="text-align: center;">3. BEHAVIOUR OF TAILINGS</p> <p>3.1 Physical Characteristics 3.2 Mineralogy and Chemistry 3.3 Transport of Tailings 3.4 Tailings Beaches</p> <p style="text-align: center;">4. TAILINGS STORAGE CONCEPTS</p> <p>4.1 System components 4.2 Methods of Discharge and Depositional Strategies 4.3 Location of Pond 4.4 Methods of Containment</p> <p style="text-align: center;">5. WATER MANAGEMENT</p> <p>5.1 The Water Balance 5.2 Stream Management 5.3 Rainfall Run-Off 5.4 Tailings Decant Water 5.5 Evaporation 5.6 Water Recovery 5.7 Floods 5.8 Underdrainage and Seepage</p>	<p style="text-align: center;">6. DESIGN CRITERIA FOR TAILINGS DAMS</p> <p>6.1 Hazard 6.2 Risk Analysis 6.3 Emergency Action Plans 6.4 Design Flood and Freeboard 6.5 Site Investigation 6.6 Foundations 6.7 Seepage and Pore Pressure 6.8 Filters 6.9 Liners 6.10 Materials and Properties 6.11 Stability Scenarios 6.12 Earthquake Analysis 6.13 Settlement</p> <p style="text-align: center;">7. CONSTRUCTION ISSUES</p> <p>7.1 Supervision 7.2 Storage Preparation 7.3 Foundation Preparation 7.4 Source of Materials 7.5 Use of tailings for Construction 7.6 Staged Construction</p> <p style="text-align: center;">8. OPERATION AND MONITORING</p> <p>8.1 Commissioning 8.2 As Built Drawings 8.3 Operation 8.4 Maintenance 8.5 Security 8.6 Monitoring 8.7 Inspections and Audit</p> <p style="text-align: center;">9. DECOMMISSIONING</p> <p>9.1 Objectives and Planning 9.2 Risk Management 9.3 Integrated Life-Cycle Management 9.4 Impact Assessment 9.5 Access 9.6 Monitoring and Auditing</p> <p style="text-align: center;">REFERENCES</p>
---	---

Guidelines on the Development of an Operating Manual for Tailings Storage

Référence
INERIS
[21]

Auteur(s) : Department of Minerals and Energy of Western Australia	
Référence(s) : ISBN 0 7309 7805 2	Date d'édition : Octobre 1998
Disponibilité : Gratuit, disponible sur Internet	
Langue : <input checked="" type="checkbox"/> anglais <input type="checkbox"/> français <input type="checkbox"/> autre :	
Nombre de pages : <input type="checkbox"/> (< 20) <input checked="" type="checkbox"/> (20 - 60) <input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)	

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input checked="" type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document, à destination des responsables d'exploitation de sites miniers, donne des recommandations pour l'élaboration d'un manuel opérationnel en lien avec une politique de gestion des ouvrages de stockage de déchets miniers selon les principes du développement durable. Le contenu du manuel est adapté à l'importance de l'ouvrage de rétention. Ce guide comprend des formats d'inspection et d'audit en annexe.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

<i>Organisation</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Conception</i>	
<i>Construction initiale</i> <i>Mise en service</i>	
<i>Exploitation</i> <i>Construction intermédiaire</i>	+++
<i>Arrêt de l'exploitation</i> <i>Abandon</i>	

<i>Technique</i>	<i>Intérêt</i>
<i>Remblai et dépôt de résidus</i>	
<i>Sol de fondation</i>	
<i>Gestion du niveau d'eau dans la retenue</i>	
<i>Séisme</i>	

Structure du document

1. INTRODUCTION

2. COMPONENTS OF AN OPERATING MANUAL

- 2.1 Introduction and general
- 2.2 Description of contents of operating manual

3. ADMINISTRATIVE PROCEDURES

4. REFERENCES

LIST OF APPENDICES

- I Hazard ratings for mine tailings storage facilities
- II Details associated with tailings storage management plan
- III Pro forma inspection checklists: routine inspections, and operational audits
- IV Incident reporting form
- V Forms confirming the preparation of or amendments to the operating manual

Guidelines on the Safe Design and Operating Standards for Tailings Storage

Référence
INERIS
[22]

Auteur(s) : Department of Minerals and Energy of Western Australia

Référence(s) : ISBN 0 7309 7808 7

Date d'édition : Mai 1999

Disponibilité : Gratuit, disponible sur Internet

Langue : anglais français autre :

Nombre de pages : (< 20) (20 - 60) (60 - 120) (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input checked="" type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input checked="" type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input checked="" type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> information technique | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce guide propose une classification des dispositifs de gestion des déchets selon le risque qu'ils apportent, puis définit de manière simplifiée les différentes procédures et actions à envisager pour chaque classe, pour chaque phase du cycle de vie de l'ouvrage. En annexe, quelques recommandations opérationnelles sont données sur le contenu des différents plans et documents concernant l'organisation.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	+	Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service	+	Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire	+	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon	+	Séisme	

Structure du document

1. INTRODUCTION

2. TYPES OF TAILINGS STORAGE FACILITIES

- 2.1 Above ground storage
- 2.2 Below ground storage

3. HAZARD RATING OF TAILINGS STORAGE FACILITIES

4. DERIVATION OF STORAGE CATEGORIES

5. DESIGN AND OPERATING STANDARDS

- 5.1 Category 3 facilities
- 5.2 Category 1 and 2 facilities

6. ADMINISTRATIVE PROCEDURES

7. SUGGESTED FURTHER READINGS

APPENDICES

- A Tailings storage data sheet
- B Certificate of compliance - tailings storage facility design
- C Certificate of compliance - tailings storage facility construction
- D Design, construction and operational aspects to be addressed for Category 3 tailings storage facilities
- E Design, construction and operational aspects to be addressed for Category 1 and Category 2 tailings storage facilities
- F Recommended aspects to be addressed in construction documentation, periodic audits and reviews, and pre-decommissioning reviews
- G Recommended operational standards for storage facilities
- H Recommended aspects to be addressed when using in-pit methods of tailings storage facilities
- I Additional information on the Department of Environmental Protection requirements for tailings storage facilities

Tailings Management

Référence
INERIS
[23]

Auteur(s) : Australian Government. Department of Industry, Tourism and Resources

Référence(s) : ISBN 0 642 272500 4

Date d'édition : Février 2007

Disponibilité : Gratuit, disponible sur Internet

Langue : anglais français autre :

Nombre de pages : (< 20) (20 - 60) (60 - 120) (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input checked="" type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input checked="" type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input checked="" type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document, destiné aux exploitants miniers mais également à un public plus large, est très informatif et pédagogique. Il expose les bénéfices de la mise en place d'une gestion basée sur les risques et propose quelques procédures organisationnelles assez intéressantes et commentées.

D'un point de vue informatif, il faut retenir une comparaison générale des différents dispositifs de stockage de résidus et une présentation des pratiques émergentes. Il introduit notamment les nouvelles techniques d'épaississement et de séchage des boues par rapport aux problèmes de sécurité des ouvrages de rétention industriels.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	++	Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service	+	Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire	++	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon	+	Séisme	

Structure du document

ACKNOWLEDGEMENTS / FOREWORD

1.0 INTRODUCTION

- 1.1 Context
- 1.2 Audience
- 1.3 Handbook structure

2.0 SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND TAILINGS

- 2.1 Business drivers
CASE STUDY: Business approaches
- 2.2 Community values
- 2.3 Regulatory context

3.0 LIFE-OF-MINE RISK-BASED APPROACH

- 3.1 Concept of acceptably low risk
- 3.2 Design approaches
- 3.3 Risk analysis methods
- 3.4 Managing change
- 3.5 Cost-effectiveness

4.0 TAILINGS MANAGEMENT SYSTEMS

- 4.1 Life of a tailings storage facility
- 4.2 Planning and design
- 4.3 Construction
- 4.4 Operation
- 4.5 Closure planning

5.0 LEADING PRACTICE TAILINGS MANAGEMENT

- 5.1 Siting considerations
- 5.2 Tailings disposal methods
- 5.3 Tailings containment
- 5.4 Containment wall design and construction
- 5.5 Seepage control
- 5.6 Tailings delivery
- 5.7 Water Management
- 5.8 Dust control
- 5.9 Closure, decommissioning and rehabilitation
CASE STUDY: Planning for Tailings Storage Facility Closure at Mt McClure, WA
CASE STUDY: Direct Revegetation of Tailings Storage Facility at Kidston Gold Mine, QLD

6.0 FUTURE DIRECTIONS

- 6.1 Improved tailings disposal
CASE STUDY: Central Thickened Discharge at Sunrise Dam Gold Mine, WA
CASE STUDY: In-Pit Tailings Storage at Granites Gold Mine, NT
- 6.2 Improved final tailings landform
- 6.3 Tailings Minimisation, Recycling and Reuse
CASE STUDY: Thickened Red Mud Residue Disposal at Kwinana, WA

7.0 CONCLUSION

REFERENCES AND FURTHER READING

WEB SITES AND LINKS

GLOSSARY

Management of Tailings Storage Facilities

Référence
INERIS
[24]

Auteur(s) : Department of Primary Industries

Référence(s) : ISBN 1 74146 203 7

Date d'édition : Novembre 2004

Disponibilité : Gratuit, disponible sur Internet

Langue : anglais français autre :

Nombre de pages : (< 20) (20 - 60) (60 - 120) (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- ouvrages de rétention rejet en mer ou en rivière
 dépôts secs comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert
 solutions mixtes

Contenu du document :

- information technique recommandations organisationnelles
 information normative recommandations techniques
 information réglementaire ou législative recommandations opérationnelles
 études de cas

Spécificités du document, et destinataires :

Ce guide donne des recommandations sur l'organisation à mettre en place pour un dispositif de stockage de résidus miniers, à chaque phase du cycle de vie de l'ouvrage.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	+	Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service	+	Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire	+	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon	+	Séisme	

Structure du document

CONTENTS

INTRODUCTION

1. Background
2. Tailings
3. Application of the guidelines

DEPARTMENTAL POLICIES AND REQUIREMENTS FOR TAILINGS MANAGEMENT

A. GENERAL

4. Work plan
5. Planning approval
6. Consultation
7. Risk Management
8. Emergency Response Plan
9. Waste Minimisation

B. DESIGN

10. Siting of a tailings storage facility
11. Tailings storage facility design
12. Management of cyanide

C. CONSTRUCTION

13. Construction to design

D. OPERATION

14. Operational phase management
15. Pipelines
16. Monitoring, auditing and reporting

E. DECOMMISSIONING

17. Overview
18. Closure
19. Long term responsibility
20. Further information

APPENDICES

- I Summary of departmental requirements for management of a tailings storage facility
- II Administrative process for obtaining a work authority
- III Documentation and information to be supplied for the operation of a tailings storage facility
- IV Tailings storage facility data sheet
- V Small tailings storage facility emergency procedures
- VI Tailings storage facilities
- VII Tailings storage facilities water design criteria
- VIII Relevant legislation and policies
- IX Minerals and petroleum division contacts

DEFINITIONS AND ACRONYMS

BIBLIOGRAPHY

Tailings Containment

Référence
INERIS
[25]

Auteur(s) : Australian Federal Environment Department. Environment Protection Agency

Référence(s) : ISBN 0 642 19423 8

Date d'édition : June 1995

Disponibilité : Gratuit, disponible sur Internet

Langue : anglais français autre :

Nombre de pages : (< 20) (20 - 60) (60 - 120) (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input checked="" type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input checked="" type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document donne un aperçu des problèmes environnementaux liés aux dispositifs de stockage de résidus miniers. Il liste les principales recommandations techniques et organisationnelles concernant la sécurité des ouvrages de rétention industriels, qui sont pour la plupart reprises d'autres sources.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception	+	Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	

Structure du document

INTRODUCTION

1. OBJECTIVES OF TAILINGS STORAGE

- 1.1 Tailings Characterisation
- 1.2 Stability
- 1.3 Seismicity
- 1.4 Seepage and Groundwater Pollution
- 1.5 Surface Water pollution
- 1.6 Dust Generation

2. SITE SUITABILITY

- 2.1 Factors to Consider When Assessing Site Suitability
- 2.2 Detailed Site Investigation

3. DESIGN OF TAILINGS FACILITIES

- 3.1 Types of Storage Facility
- 3.2 Liner system
- 3.3 Construction Techniques
- 3.4 Capping Systems

4. OPERATING AND MONITORING

- 4.1 Deposition Methods
- 4.2 Instrumentation
- 4.3 Water Management
- 4.4 Groundwater Monitoring
- 4.5 General Surveillance

CONCLUSIONS

REFERENCES

MODULE EVALUATION QUESTIONNAIRE

CASE STUDIES

- 1. Peak Gold - Central thickened discharge
- 2. Alcoa of Australia - Seal design and seepage collection
- 3. Alcoa of Australia - Dry stacking of tailings
- 4. Coal Industry - Co-disposal of coarse and fine tailings

Water Quality Protection Guidelines Tailings facilities

Référence
INERIS
[26]

Auteur(s) :	Australia – West Australia Department of Minerals and Energy Water and Rivers Commission		
Référence(s) :	N°2	Date d'édition :	2000
Disponibilité :	Gratuit, disponible sur Internet		
Langue :	<input checked="" type="checkbox"/> anglais	<input type="checkbox"/> français	<input type="checkbox"/> autre :
Nombre de pages :	<input checked="" type="checkbox"/> (< 20)	<input type="checkbox"/> (20 - 60)	<input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input type="checkbox"/> dépôts secs | <input type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> information normative | <input checked="" type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input checked="" type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document très court est focalisé sur la problématique de pollution des eaux de surface et des eaux souterraines. Il inclut quelques recommandations organisationnelles et techniques concernant la gestion du niveau d'eau dans la retenue.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Technique	Intérêt
Conception	Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service	Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire	Gestion du niveau d'eau dans la retenue	+
Arrêt de l'exploitation Abandon	Séisme	

Structure du document

1. INTRODUCTION

2. PURPOSE

3. SCOPE

4. REGULATORY REQUIREMENTS

5. GUIDELINES

5.1 Tailings disposal containment facility design and site assessment

5.2 Operation

5.3 Accidents and Emergencies

5.4 Monitoring

5.5 Reporting

5.6 Decommissioning

6. USEFUL REFERENCES

GLOSSARY AND ABBREVIATIONS

Strategic Framework for Tailings Management

Référence
INERIS
[27]

Auteur(s) :	Ministerial Council on Mineral and Petroleum Resources Minerals Council of Australia		
Référence(s) :	ISR 2003/091 ISBN 0 642 72243 9	Date d'édition :	2003
Disponibilité :	Gratuit, disponible sur Internet		
Langue :	<input checked="" type="checkbox"/> anglais	<input type="checkbox"/> français	<input type="checkbox"/> autre :
Nombre de pages :	<input type="checkbox"/> (< 20)	<input checked="" type="checkbox"/> (20 - 60)	<input type="checkbox"/> (60 - 120) <input type="checkbox"/> (> 120)

Principaux dispositifs de stockage et solutions de gestion des résidus concernés par le document :

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> ouvrages de rétention | <input checked="" type="checkbox"/> rejet en mer ou en rivière |
| <input checked="" type="checkbox"/> dépôts secs | <input checked="" type="checkbox"/> comblement d'exploitation souterraines ou à ciel ouvert |
| <input checked="" type="checkbox"/> solutions mixtes | |

Contenu du document :

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> information technique | <input type="checkbox"/> recommandations organisationnelles |
| <input checked="" type="checkbox"/> information normative | <input type="checkbox"/> recommandations techniques |
| <input checked="" type="checkbox"/> information réglementaire ou législative | <input type="checkbox"/> recommandations opérationnelles |
| <input type="checkbox"/> études de cas | |

Spécificités du document, et destinataires :

Ce document décrit quelle politique il est nécessaire d'adopter pour assurer la gestion durable des résidus et notamment l'importance de baser la gestion des ouvrages de stockage de résidus sur l'étude des risques associés. Il ne s'adresse pas particulièrement aux ouvrages de rétention et ne donne finalement que des orientations très générales et qui pourraient s'appliquer à d'autres systèmes industriels. Il donne quelques recommandations organisationnelles très générales et renvoie à d'autres guides ou normes existantes pour des recommandations organisationnelles plus précises. Ce document est destiné à sensibiliser le plus haut niveau de management des sociétés minières qui porte la stratégie de la société.

Intérêt du document en termes de recommandations opérationnelles relatives à la stabilité :

Organisation	Intérêt	Technique	Intérêt
Conception		Remblai et dépôt de résidus	
Construction initiale Mise en service		Sol de fondation	
Exploitation Construction intermédiaire		Gestion du niveau d'eau dans la retenue	
Arrêt de l'exploitation Abandon		Séisme	

Structure du document

INTRODUCTION

The Strategic Framework
Structure of the Report

REGULATORY SETTING

State and Territory
International
Industry

OBJECTIVES AND PRINCIPLES

TAILINGS MANAGEMENT

1 STEWARDSHIP

- 1.1 Best practice
- 1.2 Waste minimisation
- 1.3 Continual improvement
- 1.4 Innovation
- 1.5 Benchmarking

2 STAKEHOLDER ENGAGEMENT

- 2.1 Information strategy
- 2.2 Community consultation
- 2.3 Responsiveness

3 RISK MANAGEMENT

- 3.1 Risk assessment
- 3.2 Risk mitigation
- 3.3 Emergency response

4 IMPLEMENTATION

- 4.1 Effective management
- 4.2 Appropriate operational controls
- 4.3 Compliance
- 4.4 Reporting

5 CLOSURE

- 5.1 Integrated closure planning
- 5.2 Long-term stability
- 5.3 Performance Monitoring

SUPPORTING DOCUMENTATION

Standards and Guidelines
References
Definitions
Acronyms

ANNEXE B

Références croisées des documents sélectionnés

Références croisées des documents sélectionnés

Documents cités en références

	[10]	[1]	[11]	[2]	[12]	[13]	[14]	[25]	[15]	[16]	[17]	[3]	[5]	[8]	[21]	[22]	[20]	[4]	[26]	[18]	[7]	[6]	[27]	[24]	[23]	[9]	[19]
10																											
1																											
11																											
2			X																								
12	X	X																									
13	X	X	X																								
14	X																										
25		X																									
15	X																										
16					X	X																					
17	X	X																									
3			X																								
5																											
8		X	X			X											X										
21			X				X			X	X	X					X										
22	X		X				X			X	X	X			X												
20					X	X	X			X	X	X				X											
4																											
26															X	X											
18	X	X	X		X	X	X			X	X	X					X										
7		X																									
6	X		X		X	X	X			X	X	X		X													
27				X				X						X													
24								X									X							X			
23													X				X						X		X		
9		X		X					X	X	X										X						
19																											

Tableau 1 : Références croisées des documents sélectionnés (documents classés chronologiquement).

ANNEXE C

Brèves descriptions des principales ruptures d'ouvrages de rétention industriels évoquées dans les documents sélectionnés

Brèves descriptions des principales ruptures d'ouvrages de rétention industriels évoquées dans les documents sélectionnés

Buffalo Creek, Etats-Unis

Le 26 février 1972, un ouvrage de rétention de l'exploitation de charbon de Buffalo Creek, se rompt et libère environ 500 000 m³ de résidus, causant 125 morts et détruisant plus de 500 maisons. Il s'agit d'un ouvrage en barrage de vallée multiple (triple) dont la rupture est consécutive à de fortes pluies.

Source : <http://www.wvculture.org/history/buffcreek/buff1.html>

Stava, Italie

Le 19 juillet 1985, un ouvrage de rétention de l'exploitation de fluorite de Stava, se rompt et libère environ 190 000 m³ de résidus, causant 269 morts. Il s'agit d'un ouvrage en barrage de vallée multiple (double) dont la rupture pourrait avoir été engendrée par un défaut de fondation ou un conduit de décantation défaillant.

Source : « *Tailings Dams. Risk of dangerous occurrences. Lessons learnt from practical experiences* » ICOLD. Référence [18].

Merriespruit, Afrique du Sud

Le 22 février 1994, un ouvrage de rétention de l'exploitation d'or de Merriespruit, se rompt et libère environ 2,5 millions de tonnes de résidus, causant 17 morts. Il s'agit d'un ouvrage de rétention annulaire dont la rupture est consécutive à de fortes pluies ayant élevé le niveau piézométrique dans le remblai

Source : « *Tailings Dams. Risk of dangerous occurrences. Lessons learnt from practical experiences* » ICOLD. Référence [18].

Los Frailes, Espagne

Le 24 avril 1998, un ouvrage de rétention de l'exploitation polymétallique de Los Frailes, se rompt et libère environ 6 800 000 m³ de résidus dans l'environnement. Il s'agit d'un ouvrage de rétention annulaire dont la rupture est consécutive à un défaut de fondation.

Source : « *Tailings Dams. Risk of dangerous occurrences. Lessons learnt from practical experiences* » ICOLD. Référence [18].

Baia Mare, Roumanie

Le 30 janvier 2000, un ouvrage de rétention de l'exploitation d'or de Baia Mare se rompt et libère environ 100 000 m³ d'effluents riches en cyanure dans les rivières avoisinantes. Les fortes précipitations auraient saturé les résidus et compromis la stabilité du remblai en provoquant des déplacements locaux.

Source : « *Tailings Dams. Risk of dangerous occurrences. Lessons learnt from practical experiences* » ICOLD. Référence [18].

ANNEXE D

Exemples de classification des ouvrages de rétention industriels
extraits des différentes références

Exemples de classification des ouvrages de rétention industriels, extraits des différentes références

Remarque : cette annexe reprend le contenu de plusieurs documents de référence en anglais et propose une traduction en français du texte original.

Le document de référence [24] propose la classification en deux catégories définies dans le tableau ci-après.

Classe	Critères
Grand	Plus de 5 m de hauteur et plus de 50 000 m ³ Plus de 10 m de hauteur et plus de 20 000 m ³ Plus de 15 m de hauteur, quelque soit le volume stocké
Petit	Autres configurations
Le document différencie également les ouvrages contenant des résidus contaminés.	

Ce classement est utilisé par exemple pour définir la nécessité ou non de mettre en place un évacuateur de crue.

Le document de référence [10] propose une double classification en terme d'envergure et de danger potentiel, reprise de publications de l'US Army Corps of Engineers.

Classe d'envergure	Emmagasinement (valeur convertie en unités métriques et arrondie)	Hauteur (valeur convertie en unités métriques et arrondie)
Petit	Entre 60 000 m ³ et 1 200 000 m ³	Entre 7 et 12 m
Moyen	Entre 1 200 000 m ³ et 60 000 000 m ³	Entre 12 et 30 m
Grand	Supérieur à 60 000 000 m ³	Supérieure à 30 m

Classe de danger potentiel	Pertes de vie	Pertes économiques
Faible	Aucune prévue (aucune structure permanente pour habitation humaine)	Minimes (Aucun aménagement ou occasionnellement structures ou agriculture)
Significatif	Peu nombreuses (aucun aménagement urbain et seulement quelques habitations)	Notables (agriculture, industries ou structures)
Elevé	Nombreuses	Importantes (communauté, industrie ou agriculture développées)

Ce classement est utilisé notamment pour définir la crue de dimensionnement de l'évacuateur de crue.

Le document de référence [9] reprend trois classifications extraites des bonnes pratiques suédoise (RIDAS System, premier tableau), de la réglementation norvégienne (deuxième tableau) et de la réglementation espagnole (troisième tableau). La classification RIDAS est utilisée pour la définition de la revanche et de la capacité de l'évacuateur de crue.

Classe	Conséquences
1A	Risque évident pour la vie humaine
1B	Risque non négligeable pour la vie humaine ou risque sérieux de blessure
Classe	Conséquences
1A	Risque évident de : 1) dommages très importants aux structures essentielles, aux infrastructures essentielles, ou fort impact sur l'environnement, et 2) pertes économiques importantes (> 10 M €, valeur 2002)
1B	Risque important de : 1) dommages très importants aux structures essentielles, aux infrastructures essentielles, ou fort impact sur l'environnement, et 2) pertes économiques très importantes (> 10 M €, valeur 2002)
2	Risque non négligeable d'atteinte aux structures essentielles, aux infrastructures essentielles, ou fort impact sur l'environnement et dommages aux tiers (< 5 M €, valeur 2002)
3	Risque négligeable d'atteinte aux structures essentielles, aux infrastructures essentielles, ou fort impact sur l'environnement et dommages aux tiers

Classe	Conséquence	Nombre d'habitations concernées
1	Risque faible	0
2	Risque modéré	0 - 20
3	Risque fort	> 20
Prise en compte qualitative :		
1) des dommages potentiels sur les infrastructures majeures de transport		
2) des atteintes potentielles à l'environnement et des éventuelles pertes économiques		

Classe	Risque			
	Population	Infrastructures et services essentiels	Dommages matériels	Dommages environnementaux
A	Sérieux pour plus de 5 habitations	Sérieux	Très sérieux	Très sérieux
B	Sérieux pour 1 à 5 habitations	-	Sérieux	Sérieux
C	Pas d'habitation	-	Modéré	-

Le document de référence [3] propose la classification décrite dans le tableau suivant à partir de plusieurs critères.

Classe	Nombre d'habitants dans la zone d'influence	Nombre de personnes travaillant dans la zone d'influence ⁽¹⁾	Valeur des enjeux situés dans la zone d'influence ⁽²⁾	Profondeur des éventuels travaux miniers sous l'ouvrage
Faible potentiel de danger	0	< 10	< 500 000 €	> 200 m
Potentiel de danger modéré	1 - 10	11 -100	500 000 € - 5 000 000 €	50 m – 200 m
Fort potentiel de danger	> 10	> 100	> 5 000 000 €	< 50 m

1) Non compris les travailleurs exploitant l'ouvrage de rétention industriel
2) Approximation en € 2011, à partir des valeurs originales données en Rand 1996

Ce classement par rapport à la sécurité, est par exemple utilisé pour la fréquence des procédures d'audit et le niveau de qualification de l'auditeur.

Concernant la protection de l'environnement, une annexe de la norme [3] précise la démarche à adopter pour évaluer les dangers potentiels, de manière similaire à une étude d'impact.

Les documents de référence [21] et [22] proposent une classification en trois classes en fonction de la hauteur de l'ouvrage de rétention et du niveau de danger potentiel.

Niveau de danger potentiel		Haut	Significatif	Bas
Hauteur maximum ⁽¹⁾	> 15 m	Classe 1	Classe 1	Classe 1
	5 – 15 m	Classe 1	Classe 2	Classe 2
	< 5 m	Classe 1	Classe 2	Classe 3

1) Tous les ouvrages de rétention industriels bloquant une vallée ou perturbant de manière significative les écoulements naturels doivent être placés en classe 1 indépendamment de la taille de l'ouvrage.

Le niveau de danger potentiel est déterminé à partir de critères environnementaux et de sécurité, selon le tableau reproduit ci-après.

Ce classement est utilisé notamment pour le niveau de qualification des équipes de conception et de construction, ainsi que pour la définition des fréquences des inspections.

	NIVEAU DE DANGER POTENTIEL		
	HAUT	SIGNIFICATIF	BAS
Percolations et rejets non contrôlés			
Pertes humaines	- contamination attendue d'une ressource en eau potable - consommation attendue de l'eau contaminée	- contamination possible mais non attendue d'une ressource en eau potable - consommation possible mais non attendue de l'eau contaminée	Pas de contamination attendue d'une ressource en eau potable
Menace sur le bétail	- contamination attendue d'une ressource en eau utilisée pour le bétail - consommation attendue de l'eau contaminée par le bétail	- contamination possible mais non attendue d'une ressource en eau utilisée pour le bétail - consommation possible mais non attendue de l'eau contaminée par le bétail	Pas de contamination attendue d'une ressource en eau utilisée pour le bétail
Dommages environnementaux	Impact attendu sur un élément sensible de grande valeur environnementale	Impact possible mais non attendu ou élément de moindre valeur environnementale	Pas d'impact attendu ou pas d'élément de valeur environnementale significative
Rupture de l'ouvrage de rétention industriel			
Pertes humaines	Pertes humaines attendues du fait de la présence d'une zone urbanisée	Pertes humaines possibles mais non attendues du fait d'une faible urbanisation	Pas de pertes humaines attendues
Pertes économiques directes	Pertes économiques importantes , notamment au niveau des infrastructures urbaines, industrielles, commerciales, agricoles et minières, des utilités et de l'ouvrage de rétention lui-même ou d'autres ouvrages de rétention en aval	Pertes économiques appréciables , notamment dommages au niveau des réseaux secondaires de transport, des établissements publics d'importance relative, des infrastructures minières et de l'ouvrage de rétention lui-même ou d'autres ouvrages de rétention en aval	Pas de pertes économiques importantes , mais des dommages légers possibles aux sols arables, aux réseaux de transport de faible importance, aux infrastructures minières, etc.
Pertes économiques indirectes	L'ouvrage de rétention est essentiel pour l'exploitation et les travaux de réhabilitation ne sont pas réalisables	Les travaux de réhabilitation sont réalisables	Les travaux de réhabilitation sont réalisables Les pertes indirectes ne sont pas significatives

ANNEXE E

Comparatifs synthétiques des différentes méthodes de conception des ouvrages de rétention industriels extraits des différentes références

Comparatifs synthétiques des différentes méthodes de conception des ouvrages de rétention industriels, extraits des différentes références

Remarque : cette annexe reprend le contenu de plusieurs documents de référence en anglais et propose une traduction en français du texte original.

Le document de référence [1] propose le tableau comparatif suivant.

Méthode de construction	Méthode amont	Méthode aval	Méthode centrale	Barrage conventionnel
Propriétés requises des résidus déversés	Au moins 60% de sable. Boue de faible densité pour une bonne ségrégation	Tout type de résidus	Sables ou boues à faible plasticité	Tout type de résidus
Conditions de déversement	Déversement périphérique. Nécessité de bien contrôler la plage de déversement	Variable selon les détails de conception	Déversement périphérique nécessaire. Plage de déversement conseillée.	Tout déversement
Aptitude à stocker les effluents liquides	Non adapté	Bonne	Non recommandée pour un stockage permanent. La rétention temporaire d'eau peut être prévue dans la conception	Bonne
Résistance au séisme	Faible dans les zones très sismiques	Bonne	Acceptable	Bonne
Conditions d'élévation des remblais successifs	Moins de 4,5 à 9 m par an. Des élévations de plus de 15 m peuvent s'avérer dangereuses.	Aucune	Prévoir une limite de hauteur des remblais successifs	Sans objet (une seule phase)
Matériaux de construction des remblais	Sol naturel, déchets de taille, résidus sableux	Déchets de taille, résidus sableux, sol naturel	Déchets de taille, résidus sableux, sol naturel	Matériau d'emprunt
Coût relatif	Faible	Elevé	Modéré	Elevé
Utilisation de noyaux imperméables	Impossible	Possible (noyau incliné)	Possible (noyau central)	Possible

Le document de référence [23] donne des indications générales sur les méthodes amont et aval, compilées dans le tableau suivant.

Problématique	Méthode aval	Méthode amont
Matériau de construction	Nécessite d'importants volumes de matériau d'emprunt	Une fois le remblai d'amorce réalisé, les volumes sont faibles Résidus suffisamment asséchés et compactés pour que des engins puissent circuler dessus
Coût de construction	Les élévations successives sont de plus en plus coûteuses	Faibles quantités nécessaires, peu de matériau d'emprunt, pas de transport de résidus
Emprise	Les élévations successives prennent de plus en plus d'emprise au sol	Les élévations successives ne modifient pas l'emprise initiale. A emprise identique, plus de volume stocké qu'avec la méthode aval
Stabilité géotechnique	Améliorée par la présence de matériaux d'emprunt	L'utilisation des résidus fins comme matériau de construction des élévations peut conduire à des niveaux perchés dans le remblai
Percolations, suintements	Le système de contrôle peut facilement être implémenté	Impossible d'incorporer des dispositifs de contrôle dans les élévations successives
Contaminants	La couverture épaisse limite les risques d'oxydation mais confine l'eau et les polluants	Les résidus excavés pour le montage des remblais sont soumis à l'oxydation L'assèchement et l'utilisation des résidus fins comme matériau d'élévation, réduit la teneur en eau susceptible de percoler et de se charger en polluants
Stabilité à l'érosion	La couverture épaisse limite les risques d'érosion	La couverture faible n'est pas une garantie à long terme contre l'érosion Il faut prévoir une couverture spécifique en plus pour limiter les risques d'érosion
Réhabilitation	La couverture épaisse autorise la reprise de la pente	La couverture faible rend nécessaire le recours à des matériaux d'emprunt lors de la réhabilitation pour conserver une épaisseur de couverture finale correcte

Le document de référence [10] donne les indications générales suivantes sur les différentes méthodes de construction.

Type de barrage	Indications
Méthode amont	<p>Nécessité de résidus sableux de qualité suffisante pour la construction des remblais</p> <p>Ne convient pas en zone à risque sismique</p> <p>La hauteur doit rester modérée, car la stabilité est inversement proportionnelle à la hauteur</p> <p>Méthode la plus économique</p> <p>Les structures périphériques sont très vite construites</p> <p>Nécessité d'une bonne gestion de la plage de déversement</p> <p>(Non adapté dans les vallées larges et pour les ouvrages de rétention annulaires, car la longueur de la plage de déversement est réduite)</p>
Méthode aval	<p>Stabilité meilleure que pour les autres méthodes</p> <p>Seule solution sûre en zone très sismique</p> <p>Peu économique</p>
Méthode centrale	<p>Solution intermédiaire</p> <p>Meilleure stabilité sismique que la méthode amont et volume de fraction sableuse nécessaire moins important que pour la méthode aval</p>

ANNEXE F

Tableau synthétique des paramètres à suivre pendant l'exploitation et après abandon du site

Tableau synthétique des paramètres à suivre pendant l'exploitation et après abandon du site.

Remarque : cette annexe reprend le contenu de plusieurs documents de référence en anglais et propose une traduction en français du texte original.

Plusieurs documents de référence abordent les paramètres à suivre pendant et après l'exploitation.

La référence *Auscultation des barrages de stériles. Synthèse et recommandations. Bulletin 104. Commission Internationale des Grands Barrages. 1996. [16]* traite de manière approfondie le thème de l'auscultation des ouvrages de rétention industriel pour chaque méthode de construction, que l'ouvrage soit en exploitation ou en phase d'abandon.

D'autres documents, en particulier ceux traitant de l'organisation à mettre en place en phase d'exploitation, indiquent une liste des paramètres importants à suivre, que ce soit par inspection visuelle, grâce à l'instrumentation mise en place, voire même à partir d'un contrôle en continu des paramètres d'exploitation (échantillonnage et test en laboratoire des résidus déversés par exemple). C'est le cas des trois documents suivants :

- *Mine Residue. Code of practice. South African Bureau of Standards. September 1998. [3] ;*
- *Developing an Operation, Maintenance and Surveillance Manual for Tailings and Water Management Facilities. Mining Association of Canada. 2003. [6] ;*
- *Reference document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities. European Commission January 2009. [9] . Ce document synthétise les informations de la référence [16].*

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble des paramètres à suivre pendant l'exploitation et après abandon du site, à partir des documents présentés.

Paramètres	Référence		
	[3]	[6]	[9], [16]
Débit et pression dans les conduites de transport de boue	X	X	
Tonnage mensuel déposé	X		X
Granulométrie de la fraction solide des boues	X		X
Rapport des fractions massiques issues des hydrocyclones	X		
Densité des boues, ou teneur en eau	X		X
Etat de la surface - fissures, bombement, dépressions, fontis, végétation		X	
Géométrie de la pente et de la crête	X	X	X
Caractéristiques mécaniques du remblai en place (densité, résistance au cisaillement)			X
Vitesse d'élévation du remblai et densité in-situ	X		
Pente de la plage de déversement		X	
Longueur de la plage de déversement			X
Percolations à travers le remblai ou ses fondations (nouvelles zones humides en parement, déplacement des zones humides), débit des drains	X	X	X
Pressions interstitielles		X	X
Qualité des eaux (eaux de surface et eaux souterraines), turbidité	X	X	X
Niveaux piézométriques	X	X	X
Performance des ouvrages de décantation (débit, niveau)	X		
Evènements sismiques		X	X
Pression interstitielle dynamique et liquéfaction			X
Nombre d'hydrocyclones en fonctionnement	X		
Radioactivité	X		
Photographies	X		
Etat général	X		
Densité de compactage (dépôt de charbon)	X		
Température (dépôt de charbon)	X		
Suivi biologique		X	
Analyse des poussières		X	
Communications		X	
Approvisionnement énergétique		X	

ANNEXE G

Recommandations sur la prise en compte du sol de fondation

Recommandations sur la prise en compte du sol de fondation.

Remarque : cette annexe reprend le contenu de plusieurs documents de référence en anglais et propose une traduction en français du texte original.

Aucun document de référence ne traite spécifiquement et uniquement de la prise en compte du sol de fondation, notamment car il ne s'agit pas d'une problématique vraiment spécifique aux ouvrages de rétention industriels, et qu'elle intervient uniquement dans les phases conception / construction initiale au cours desquelles l'exploitant industriel peut faire appel à un prestataire spécialisé maîtrisant ce domaine de compétence. Néanmoins, les trois documents généraux suivants donnent quelques recommandations opérationnelles concernant le sol de fondation :

- *Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams. Steven G. Vick. 1983, 1990. Chapitre 7. [1] ;*
- *Manuel des barrages et dépôts des stériles. Bulletin 45. Commission Internationale des Grands Barrages. 1982. Chapitre 3.4. [10] ;*
- *Guide des barrages et retenues de stériles. Conception, construction, exploitation et réhabilitation. Bulletin 106. Commission Internationale des Grands Barrages. Programme des Nations Unies pour l'Environnement. 1996. Chapitre 3.6 [17].*

Les recommandations les plus importantes sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Dans le cas de fondations compressibles présentant également une mauvaise résistance mécanique, comme la tourbe ou les argiles normalement consolidées les différentes options possibles sont :

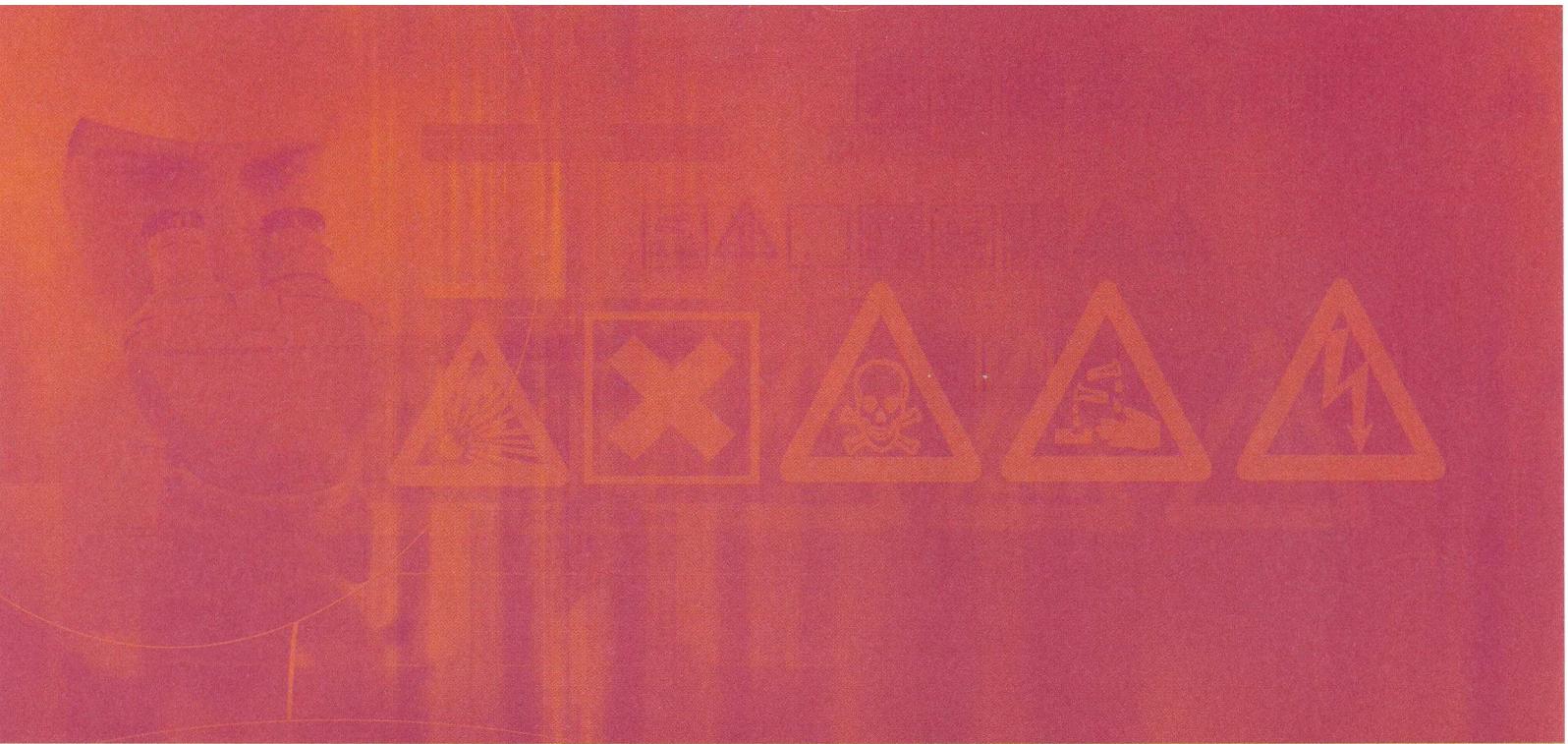
- d'adoucir les pentes des remblais ;
- d'excaver les sols de moindre résistance avant la construction ;
- de calculer la consolidation théorique et l'augmentation de la résistance mécanique du sol de fondation qui en résulte pour définir les cadences d'élévation, puis de suivre la consolidation in-situ pendant l'exploitation ;

La consolidation peut être accélérée en implémentant des drains verticaux dans les terrains compressibles.

Dans les terrains de très mauvaise qualité, une clé d'ancrage peut être réalisée jusqu'à des terrains plus compétents.

D'autre part, la liquéfaction de la fondation doit être étudiée à chaque fois que des sables de faible densité et saturés sont identifiés dans la fondation.

Enfin, dans les régions arides, il faut faire attention aux sols effondrables, comme les loess, susceptibles de connaître de très forts tassements suite à l'arrivée d'eau.



*maîtriser le risque |
pour un développement durable |*

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - **Internet** : <http://www.ineris.fr>