

RAPPORT D'ÉTUDE

22/12/2014

INERIS-DRS-13-133405-04385B

DRADRS81 - Opération A

**Document pédagogique pour l'établissement de
prescriptions sur les bassins de rétention
industriels**

Version B

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

DRADRS81 - Opération A

Document pédagogique pour l'établissement de prescriptions sur les bassins de rétention industriels

Version B

INERIS

Personnes ayant contribué à l'élaboration du document : Marie-Pierre HANESSE,
Thomas RICHARD

PRÉAMBULE

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.

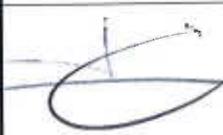
	Rédaction		Vérification	Approbation
NOM	Jean-Claude PINTE	Christophe DUVAL	Jean-Bernard KAZMIERCZAK	Mehdi GHOREYCHI
Qualité	Ingénieur géotechnicien Direction des Risques du Sol et du sous-sol	Ingénieur risque industriel Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'unité Risques Naturels, Ouvrages et Stockages	Directeur des Risques du Sol et du sous-sol
Visa				

TABLE DES MATIÈRES

1. AVANT-PROPOS	5
2. QU'EST-CE QU'UN BASSIN DE RÉTENTION INDUSTRIEL ?	7
3. CONCEPTION	9
3.1 Typologie des bassins.....	9
3.2 Géométrie des remblais	10
3.3 Etanchéité – Drainage.....	11
3.4 Méthodes d'élévation	12
4. CONSTRUCTION	15
4.1 Eléments techniques à contrôler	16
4.2 Mise en œuvre des remblais - Application du GTR92.....	17
4.3 Contrôles au cours de la mise en œuvre.....	17
5. EXPLOITATION	19
5.1 Opérations d'exploitation.....	19
5.2 Surveillance en exploitation.....	19
6. FERMETURE.....	23
7. MODES DE DÉFAILLANCE.....	25
7.1 Défaillances du sol d'assise de l'ouvrage.....	25
7.2 Défaillances du corps de remblai	26
7.3 Ruptures se développant dans le dépôt de résidus	27
7.4 Défaillances liées à l'action érosive de l'eau	28
7.5 Pollution du milieu naturel par infiltration dans le sous-sol.....	30
8. ETABLISSEMENT DES PRESCRIPTIONS	31
8.1 Remplir la fiche de renseignements (étape 1).....	32
8.2 Identifier la catégorie du bassin (étape 2)	32
8.3 Analyser la connaissance du bassin (étape 3)	32
8.4 Déterminer s'il s'agit d'une configuration classique de bassin (étape 4a) ...	33
8.5 Demander un diagnostic du bassin (étape 4b).....	33
8.6 Etablir les prescriptions (étapes 5a, 5b et 5c)	34
9. LISTE DES ANNEXES	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Un exemple de bassins de l'industrie agro-alimentaire	8
Figure 2 - Typologie des bassins.....	10
Figure 3 - Solutions d'étanchéité-drainage pour le corps de remblai.....	12
Figure 4 - Méthodes d'élévation des remblais des bassins de rétention	14
Figure 5 - Phasage de construction d'un remblai	16
Figure 6 - Evolutions types des mesures d'auscultation.....	21
Figure 7 - Dispositifs types d'auscultation sur ouvrage	22
Figure 8 - Rupture d'un remblai due au glissement d'une pente naturelle.....	25
Figure 9 - Rupture par poinçonnement.....	26
Figure 10 - Rupture par cisaillement rotationnel.....	26
Figure 11 - Ruptures régressives de surface.....	27
Figure 12 - Rupture de la masse de remblai	27
Figure 13 - Déformations, tassements différentiels	28
Figure 14 - Rupture de l'ensemble remblai-résidus	28
Figure 15 - Démarche pour l'établissement des prescriptions sur un bassin de rétention industriel existant.....	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Définition et organisation des contrôles.....	15
Tableau 2 - Synthèse des moyens d'auscultation	22
Tableau 3 - Prescriptions génériques.....	35

1. AVANT-PROPOS

Ce document s'adresse aux inspecteurs des installations classées chargés de l'inspection des bassins de rétention présents sur des sites industriels.

Il s'agit d'un document pédagogique, qui permet au lecteur de se familiariser avec la conception, la construction, l'exploitation et la fermeture des bassins de rétention industriels. Les modes de défaillance privilégiés de ces ouvrages sont également détaillés. Enfin, un chapitre aborde exclusivement l'établissement des prescriptions administratives relatives à ces ouvrages. En annexe, le lecteur peut trouver un glossaire illustré et 3 fiches pour l'assister dans sa mission :

- une fiche de renseignements ;
- une fiche de prescriptions pour les bassins existants ;
- une fiche d'inspection.

Le lecteur trouvera, dans le glossaire, l'explication des mots dont la première occurrence est soulignée dans le document.

Ce document a été élaboré par l'INERIS, dans le cadre d'un programme d'appui au Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, et plus particulièrement pour le Service des Risques Technologiques à la Direction Générale de la Prévention des Risques.

Une version A de ce document a été rédigée en juillet 2013. En 2014, afin de mieux intégrer le besoin des inspecteurs des installations classées sur cette thématique, l'INERIS a accompagné la DREAL Centre lors d'une inspection sur des bassins de rétention industriels du secteur agroalimentaire. La prise en compte de ce retour d'expérience a conduit à l'édition d'une version B du document. Les modifications concernent principalement le chapitre 8 et, dans une moindre mesure, la fiche de renseignements et la fiche d'inspection.

2. QU'EST-CE QU'UN BASSIN DE RÉTENTION INDUSTRIEL ?

Il est difficile de donner une définition simple qui convienne à tous les bassins de rétention industriels. On pourra retenir que ce sont des ouvrages édifiés le plus souvent par terrassement pour y stocker de l'eau, des effluents ou des résidus de procédés industriels généralement transportés par voie hydraulique.

Les termes de cette définition évoquent par eux-mêmes tout un ensemble d'implications sur la conception et la réalisation de ces ouvrages :

- **terrassement** – ce terme est associé aux travaux publics et renvoie aux règles de l'art d'usage dans la profession ; les matériaux utilisés sont le plus souvent les matériaux naturels présents sur site, tassés en déblai-remblai pour former une structure de confinement ; des sous-produits industriels pourront parfois être utilisés s'il s'avère que leurs caractéristiques mécaniques le permettent ; la connaissance des matériaux est un préalable indispensable pour que leur mise en œuvre soit aussi performante que possible et, pour cela, la profession s'appuie sur des décennies d'expérience rassemblées dans des normes et des guides techniques reconnus¹ ;
- **stocker** – que le stockage soit définitif ou que l'on souhaite réutiliser tout ou partie des produits stockés, la perméabilité du remblai et de la fondation doit donc le plus souvent rester faible : cela implique des caractéristiques hydrauliques maîtrisées, l'emploi éventuel d'additif lors de la mise en œuvre des dernières couches de remblai, voire la mise en place de dispositifs d'étanchéité rapportés ;
- **eau, effluents et résidus de procédés industriels** – les produits issus des procédés industriels et destinés à être stockés dans des bassins peuvent être des liquides, des solides pulvérulents de faible granulométrie ou des boues ; ils peuvent être inertes, toxiques ou dangereux pour l'environnement ; le volume et la nature des résidus peuvent évoluer dans le temps en fonction des procédés industriels, ce qui conduit dans certains cas à envisager des bassins évolutifs érigés par phases ;
- **transport par voie hydraulique** – la plupart du temps, les effluents et résidus de procédés industriels sont transportés hydrauliquement jusqu'aux bassins par des conduites, après mise en suspension de la fraction solide dans de l'eau ; en fonction des caractéristiques granulométriques de la fraction solide, du mode de mise en dépôt, des dimensions du dépôt et des percolations effectives, les produits stockés peuvent sédimenter progressivement ; dans ce cas, la phase liquide, souvent appelée « surnageant » est alors évacuée par un dispositif adéquat et laisse dans le bassin un matériau assimilable à un sol en cours de consolidation ; néanmoins, dans certaines conditions, ce matériau conserve longtemps après sa mise en dépôt sa capacité à s'écouler, ce qui rend nécessaire une surveillance et un entretien prolongés au-delà de l'arrêt de l'exploitation.

¹ « Guide des Terrassements Routiers, Réalisation des remblais et des couches de forme » du SETRA – LCPC, GTR 92, et sa traduction, la norme NF-P-11-300 pour ce qui concerne la partie classification ; ces documents devraient légèrement évoluer en intégrant davantage le contexte européen et international

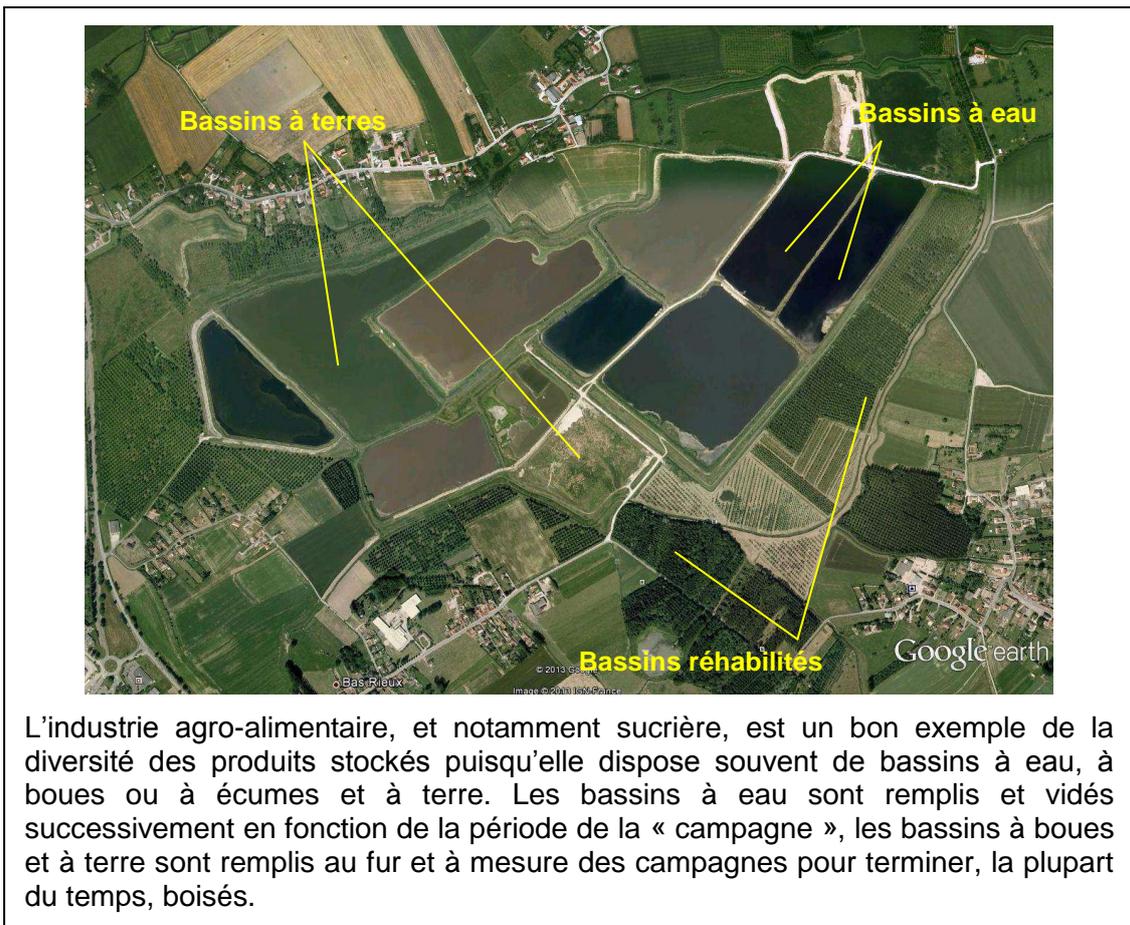


Figure 1 - Un exemple de bassins de l'industrie agro-alimentaire

Cette définition nous amène à aborder successivement dans les chapitres suivants (chapitres 3 à 6) les grands principes de conception, de construction, d'exploitation et de fermeture de ces ouvrages. Ensuite, les modes de défaillance privilégiés de ces ouvrages sont décrits au chapitre 7. Enfin, des conseils pratiques pour l'établissement des prescriptions administratives sont indiqués dans le chapitre 8.

3. CONCEPTION

Il est important de rappeler les principales préoccupations auxquelles doit répondre la conception d'un bassin de rétention industriel, outre l'aspect économique qui est une contrainte primordiale imposant notamment que le bassin soit situé à proximité des installations industrielles et limitant ainsi les choix d'implantation.

La première préoccupation est la stabilité de l'ouvrage. Sans aller dans le détail, les différents éléments influant sur la stabilité sont le terrain de fondation, les matériaux de construction des remblais, la géométrie de l'ouvrage et le régime d'écoulement des eaux. Il faut donc s'assurer de la bonne connaissance de ces éléments et de leur évolution dans le temps.

La seconde préoccupation est de concevoir un projet ayant un impact aussi faible que possible sur l'environnement. Le point le plus important est sans doute de prévoir des aménagements adaptés pour éviter les pollutions dues à la percolation des effluents à travers les remblais, aussi bien pendant la durée de l'exploitation qu'après sa fermeture. Il ne faut cependant pas négliger les envols de poussières qui peuvent, sous certains climats, devenir prépondérants.

3.1 TYPOLOGIE DES BASSINS

Le choix du type de bassin se fait nécessairement en fonction de la topographie locale (voir Figure 2) :

- les bassins constitués à partir d'un remblai périphérique ou bassins annulaires : cette géométrie est utilisée en terrain plat ou peu penté ; les apports d'eau dus au ruissellement ou aux précipitations sont réduits à la surface du bassin ; toutefois, le rapport volume stocké/volume de remblai est généralement plus faible que pour les autres types ;
- les remblais en barrage de vallée : cette structure consiste à barrer une vallée par un remblai ; elle donne le meilleur rapport volume stocké/volume de remblai. L'existence d'un bassin versant en amont nécessite la réalisation d'un fossé de dérivation de manière ne pas apporter d'eaux météoriques supplémentaires dans le bassin de rétention. L'absence de dérivation conduit à la dilution du surnageant par les eaux amont et nécessite la réalisation d'un système d'évacuation des crues ; de plus, lors de l'abandon définitif du site se pose le problème du bon rétablissement des écoulements, en tenant compte de l'éventuelle pollution des eaux qui pourraient percoler à travers les résidus ;
- les remblais collinaires ou à flanc de coteau ayant une forme de croissant : édifiés sur un terrain suffisamment penté pour se dispenser de remblai sur le côté amont du bassin, ils offrent un rapport volume stocké/volume de remblai intermédiaire aux deux solutions précédentes en combinant leurs avantages et inconvénients ; ce type d'ouvrage nécessite de s'intéresser davantage à la stabilité en grand en fonction des nouvelles conditions de contraintes géomécaniques, hydrauliques et hydrogéologiques engendrées par l'ouvrage.

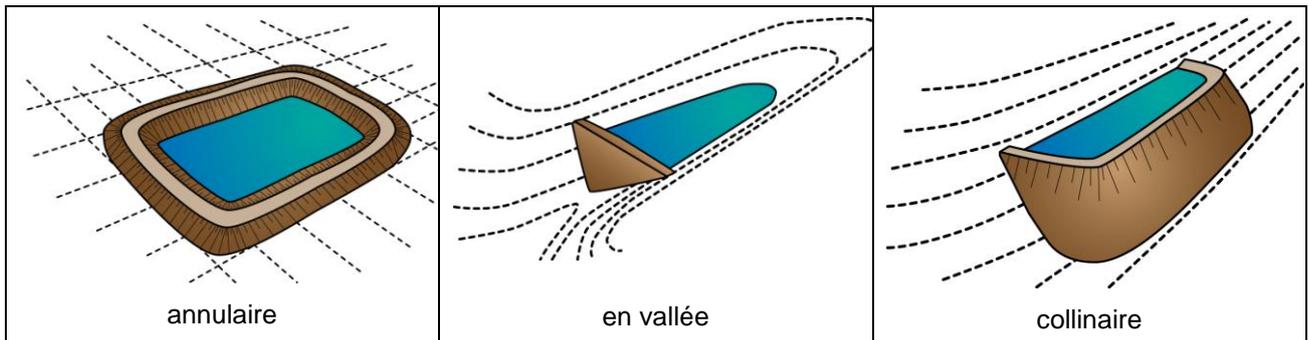


Figure 2 - Typologie des bassins

En France, le premier type est le plus représenté.

3.2 GÉOMÉTRIE DES REMBLAIS

Un bassin de rétention industriel est souvent caractérisé par le volume qu'il est capable d'accueillir et par le type d'effluent qu'il contient. Pour les aspects liés à la stabilité, les grandeurs caractéristiques sont plutôt la hauteur des remblais, la pente des parements, la largeur en crête et la valeur de la revanche. Les grandeurs constituant la géométrie du remblai sont visibles sur la figure de l'annexe A :

- la hauteur des remblais ① – elle est souvent appréciée par rapport au terrain naturel qui entoure le bassin et elle joue un rôle important dans la stabilité : à caractéristiques mécaniques et pente égales, plus un talus est haut plus son facteur de sécurité est faible, sauf pour les sols sans cohésion où l'eau ne circule pas, ce qui est rarement le cas des bassins. Si le bassin a été construit en déblai-remblai, l'intérieur du bassin se trouve à une altitude plus faible que l'extérieur et donc, lors de la construction et avant mise en service, le parement intérieur du bassin est plus long que le parement externe ;
- la pente des parements ② – un bassin en remblai possède un parement interne et un parement externe dont les pentes peuvent être différentes ; en effet, le parement interne, confiné à terme par les effluents, peut alors admettre un facteur de sécurité en phase exploitation plus faible. La pente des parements est choisie en fonction des caractéristiques mécaniques des matériaux qui constituent le remblai et en fonction de la position attendue de la ligne de saturation pour obtenir un facteur de sécurité satisfaisant à toutes les étapes de la vie de l'ouvrage ; cette pente peut varier de 4/1 pour des matériaux de mauvaise qualité à 3/2 pour des matériaux de bonne qualité, voire 1/1 pour des matériaux traités. Les caractéristiques des matériaux doivent être appréciées par des essais appropriés ; elles sont ensuite introduites dans un modèle de calcul (avec la géométrie envisagée et les conditions d'écoulement dans le corps de remblai, s'il n'est pas étanche) afin d'apprécier la stabilité du remblai dans diverses conditions (fin de construction, pendant l'exploitation, après fermeture...) ;

- la largeur en crête ③ – la crête du remblai doit permettre de circuler en toute sécurité et doit donc disposer d'une largeur suffisante ; la circulation est celle des engins lors de son élévation puis celle des engins permettant la mise en place ou le retrait des organes d'exploitation (canalisation, pompe...) ainsi que l'entretien (fauchage des parements, petite réparation...). Pour une circulation à simple sens, une largeur de 5 à 6 mètres permet le passage d'un engin le long d'une canalisation d'amenée des résidus (coté bassin) en maintenant une distance de sécurité suffisante avec le parement externe (éventuellement assurée par un merlon supplémentaire) ;
- la revanche ④ – c'est la différence entre l'altitude de la crête de remblai et le niveau des plus hautes « eaux » dans le bassin. Elle doit être suffisante pour empêcher la submersion de la crête par les vagues qui se formeraient dans le bassin. Son calcul tient compte de la hauteur des vagues mais aussi du tassement différentiel sur le linéaire de remblai qui pourrait causer un abaissement local de la crête.

3.3 ETANCHÉITÉ – DRAINAGE

La majeure partie des bassins de rétention industriels contient à la fois des résidus et un surnageant. Pour limiter l'impact sur l'environnement, l'exploitant peut rendre étanche le fond du bassin et les remblais afin de limiter les percolations. Celles-ci peuvent également être collectées à l'aval des remblais.

Si le bassin n'est pas étanché, outre le risque de fuite vers l'environnement, les circulations d'eau dans le fond du bassin peuvent s'avérer préjudiciables à la tenue des fondations et une ligne de saturation s'établira dans le corps des remblais. Cette ligne de saturation ⑤ est la trace de la surface libre de l'écoulement dans le corps de remblai qui part du parement interne vers le parement externe. Elle joue un rôle très important sur la stabilité au glissement du remblai, dans les risques d'érosion interne et peut avoir une influence sur les caractéristiques mécaniques en cas de composition chimique agressive. Sa position est souvent supposée lors de l'étude de conception de l'ouvrage et doit être vérifiée en cours d'exploitation (piézomètre).

De manière générale, il faut donc retenir que la sécurité du remblai est améliorée si on rend étanche l'amont et si on draine l'aval des remblais. Pour répondre aux nécessités d'étanchéité-drainage, plusieurs solutions s'offrent à l'exploitant ; ces solutions dépendent principalement des possibilités offertes par les matériaux disponibles, sachant que l'on peut avoir recours à des géosynthétiques pour compenser l'absence de l'une ou l'autre des fonctions à assurer. Les schémas de la Figure 3 illustrent les solutions les plus courantes.

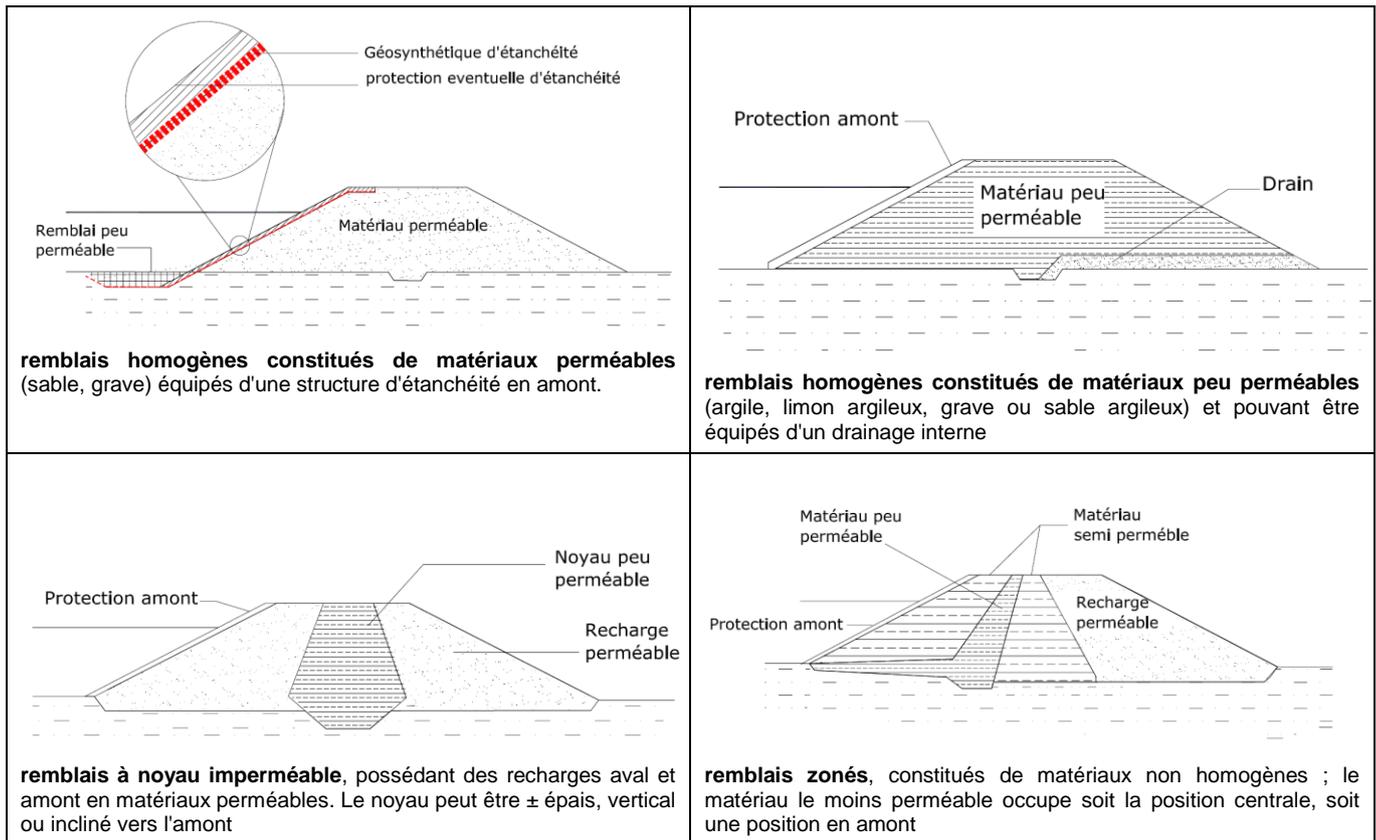


Figure 3 - Solutions d'étanchéité-drainage pour le corps de remblai

3.4 MÉTHODES D'ÉLÉVATION

Les ouvrages peuvent être édifiés en une seule ou plusieurs phases pour s'adapter à la production industrielle. Pour les ouvrages ne nécessitant pas de dispositif d'étanchéité particulier, trois méthodes principales d'exhaussement sont rencontrées, les méthodes aval, amont et centrale, développées ci-dessous et représentées sur la Figure 4.

3.4.1 La méthode aval

En méthode aval, le remblai de la première élévation doit être imperméable. Chacune des nouvelles élévations est ensuite superposée à la crête et au talus aval de la phase précédente. Au fur et à mesure des élévations, la crête de l'ouvrage se déplace donc vers l'aval.

La méthode aval permet de contrôler, à chaque étape de la construction, les paramètres commandant la stabilité de l'ouvrage et l'écoulement des eaux. On peut en effet, sans problème particulier, pour chaque élévation successive :

- définir le compactage éventuellement nécessaire ;
- dimensionner le système de drainage, de manière à contrôler le niveau de saturation dans le corps du remblai ; les drains de pied sont en général suffisants, à condition de les construire subhorizontaux avant la mise en place de la nouvelle élévation.

3.4.2 La méthode amont

En méthode amont, le remblai de la première élévation doit être drainant. Chacune des nouvelles élévations est ensuite édifiée, à l'amont immédiat de la première élévation, directement sur les résidus lorsque ceux-ci ont suffisamment rempli le bassin. Au fur et à mesure des élévations, la crête de l'ouvrage se déplace donc vers l'amont.

En carrière, les matériaux utilisés pour la construction de ces remblais sont parfois des roches concassées ou des terres provenant de la découverte de l'exploitation. Sinon, la première élévation est généralement construite à partir de matériaux d'emprunt prélevés à l'intérieur de l'emprise, augmentant ainsi le volume compris à l'intérieur du bassin. Les rehausses successives peuvent être édifiées avec les résidus contenus dans le bassin en exploitation s'ils présentent des caractéristiques suffisantes.

La méthode de construction amont a longtemps été la plus utilisée car elle est la plus simple à mettre en œuvre. Elle présente cependant de graves faiblesses car les élévations successives reposent en partie sur des matériaux non compactés ;

- quand la hauteur du remblai augmente, la surface de glissement potentielle est située de plus en plus dans les résidus et de moins en moins dans les remblais ; il s'ensuit que le facteur de sécurité diminue très rapidement quand la hauteur croît ;
- les matériaux mis en place hydrauliquement ont une densité relative assez faible, le plus souvent inférieure aux 60 % nécessaires pour assurer la stabilité vis-à-vis de la liquéfaction sismique ;
- le niveau de saturation dans le remblai et le réseau d'écoulement sont difficiles à contrôler, ce qui est très défavorable pour la stabilité.

Cette méthode est celle présentant le plus fort taux de sinistralité ; elle est donc déconseillée pour tout nouvel ouvrage et doit faire l'objet d'une surveillance particulière pour les ouvrages existants. Certains auteurs préconisent de l'abandonner complètement pour les projets nouveaux.

3.4.3 La méthode centrale

En méthode centrale, chacune des surélévations se superpose aux précédentes en maintenant la ligne de centre de la crête dans un plan vertical. La nouvelle élévation est constituée d'un ensemble de couches horizontales dont la largeur diminue à chacun des niveaux.

Deux solutions sont possibles en fonction de la qualité des résidus, soit le talus amont est réalisé lors des terrassements, soit il est constitué par le dépôt des résidus s'ils ont des caractéristiques suffisantes.

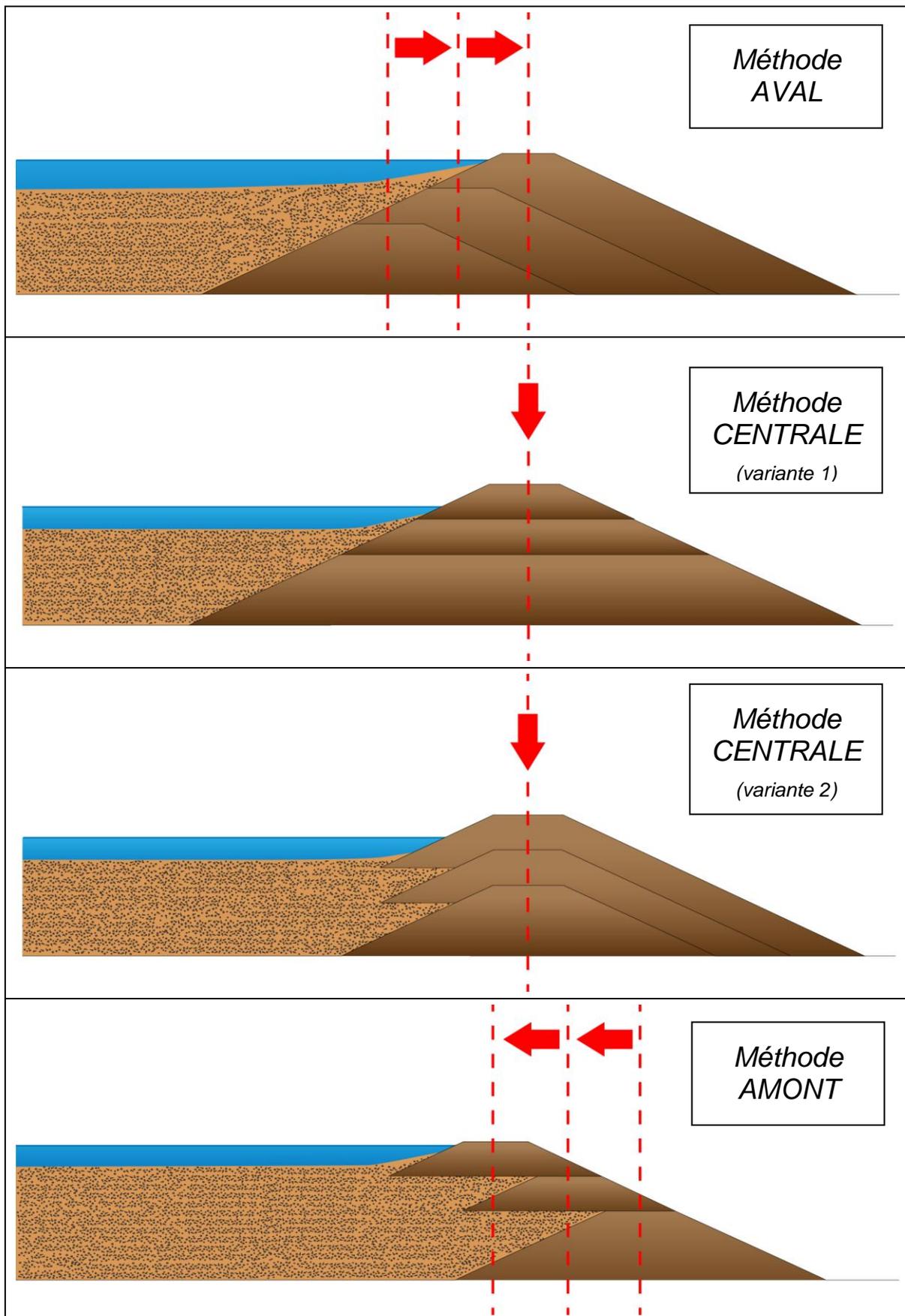


Figure 4 - Méthodes d'élévation des remblais des bassins de rétention

4. CONSTRUCTION

Du point de vue de la qualité, les points auxquels il est important de s'attacher lors de la construction sont :

- le respect des prescriptions de la conception ou en cas d'adaptation, le bien fondé de ces adaptations. Il s'agit notamment de l'implantation, de la géométrie, de la provenance et de la nature des matériaux constituant le corps du remblai, des dispositifs d'étanchéité-drainage ;
- la mise en place des niveaux de contrôle de mise en œuvre suffisants. On note deux niveaux de contrôle d'exécution, le contrôle intérieur, à la charge de l'entreprise de travaux, et le contrôle extérieur, à la charge du maître d'ouvrage. Le contrôle intérieur se décompose généralement en deux niveaux : le contrôle interne, réalisé par l'équipe de chantier, et le contrôle externe, réalisée par le laboratoire de l'entreprise, s'il ne dépend pas de la direction de travaux, ou par un laboratoire extérieur. Le contrôle extérieur est réalisé par un laboratoire indépendant de l'entreprise et du maître d'ouvrage, rémunéré par le maître d'ouvrage. Les contrôles doivent porter sur les matériaux et matériels ainsi que sur la mise en œuvre (adéquation matériaux-matériels-conditions météorologiques) ;

Contrôle à la charge de l'entreprise	CONTROLE INTERIEUR	Contrôle interne (réalisé par le personnel de chantier)	Mise en œuvre en fonction des conditions météo, utilisation des engins, essais courants (si matériels disponibles sur chantier)...
		Contrôle externe (réalisé par la cellule qualité de l'entreprise ou un laboratoire extérieur)	Vérification et validation des contrôles internes (a minima) Essais réclamant une qualification ou du matériel particulier non disponible sur chantier
Contrôle à la charge du maître d'ouvrage(*)	CONTROLE EXTERIEUR	Contrôle réalisé par un laboratoire extérieur pour le compte du maître d'ouvrage	Vérification des procédures et résultats obtenus par le contrôle intérieur (a minima) Mesures particulières sur des points déjà vérifiés ou sur des points spécifiques non mesurés
(*) l'exploitant ou son représentant maître d'œuvre – organisation assez rare chez les industriels mais rôle pouvant parfois être partiellement joué par le bureau d'études			

Tableau 1 - Définition et organisation des contrôles

- la réception finale de l'ouvrage – elle peut comporter des essais de réception spécifiques mais surtout elle est matérialisée par la fourniture d'un DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) qui consigne l'ensemble des documents concernant : nature et provenance des matériaux, essais et résultats, quantités mises en œuvre, matériels employés, conditions

météorologiques, résultat des contrôles... pour l'ouvrage principal mais aussi pour tous les ouvrages connexes réalisés par l'entreprise.

4.1 ÉLÉMENTS TECHNIQUES À CONTRÔLER

Tous les éléments techniques décrits ci-après doivent faire l'objet d'une attention particulière et de procédures de réception particulières car ces éléments seront invisibles et inaccessibles ensuite :

- la préparation du terrain d'assise (décapage, ancrage) et la mise en œuvre du dispositif de drainage s'il existe (filtres..) ;
- la conception et la pose des conduites traversant la fondation ou le remblai si ce dispositif est utilisé pour évacuer le surnageant ;
- la mise en œuvre du remblai (traitement, compactage, contrôles et réception) et la préparation des interfaces entre élévations successives si la construction du remblai est progressive ;
- la mise en œuvre de l'étanchéité sur le fond et les flancs internes du remblai le cas échéant (qualité du géosynthétique, mise en œuvre, contrôle et réception).

Le paragraphe suivant détaille la phase de mise en œuvre des remblais qui est, de loin, l'opération la plus conséquente.

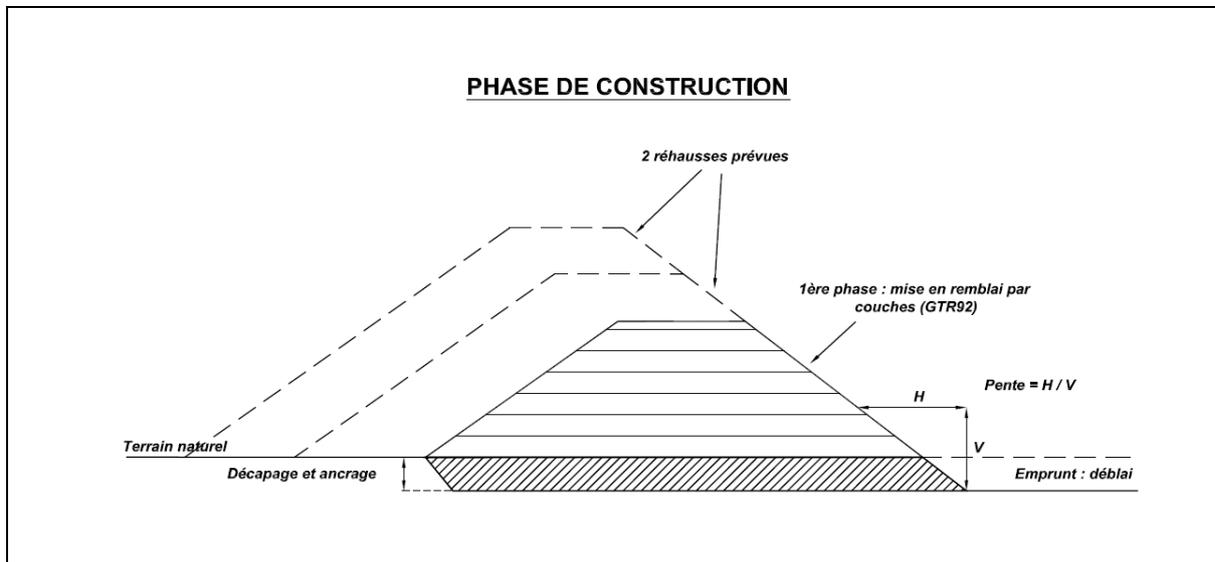


Figure 5 - Phasage de construction d'un remblai

4.2 MISE EN ŒUVRE DES REMBLAIS - APPLICATION DU GTR92

Tout d'abord, rappelons que passer avec un bouteur, une pelle hydraulique, un camion, voire même un compacteur, sur une couche d'un quelconque matériau d'un mètre d'épaisseur ne constitue pas une opération de compactage. Le compactage est une opération simple dans son principe, mais qui nécessite pour être efficace, que deux conditions soient remplies :

- un choix de compacteur et des modalités de compactage adaptés au matériau à compacter, prenant en compte l'état hydrique du matériau et la météorologie au moment de la mise en œuvre ;
- une organisation et un suivi du chantier permettant à la fois une bonne répartition de l'effort de compactage et l'adaptation des modalités de compactage aux changements intervenant sur le chantier (matériau, teneur en eau, conditions météorologiques, etc...).

Le GTR92 fournit les éléments permettant de satisfaire à la première de ces deux conditions. Son application permet d'obtenir des remblais stables dans les conditions d'utilisation pour lesquelles ils sont prévus ; cela rend l'utilisation du GTR92 tout à fait possible et recommandée pour l'édification des remblais des bassins de rétention industriels. La deuxième condition est satisfaite par le contrôle de la qualité du matériau et de sa mise en œuvre.

Le GTR92 est construit sur la base de deux étapes majeures :

- une classification des matériaux en fonction d'essais d'identification simples (granulométrie, teneur en eau, argilosité...) ;
- l'utilisation de ces matériaux en fonction des conditions météorologiques et des matériels, soit en remblai, soit en couche de forme.

Quelques situations sortent du cadre du GTR92 et réclament donc une approche de terrain par le biais de planche d'essais c'est-à-dire d'essais en vraie grandeur (teneurs en eau extrêmes, matériaux évolutifs, putrescibles, combustibles, solubles ou polluants...).

Les planches d'essais peuvent également être pratiquées pour optimiser sur le plan technico-économique la mise en œuvre des remblais ou pour des exigences particulières de qualité ou d'étanchéité.

4.3 CONTRÔLES AU COURS DE LA MISE EN ŒUVRE

Même dans le cas d'études de reconnaissance particulièrement complètes, il est toujours nécessaire de procéder, au moment des travaux, à des contrôles portant sur la qualité du compactage et sur la caractérisation des matériaux mis en œuvre.

Deux types de contrôle peuvent être effectués :

- le contrôle « par densité », qui consiste à mesurer la densité humide du sol en place et sa teneur en eau, afin de comparer la densité en place à la densité de référence généralement obtenue par un essai de compactage à l'énergie du Proctor normal (NF P94-093) ;

- le contrôle « en continu », qui consiste à contrôler, d'une part, les modalités d'utilisation des engins de compactage (notamment l'épaisseur des couches compactées, les volumes de matériaux compactés, surfaces couvertes par les compacteurs, ainsi que leurs caractéristiques de fonctionnement : lestage, vitesse, fréquence) et, d'autre part, les critères de classification des sols du GTR 92 facilement mesurables.

Il faut savoir que les mesures nécessaires à l'identification des sols sont souvent plus lourdes et plus délicates que les mesures de contrôle du compactage et que ce sont elles qui, en grande partie, limitent la fréquence possible des essais de contrôle. De manière générale, la fréquence doit être plus importante au démarrage du chantier et doit être en rapport avec l'hétérogénéité des sols.

Dans le cas des sols traités, le contrôle peut également porter sur la qualité du liant, les conditions d'approvisionnement et de stockage, l'épandage et le malaxage.

5. EXPLOITATION

Ce chapitre aborde les opérations élémentaires d'apport et de dépôt des résidus ainsi que la reprise du surnageant, puis décrit la surveillance en exploitation. Il faut noter que toutes ces opérations ont un impact, parfois fort, sur la stabilité de l'ouvrage.

5.1 OPÉRATIONS D'EXPLOITATION

5.1.1 Amenée et déversement des résidus

L'amenée des résidus se fait classiquement grâce à des canalisations jusqu'à un ou plusieurs points de déversement situés en crête du remblai. Si les résidus comportent une partie solide et qu'ils sont amenés par voie hydraulique, un granulo-classement s'opérera dans le bassin lors de leur rejet ; les particules les plus grossières se déposeront près des points de rejet et les particules les plus fines à l'opposé. Un rejet périphérique initial permet, par le dépôt de sédiments, de sécuriser davantage le parement interne du remblai. Il faut toutefois laisser une superficie suffisante pour permettre la reprise du surnageant. Dans le cas spécifique de la méthode amont, ce pilotage des rejets est nécessaire tout au long de l'exploitation.

5.1.2 Reprise du surnageant

La reprise du surnageant peut se faire soit à l'aide d'une cheminée, soit par pompe sur radeau ©.

La cheminée présente l'avantage de ne pas nécessiter d'énergie pour l'évacuation qui se fait gravitairement, tout au moins au droit du bassin. Cependant, il peut être nécessaire de la rehausser au fur et à mesure du remplissage du bassin par des résidus. Deux points majeurs exigent une surveillance particulière : le bon fonctionnement de l'évacuation (ouverture de la cheminée, bonne circulation dans les canalisations, absence de dépôt ou bouchon), si l'on veut éviter le débordement ou la submersion en cas de très mauvaises conditions météorologiques, et l'état des canalisations enterrées (déboîtement, écrasement...) qui peuvent parfois entraîner la ruine du remblai sus-jacent.

La pompe sur radeau présente une plus grande souplesse d'utilisation mais nécessite à la fois l'apport d'énergie et la mise en place de canalisations de retour avec les mêmes contraintes de surveillance (fonctionnement de la pompe et des canalisations de surface).

5.2 SURVEILLANCE EN EXPLOITATION

Lors de l'exploitation, il faut s'assurer que le comportement du remblai correspond bien à celui modélisé en phase conception.

Les approches développées jusqu'alors considèrent, le plus souvent, que le sol de fondation est homogène, comme le corps de remblai, même si plusieurs tests ou essais ont été faits et que les valeurs les plus sécuritaires sont appliquées à l'ensemble.

Face au comportement réel de matériaux malgré tout plutôt hétérogènes, plusieurs moyens sont à disposition pour suivre l'ouvrage pendant l'exploitation. La surveillance en exploitation s'appuie sur des examens visuels et éventuellement sur une auscultation.

La surveillance doit, dans tous les cas, être formalisée et tenue à disposition de l'inspecteur sur site (rapports de visite, fiches de suivi, photographies, courbes...).

5.2.1 Examen visuel

L'examen visuel est systématique, quelle que soit la taille de l'ouvrage. Les observations qualitatives effectuées si possible par la même personne sont formalisées sous quelque forme que ce soit (cahier, registre, classeur...); y figurent les éléments importants de la vie de l'ouvrage (date de construction, incidents, réparations, ...) et les observations faites lors de chaque examen visuel illustrées de photographies. L'examen visuel porte sur la crête, les talus et le pied de remblai et consiste en un repérage :

- des zones de fuite et de suintement, position et dimension, et vérification de leurs compatibilités avec les hypothèses de calcul ;
- des tassements et des fissures. Les zones les plus sensibles à la fissuration sont la crête et la partie supérieure des parements ; une fissuration transversale est généralement liée à des phénomènes de retrait dans les sols argileux, tandis qu'une fissuration parallèle à l'axe est souvent l'indice d'un début de glissement. Dans tous les cas, l'apparition de fissures est l'indice d'un risque de désordres graves dont il faut surveiller attentivement l'évolution.

L'examen visuel nécessite un entretien des parements et de la crête, et, s'agissant d'un ouvrage en terrassement, l'entretien des parties visibles se rapprochera de celui que l'on effectue sur les talus routiers ou autoroutiers :

- le parement aval et la crête, s'ils sont enherbés, peuvent donner lieu à des travaux d'entretien réguliers (arrosage et tonte) ; en effet, laisser une végétation sauvage les envahir peut gêner l'examen visuel ;
- le parement amont, en partie masqué par les effluents, devra être particulièrement entretenu dans la zone de battillage, zone sur laquelle on pourra être amené à mettre en place une protection anti-érosive.

5.2.2 Auscultation

Par définition, l'auscultation est constituée d'un ensemble de données quantifiées, fournies par des instruments de mesure, qui permettent de suivre le comportement de l'ouvrage ; elle vient compléter et enrichir l'observation faite par examen visuel. Les objectifs de l'auscultation sont essentiellement de fournir les éléments de vérification des hypothèses de conception, d'indiquer si la structure se comporte comme prévu et de permettre sa surveillance continue afin de prévenir toute évolution pouvant compromettre sa sécurité. Les données traitées et analysées issues de l'auscultation doivent être intégrées au rapport d'examen visuel (sous forme de texte, de courbes, de tableaux...)

Le processus de mesure et d'exploitation des données doit être envisagé dès la mise au point de l'avant-projet. On peut distinguer dans les systèmes de mesures :

- des matériels simples qu'il faut placer systématiquement sur tout remblai d'une certaine importance (moyens de mesures topographique, piézométrique, de débit) ;
- des matériels plus spécialisés à installer dans des cas particuliers lorsque l'on désire vérifier certains types d'évolution (tassomètres, sonde de pression interstitielle) ou que l'on pressent des risques de mouvements internes du remblai (inclinomètres).

La fréquence des mesures doit être adaptée à l'évolution du phénomène observé : un phénomène à évolution lente ou un mouvement en asymptote peut conduire à réduire la fréquence ; un phénomène en accélération nécessite une augmentation de la fréquence d'observation. Toute évolution anormale, incident ou dysfonctionnement peut nécessiter le retour à la fréquence initiale.

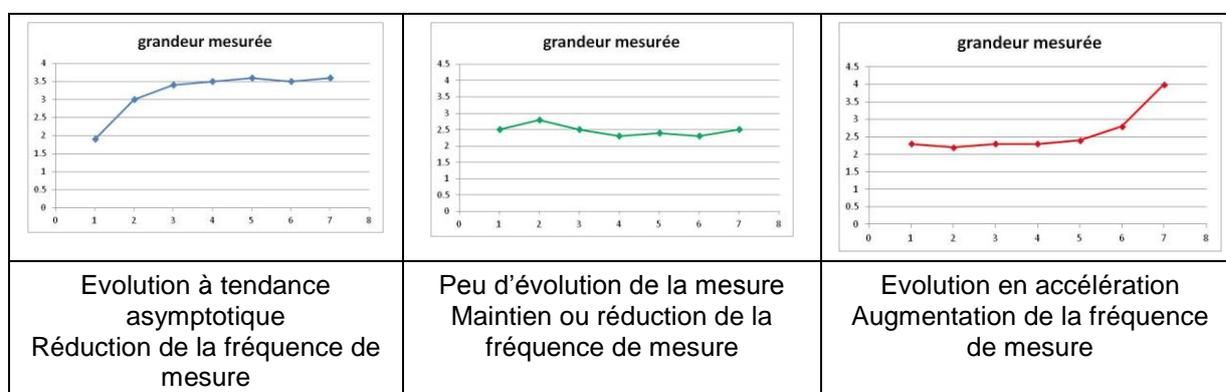


Figure 6 - Evolutions types des mesures d'auscultation

Quant à l'exploitation des mesures, elle est évidemment fondamentale. Il s'agit de mettre en évidence, dans les délais les plus brefs possibles, toute évolution irréversible. L'évolution d'un paramètre, quel qu'il soit, est due d'une part à des causes réversibles (charge hydrostatique, température, ...) et d'autre part, à des causes irréversibles (effets du premier remplissage, consolidation, fluage, cycle gel-dégel, ...). C'est surtout cette évolution irréversible qu'il convient de connaître avec le maximum de précision.

La fréquence des mesures peut être variable d'un cas à un autre ; on peut par exemple envisager une fréquence mensuelle pendant les premiers mois de vie de l'ouvrage, puis ensuite une fois par an, de préférence au moment critique comme après la saison la plus pluvieuse ou à la période d'exploitation maximale. De plus, la fréquence devra être resserrée si une anomalie est constatée lors de la visite systématique.

Les principales caractéristiques des dispositifs d'auscultation sont rassemblées dans le Tableau 2 ci-après et illustrées par la Figure 7.

Objet de la mesure	Dispositifs	Intervenant	Commentaires
Déplacements superficiels	Topographie repères, plots...	Géomètre	Mesures ponctuelles, traduire en courbes, précision adaptable
Déplacements internes	Tassomètres (verticaux)	Géotechnicien spécialisé	Mise en place lors de la construction, suivi des tassements de la fondation
	Inclinomètres (horizontaux)	Géotechnicien spécialisé	Ancré profondément (point fixe), mesures régulières, traduire en différence entre 2 mesures, positionne la ligne de rupture potentielle
Ligne de saturation	Piézomètres	Personnel formé	Tube de diamètre suffisant, posé après construction dans le remblai (crête ou banquette)
Pressions interstitielles	Sonde de pression	Géotechnicien spécialisé	Mise en place lors de la construction, permet de suivre la pression pendant et après la construction (stabilité 7.1.2)
Percolations	Drainage, puits, fossé débitmètre, temps de pompage et prélèvement qualité	Personnel formé	Prévu à la conception, piège hydraulique en cas de drainage sous l'ouvrage
	Piézomètre, prélèvement et analyse (qualité)	Technicien formé	Contrôle de la qualité de la nappe classique, nécessite un diamètre mini (60 mm) pour pompage

Tableau 2 - Synthèse des moyens d'auscultation

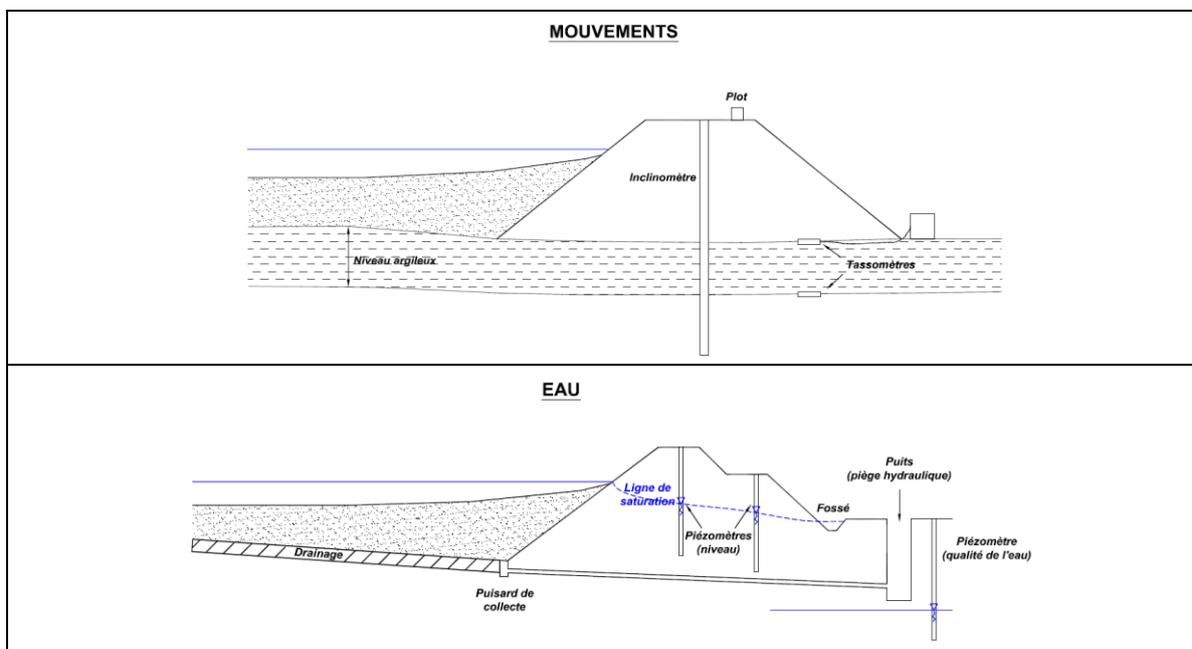


Figure 7 - Dispositifs types d'auscultation sur ouvrage

6. FERMETURE

Les principes de fermeture et de remise en état d'un bassin de rétention industriel en fin d'exploitation sont fournis dans le dossier de demande d'autorisation d'exploiter. Rares sont ceux qui consisteront en une remise à l'état naturel ; le plus souvent, une couverture de type Installation de Stockage de Déchets (ISD) est proposée de manière à isoler le contenu du bassin de l'environnement. Les ouvrages en vallée ou collinaires nécessitent en plus la dérivation des eaux amont et leur gestion.

Pour obtenir un modelé stable de la couverture, permettant un écoulement des eaux pluviales, il faut que les résidus soient stabilisés sous une charge au moins égale à celle de la couverture qui va y être installée. La durée de consolidation correspondante est généralement très longue. Dans le cas d'une mise en place rapide de la couverture, la pression de la phase liquide peut dépasser ce que les résidus peuvent encaisser ; on peut alors craindre une rupture dans les résidus remettant en cause la qualité de la couverture et sa mise en œuvre (circulation d'engins, approvisionnement et mise en place de matériaux).

Pour réduire la durée de consolidation, une solution technique consiste à mettre en place un drainage qui permettra une meilleure évacuation de la phase liquide et donc de la consolidation des résidus. La conception des systèmes et les techniques de mise en œuvre sont connues et éprouvées. Toutefois, la qualité de la phase liquide drainée peut poser des problèmes techniques (recristallisations, corrosion...) affectant le système de drainage et peut nécessiter un traitement approprié.

Le dimensionnement du drainage se fonde sur des essais en laboratoire ou a minima par un suivi de sa consolidation dans le dépôt. Ce suivi peut porter sur la dissipation des pressions interstitielles et sur l'évolution de la densité des résidus.

Enfin, une fois les travaux terminés, le suivi du bassin fermé peut être assimilé à celui d'une ISD notamment en termes de surveillance de la stabilité de l'ensemble, et de la qualité des eaux de nappe ainsi que d'entretien des pistes et fossés et de la végétation.

L'ensemble de ces éléments fait que la fermeture est un aspect important et coûteux de la vie d'un bassin.

7. MODES DE DÉFAILLANCE

Les défaillances d'ouvrage sont décrites dans un premier temps par rapport aux différents composants de l'ouvrage. Les défaillances induites par l'action érosive de l'eau complètent l'approche sur les défaillances mécaniques. Enfin, les pollutions accidentelles par infiltration dans le sous-sol sont décrites. Pour chaque cas de défaillance cité, les causes principales sont évoquées.

7.1 DÉFAILLANCES DU SOL D'ASSISE DE L'OUVRAGE

Le sol d'assise est, avant travaux, dans un état d'équilibre qui va être perturbé par la réalisation de l'ouvrage. En effet, l'ouvrage va modifier l'état de contrainte du sol d'assise en apportant une charge supplémentaire au droit du remblai ou une réduction de contrainte en cas de déblai. L'état d'équilibre initial est donc modifié et peut conduire à un déséquilibre, en phase de construction ou lors de la mise en exploitation.

Les principales défaillances envisageables sont des ruptures par cisaillement limite mais aussi des déformations pouvant rendre l'ouvrage impropre à son utilisation.

Les ruptures par cisaillement s'observent de deux manières :

- glissement d'ensemble du remblai : tout le remblai glisse sur un terrain en pente par exemple ;
- poinçonnement : la charge apportée par le remblai est trop importante vis-à-vis de la capacité du sol en place à l'encaisser.

7.1.1 Instabilité de pente des sols d'assise

Sur une pente de stabilité précaire, la mise en place d'un remblai risque de provoquer un glissement (voire en réactivant d'anciennes surfaces de rupture). Ce phénomène est fréquent sur les pentes argileuses recouvertes de colluvions (sol altéré sur plusieurs mètres provenant d'anciens glissements) ; ces sols sont souvent le siège de circulations d'eau. La translation du terrain naturel, parfois assez lente, parfois s'accéléralant à l'occasion de périodes pluvieuses, provoque des fissures dans le remblai, puis sa dislocation.

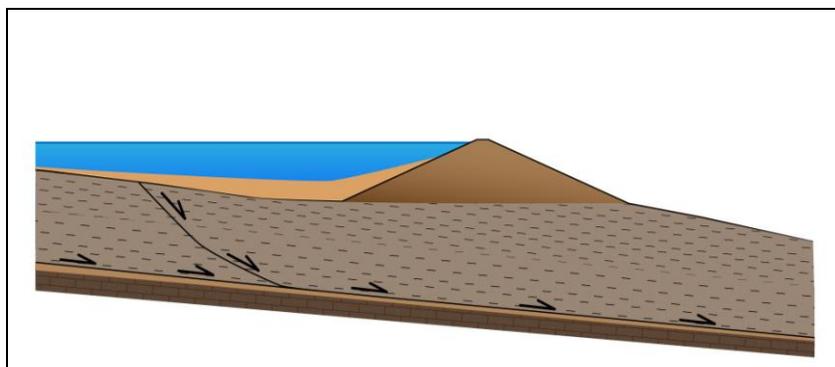


Figure 8 - Rupture d'un remblai due au glissement d'une pente naturelle

7.1.2 Capacité portante insuffisante du sol d'assise

Lorsque le sol sur lequel repose le remblai n'a pas une résistance mécanique suffisante, la mise en place du remblai peut provoquer soit le poinçonnement du sol en place, soit une rupture quasi-circulaire comme indiqué ci-dessous, respectivement sur la Figure 9 et la Figure 10. Ces sols se rencontrent principalement dans le fond des vallées. Ils sont constitués d'argiles molles et de tourbes. De telles ruptures s'observent essentiellement dans la phase de chargement du sol (donc pendant la construction du remblai ou le remplissage du bassin). Après cette phase critique de construction, des tassements importants peuvent s'étaler dans le temps. Au voisinage du pied de remblai, un "fluage" horizontal du sol naturel peut provoquer des désordres sur les constructions existantes.

Une construction (ou un chargement) par étapes et/ou la mise en place de banquettes en pied ou la substitution partielle ou totale du sol de fondation par du bon matériau sont susceptibles d'éviter des ruptures. Cependant, tout en assurant la stabilité, certaines solutions ne diminuent pas les tassements qui peuvent alors provoquer des désordres dans l'étanchéité.

Lorsqu'un remblai est envisagé sur un sol compressible (mou), il convient de réaliser une étude spécifique de stabilité et de tassements.

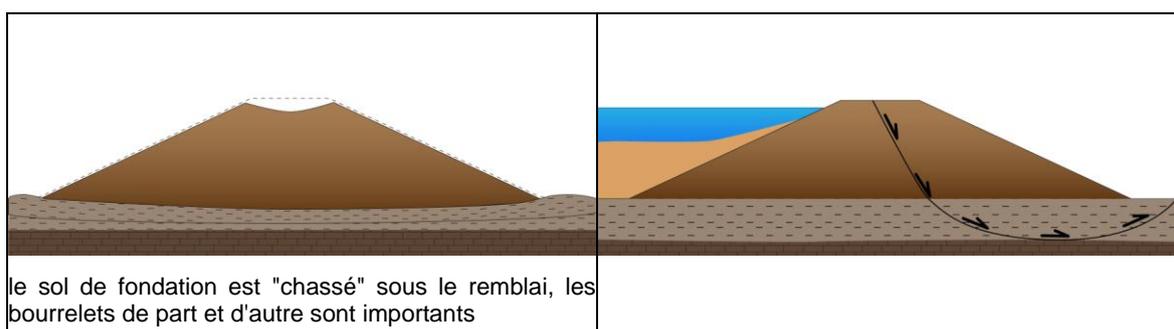


Figure 9 - Rupture par poinçonnement

Figure 10 - Rupture par cisaillement rotationnel

Causes principales

Absence ou insuffisance d'études préalables du sol d'assise, mauvaise appréciation des paramètres mécaniques ou hydrogéologiques, essais de caractérisation inadaptés, combinaisons de caractéristiques inappropriées lors de la modélisation de la stabilité...

7.2 DÉFAILLANCES DU CORPS DE REMBLAI

Les ruptures de remblai peuvent aller du glissement de surface régressif (Figure 11 - le corps de remblai diminue progressivement) au glissement de la base du remblai (Figure 12). Avant les états ultimes de rupture en masse, des déformations importantes se produisent : bombements en pied de talus, fissurations, etc.

Les origines principales de ces ruptures sont :

- pour les ruptures de surface : la résistance au cisaillement du remblai trop faible pour la pente de talus choisie, le mauvais compactage des talus, l'érosion, les écoulements mal drainés, une forte sensibilité au retrait du matériau de surface ;
- pour les ruptures dans la masse : la résistance au cisaillement trop faible pour la pente de talus choisie, des pressions interstitielles dues à des écoulements non pris en compte dans le dimensionnement, des pressions interstitielles dues à la mise en œuvre (par exemple : compactage d'un matériau trop humide).

Contrairement au cas précédent de rupture du sol d'assise, les désordres dans les corps de remblai peuvent se manifester bien après la construction. De plus, une action chimique à long terme de certains effluents sur les matériaux n'est pas à écarter. On peut également citer les sollicitations sismiques si le compactage du remblai est inadapté et la rupture du parement interne en cas de vidange rapide.

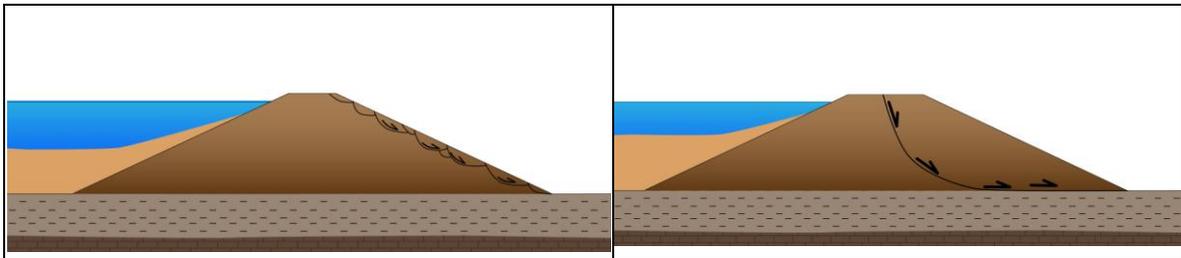


Figure 11 - Ruptures régressives de surface

Figure 12 - Rupture de la masse de remblai

Causes principales

Absence ou insuffisance d'études préalables des matériaux constituant le corps de remblai, mauvaise appréciation des caractéristiques mécaniques ou hydrogéologiques, mauvaise mise en œuvre des matériaux, différence entre conception et réalisation, absence de surveillance de la ligne de saturation...

7.3 RUPTURES SE DÉVELOPPANT DANS LE DÉPÔT DE RÉSIDUS

Pour certains profils de remblai, les ruptures peuvent se développer dans le dépôt de résidus plutôt que dans le corps du remblai. Dans l'exemple de la Figure 14, le remblai, constitué d'une succession de petites élévations dont chacune est stable par elle-même, peut avoir une stabilité globale insuffisante, avec une surface de rupture qui se développe principalement dans les résidus. La cause en est alors l'association d'une pente de talus donnée avec une résistance au cisaillement trop faible des résidus (ou une mise en charge de l'eau contenue dans les résidus qui provoque une diminution de la résistance au frottement).

De plus, des déformations dans les résidus peuvent directement impacter le remblai. Dans l'exemple ci-dessous (Figure 13), la compressibilité importante des résidus va provoquer des tassements différentiels et des fissures dans les remblais ; ces tassements peuvent se dérouler sur un temps assez long (plusieurs années). Si les résidus sont constitués de matériaux peu perméables, la mise en place des niveaux successifs provoque la consolidation des matériaux sous-jacents avec apparition de surpressions d'eau importantes pouvant conduire à des ruptures d'ensemble résidus + remblais. Enfin, les résidus peuvent également se liquéfier sous séisme.

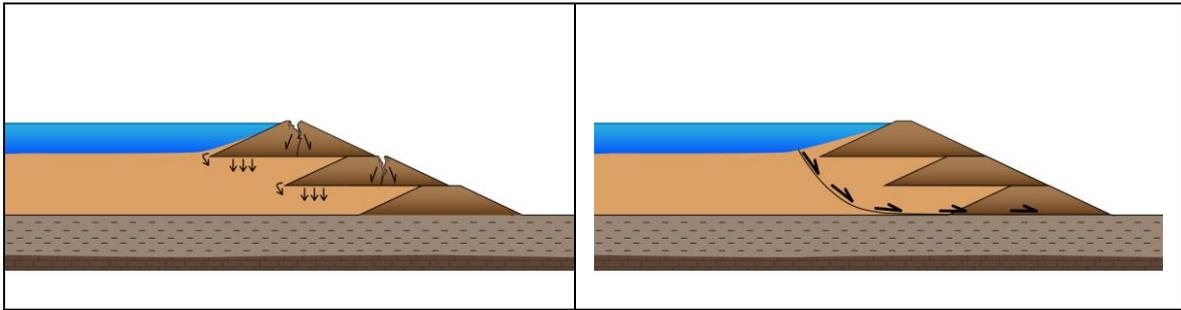


Figure 13 - Déformations, tassements différentiels

Figure 14 - Rupture de l'ensemble remblai-résidus

Causes principales

Choix de la conception initiale (méthode amont), mauvais dimensionnement de l'ouvrage, non respect des consignes d'exploitation (mode et position des rejets)...

7.4 DÉFAILLANCES LIÉES À L'ACTION ÉROSIVE DE L'EAU

Certaines défaillances mettant en jeu l'eau contenue dans les sols (remblais ou terrain naturel) ont été évoquées dans les paragraphes précédents. Il s'agit notamment des pressions interstitielles qui se développent dans le sol d'assise ou de fondation, voire dans le corps de remblai ou des résidus en fonction du matériau, des conditions météorologiques lors de la mise en œuvre.

Les écoulements d'eau peuvent également conduire à éroder le matériau de remblai de manière superficielle ou jusqu'à constituer une brèche dans l'ouvrage. Ces défaillances peuvent se produire même longtemps après la mise en service de l'ouvrage, voire même être dues à son exploitation.

7.4.1 L'érosion externe par ravinement

Ce phénomène, consécutif au ruissellement des eaux pluviales mal ou non canalisées ou aux fuites de canalisations, affecte les deux parements.

Causes principales

Mauvaise gestion des eaux pluviales, absence de végétation, végétalisation non prévue, débordement dû à l'exploitation ou aux vagues...

7.4.2 L'érosion externe par affouillement

Ce phénomène, consécutif au batillage et provoqué par les vagues, n'affecte que le parement amont si celui-ci n'est pas étanché ou protégé.

Causes principales

Absence de protection contre le batillage, non prise en compte du phénomène au moment de la conception, mauvaise évaluation de l'effet des vagues, revanche mal dimensionnée, mauvaise gestion des eaux dans le bassin...

7.4.3 L'érosion externe par surverse

Le passage du surnageant ou des effluents par-dessus la crête du remblai peut avoir plusieurs origines.

Il peut être lié à une conjonction de phénomènes, d'exploitation et météorologiques, que l'on peut imaginer, par exemple, de la manière suivante :

- le niveau de liquide dans le bassin est déjà haut parce que soit la période d'exploitation le veut (fin de campagne en sucrerie par exemple), soit une surproduction momentanée conduit l'industriel à légèrement surexploiter l'ouvrage ;
- les conditions météorologiques sont défavorables, les précipitations fortes font monter le niveau dans le bassin ainsi que la récupération des eaux pluviales d'une partie du site ;
- le vent souffle dans le sens de la plus grande dimension du bassin (fetch) et engendre des vagues qui viennent déferler sur le parement, le submergent, le dégradent puis permettent l'écoulement en entraînant la crête et érodant le parement aval.

En fonction de l'importance de chacun de ces phénomènes et de leur conjonction, l'issue peut être un simple débordement comme un début de ruine de l'ouvrage.

L'autre aspect est mécanique et engendré par le tassement différentiel du remblai. Le sol de fondation, hétérogène, se consolide localement avec une amplitude plus importante entraînant un point bas dans l'ouvrage qui peut devenir un point de surverse. Ce phénomène, plus lent, est facilement observable et il est possible de le traiter rapidement par rechargement.

Causes principales :

Non respect de la revanche, surexploitation du bassin, mauvaise communication entre les services s'occupant de l'exploitation et ceux gérant les bassins, hétérogénéités géologiques non perçues, suivi de l'ouvrage insuffisant...

7.4.4 L'érosion interne

Elle est liée à la circulation de l'eau au sein de la masse du remblai et la présence de canalisations au sein ou sous le remblai, de conduits racinaires et l'action d'animaux fouisseurs peuvent l'aggraver. L'entraînement de particules peut aller jusqu'à la ruine de l'ouvrage avec épandage du contenu vers l'aval. Le phénomène est d'autant plus brutal qu'il n'est pas anticipé : c'est le phénomène de renard.

Il faut savoir que les fuites peuvent non seulement apparaître quelques semaines après la première mise en eau, mais aussi beaucoup plus tard. Pour les remblais constitués de sols à faible perméabilité, la progression de la ligne de saturation est très lente et les risques de phénomène de renard, liés essentiellement à la valeur du gradient hydraulique, se présentent lorsque l'écoulement à l'intérieur du remblai a atteint le régime permanent.

Lorsque l'étanchéité est assurée par l'ensemble du remblai ou par un noyau argileux, il peut être fait appel aux techniques suivantes :

- extraction de la zone trop perméable et mise en place par compactage d'un matériau imperméable ou traité. Cette technique peut être utilisée pour une lentille sableuse dans le corps de remblai, si cette lentille est proche du parement amont ;
- mise en place sur le parement amont d'une recharge en matériau local imperméable ;
- pose d'une étanchéité artificielle sur le parement amont : il peut s'agir de films, membranes, de feuilles et de chapes bitumineuses dont la pose est faite après vidange ;
- pour les bassins à eaux, colmatage par « saupoudrage », généralement de bentonite, dans le bassin. La bentonite, dont l'utilisation est délicate, est déversée dans l'eau et entraînée vers les zones de fuite qui sont alors colmatées.

Enfin, il ne faut pas oublier les travaux d'étanchéité effectués dans le corps de remblai.

Causes principales :

Mauvaise compaction, conduits racinaires, non respect des règles de filtre, organes traversants, animaux fouisseurs...

7.5 POLLUTION DU MILIEU NATUREL PAR INFILTRATION DANS LE SOUS-SOL

Si le bassin n'est pas étanché, la ligne de saturation s'établit dans le corps de remblai et conduit à un écoulement vers le milieu naturel. Cela peut donc générer une pollution si les effluents sont chargés et affecte la qualité la nappe.

Il est très difficile de récupérer l'intégralité des écoulements dans le corps de remblai, une partie finissant toujours dans le milieu naturel. Le recours à des solutions lourdes est souvent la seule possibilité (piège hydraulique, paroi d'étanchéité).

8. ETABLISSEMENT DES PRESCRIPTIONS

Ce chapitre apporte des éléments concrets pour la rédaction des prescriptions administratives dans l'arrêté d'autorisation d'exploiter des bassins de rétention industriels. Les chapitres précédents ont illustré le fait que ces ouvrages montrent une grande variété et sont parfois complexes. Par conséquent, les prescriptions devront être adaptées à chaque ouvrage et nécessiteront parfois de faire appel à un appui externe.

Les bassins de rétention industriels existants étant plus nombreux, en France, que les ouvrages en conception, ce document leur a été principalement dédié. Rappelons néanmoins que la rehausse d'un bassin existant qui n'aurait pas été prévue lors de la conception initiale du projet doit être considérée comme un ouvrage neuf. Concernant les bassins de rétention industriels existants, les prescriptions s'appliquent donc aux phases d'exploitation et de fermeture au cours desquelles l'exploitant industriel est le principal opérateur, alors même qu'il n'est pas forcément spécialiste de ces ouvrages.

Le logigramme de la Figure 15 propose une démarche aboutissant à l'établissement de prescriptions adéquates à chaque ouvrage. Les étapes sont détaillées à la suite du logigramme.

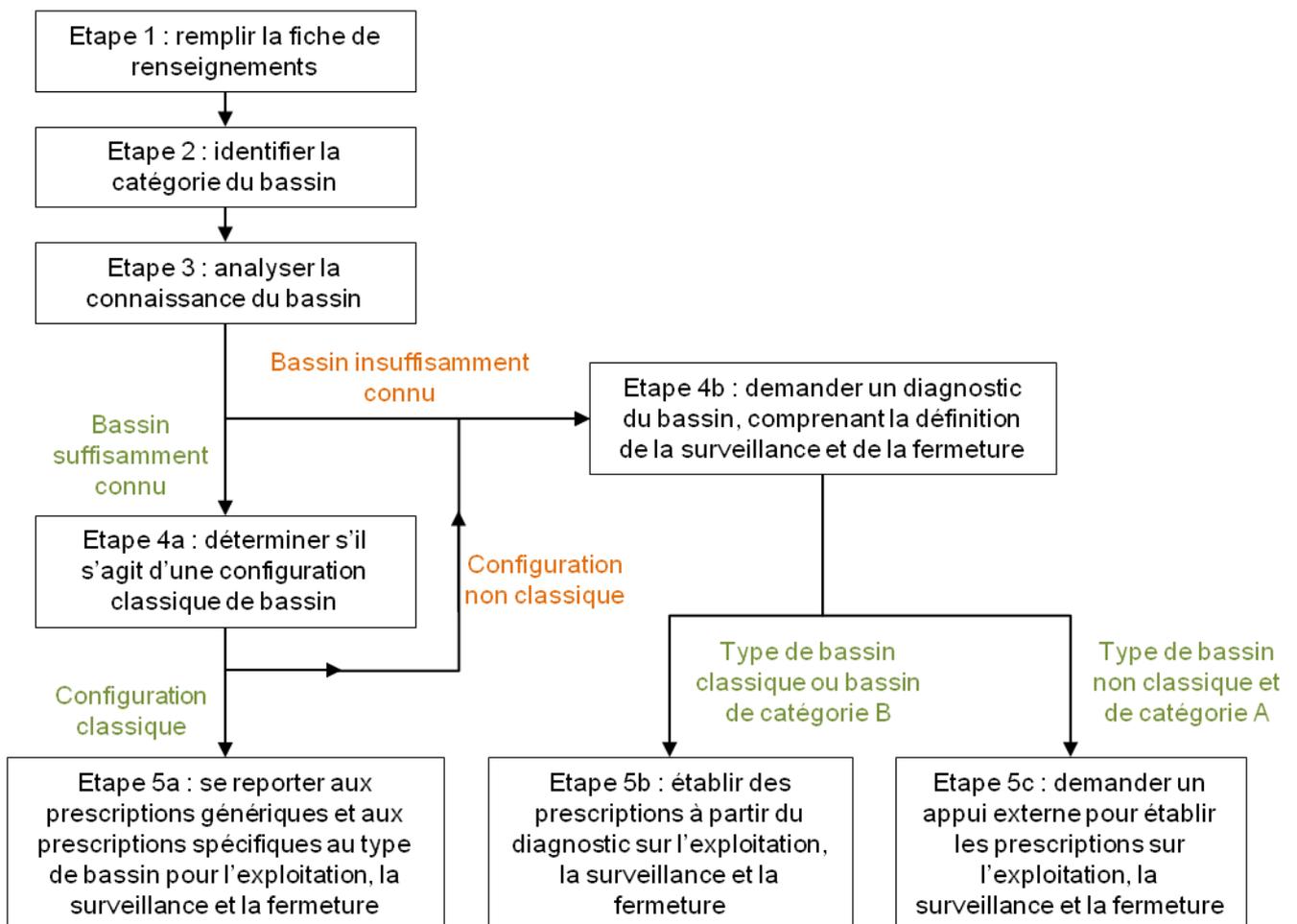


Figure 15 - Démarche pour l'établissement des prescriptions sur un bassin de rétention industriel existant

8.1 REMPLIR LA FICHE DE RENSEIGNEMENTS (ÉTAPE 1)

Cette étape consiste à récupérer des informations essentielles sur le bassin pour les étapes suivantes. Nous proposons comme modèle la fiche de renseignements donnée en annexe B qui fait référence aux différentes notions illustrées dans les chapitres précédents du document pédagogique.

8.2 IDENTIFIER LA CATÉGORIE DU BASSIN (ÉTAPE 2)

Cette étape consiste à identifier la catégorie du bassin de rétention industriel sur la base d'un critère basé sur les caractéristiques géométriques et le produit contenu. Rappelons que les conditions minimales de recensement sont les suivantes :

- Hauteur > 2 m ;
- Volume > 50 000 m³ si le produit est de l'eau ;
- Volume > 10 000 m³ et si le produit n'est pas de l'eau.

Catégorie 1 :

Hauteur > 10 m ou spécifications suivantes :

- phrase de risques ou mentions de danger Seveso ;
- dangereux pour l'environnement aquatique ;
- pH extrêmes > 9 et < 5 ;
- chargé en métaux lourds ;
- chargé en matières organiques.

Catégorie 2 :

Bassin répondant aux critères de recensement et non inclus dans la catégorie 1. Des conditions de site particulières (enjeux forts par exemple) peuvent conduire à passer un ouvrage de la catégorie 2 à la catégorie 1.

8.3 ANALYSER LA CONNAISSANCE DU BASSIN (ÉTAPE 3)

Cette étape consiste à évaluer la connaissance du bassin à partir du dossier technique de l'ouvrage.

Pour la conception, en l'absence de plans, de coupe, d'identification des matériaux, de note de calcul sur la stabilité, de description de l'exploitation et de la gestion du surnageant, les informations sur la conception du bassin sont jugées insuffisantes.

Pour la construction, l'absence de DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) ou tout au moins de plans d'exécution, de vérification des matériaux et de leur mise en œuvre, des contrôles intérieur et extérieur, voire de justification en présence d'une géométrie différente de celle de la conception, les informations sur la construction sont jugées insuffisantes.

8.4 DÉTERMINER S'IL S'AGIT D'UNE CONFIGURATION CLASSIQUE DE BASSIN (ÉTAPE 4A)

Cette étape consiste à identifier si le bassin se trouve dans une configuration problématique (non classique) qui nécessite une attention particulière. Il s'agit notamment des configurations suivantes :

- bassin en barrage de vallée avec un bassin versant non négligeable siège d'un cours d'eau permanent ou intermittent ;
- bassin élevé par la méthode amont et situé en zone sismique 3, 4 ou 5 selon la réglementation française ;
- bassin collinaire sur un coteau en forte pente et sensible au glissement ;
- bassin amont muni d'une cheminée de déversement traversant les remblais ou la fondation.

8.5 DEMANDER UN DIAGNOSTIC DU BASSIN (ÉTAPE 4B)

Cette étape est nécessaire si un bassin est jugé *mal connu* ou s'il se trouve dans une *configuration problématique*. Elle consiste à demander à l'exploitant qu'un diagnostic soit réalisé par un bureau d'études spécialisé disposant de compétences en géotechnique et hydrogéologie ou justifiant d'une expérience sur des ouvrages similaires, avant de rédiger les prescriptions.

L'objet de ce diagnostic est de lever les incertitudes sur la connaissance de l'ouvrage, en termes de stabilité et d'exploitation.

L'ampleur du diagnostic est déterminée par le bureau d'études spécialisé et peut aller de la simple visite (quelques k€) à une étude plus détaillée sur la base de reconnaissances spécifiques (jusqu'à plusieurs dizaines de k€).

De manière pratique, une visite initiale permet de définir les éléments indispensables au diagnostic définitif. Parfois cette visite suffit au bureau d'études spécialisé pour juger de la stabilité de l'ensemble et formaliser ses conclusions. Une visite complémentaire lors de conditions d'exploitation et/ou météorologiques très défavorables peut être nécessaire à l'établissement du diagnostic définitif, parfois adossé à un suivi instrumenté (topographie, piézométrie, inclinométrie). Les conclusions peuvent alors suffire à l'établissement des prescriptions. Dans d'autres cas plus complexes, il est nécessaire d'acquérir des données particulières (caractéristiques mécaniques, hydrauliques) à partir d'essais sur des échantillons prélevés sur le terrain dans l'objectif d'évaluer, par calcul, la stabilité de l'ouvrage sous diverses conditions d'exploitation.

Les préconisations du diagnostic peuvent aller de la simple visite périodique à la mise en place d'une surveillance plus spécifique. Le diagnostic doit rappeler les limitations d'exploitation (hauteur de surnageant, revanche...) ayant une influence sur la stabilité de l'ouvrage. Le diagnostic peut aller jusqu'à la rédaction de propositions de mise en sécurité de l'ouvrage en fin de vie (fermeture) comprenant la description des travaux et l'analyse de leur faisabilité.

8.6 ETABLIR LES PRESCRIPTIONS (ÉTAPES 5A, 5B ET 5C)

Une série de prescriptions génériques, constituant une base minimale pour tous les bassins, est donnée dans le Tableau 3.

Ces prescriptions génériques peuvent être complétées par des prescriptions spécifiques, données dans la fiche en annexe C, qui dépendent du type et de la catégorie de bassin. Cette fiche rappelle les prescriptions génériques du Tableau 3 et détaille ensuite les prescriptions spécifiques d'exploitation pour les bassins dans lesquels les résidus sédimentent puis le dispositif d'auscultation à envisager, par type ou catégorie d'ouvrage, ainsi que les fréquences initiales de mesures.

Bien entendu, s'il a été nécessaire de faire appel à une expertise externe au cours de la démarche, les prescriptions doivent s'appuyer principalement sur les recommandations du diagnostic et autres études existantes, tout en vérifiant que les prescriptions de base sont au minimum respectées.

Phase de vie	Prescriptions génériques
Exploitation	<p>Suivi d'exploitation courant – A formaliser sur un registre d'exploitation où sont notés régulièrement (hebdomadaire à mensuel) :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) le niveau de surnageant relevé sur une échelle limnimétrique ou grâce aux graduations sur le parement interne ; 2) les volumes amenés et pompés ; 3) les travaux d'entretien effectués et les tests des organes de sécurité ; 4) les incidents et dysfonctionnements du bassin ou ceux de l'exploitation ayant des implications au niveau du bassin (systèmes d'amenée et de pompage par exemple) et leur traitement.
	<p>Surveillance visuelle courante</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) mensuelle par un opérateur formé, rendant compte à un responsable « <u>alerteur</u> » en charge de prendre des décisions en termes de prévention ou d'intervention ; 2) annuelle par un bureau extérieur spécialisé ; 3) exceptionnelle par un bureau extérieur spécialisé, sur sollicitation du responsable alerteur suite à incident ou dysfonctionnement important (intempérie, submersion locale, petit glissement, accident sur géomembrane...). <p>En cas d'évolution défavorable des différents paramètres, mise en place d'une surveillance renforcée</p> <p>Formaliser cette surveillance sur un registre (ou tout autre moyen permettant d'y avoir accès aisément) où figurent, a minima, appuyés de photographies et situés sur un plan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) la date, les conditions météorologiques et les conditions d'exploitation lors de la visite ; 2) les indices de mouvements en crête, sur les parements et en pied de remblai ; 3) les indices de percolations sur le parement et en pied de remblai.
Fermeture	<p>Définir une procédure de fermeture du bassin tenant compte :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) du modelé topographique final prévu ; 2) de l'état de compaction des résidus et de leur évolution sous ce modelé ; 3) de la gestion des effluents expulsés lors de la consolidation ; 4) de l'aménagement paysager et de la gestion des eaux météoriques en phase réaménagée.

Tableau 3 - Prescriptions génériques

9. LISTE DES ANNEXES

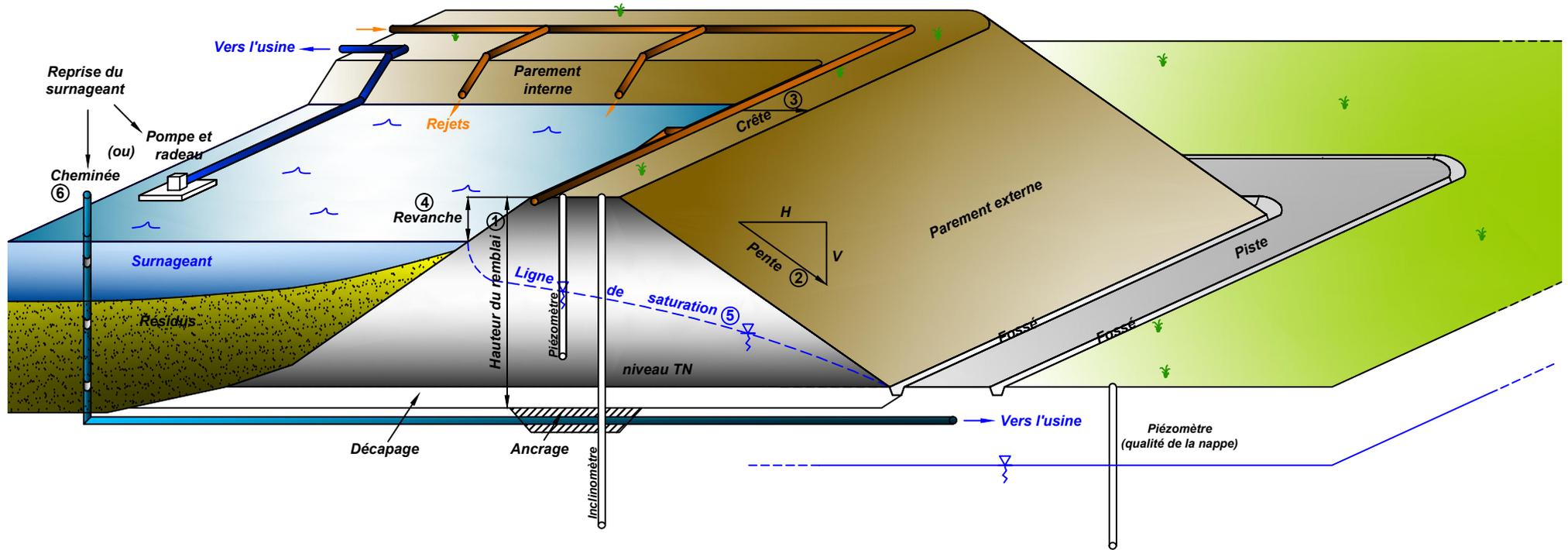
Repère	Désignation	Nombre de pages
A	Glossaire illustré	3 A4
B	Fiche de renseignements	3 A4
C	Fiche de prescriptions – Bassin existant	3 A4
D	Fiche d'inspection	3 A4

Annexe A

Glossaire et écorché

Glossaire

alerteur	personne en charge, au sein du site industriel, de prévenir soit l'inspecteur des installations classées soit un bureau d'études spécialisé en fonction des observations faites dans le cadre du suivi visuel
ancrage	décaissement réalisé dans le terrain naturel pour casser les écoulements souterrains et améliorer la résistance au glissement du remblai à l'interface avec le terrain naturel
bassin versant	surface topographique à l'intérieur de laquelle toutes les eaux tombées alimentent un même exutoire
bentonite	nom commercial des argiles de type smectite dont font partie les montmorillonites (Fort Benton – Wyoming)
bouteur	nom francisé du bull-dozer
cheminée	tube vertical relié à une canalisation passant sous le remblai permettant l'évacuation gravitaire du surnageant par le biais de « lumières » obstruées au fur et à mesure de la montée de résidus solides
compacteur	engin permettant d'augmenter la densité en place d'un matériau par passages répétés ; il peut être à rouleau, lisse ou à pieds dameurs, ou à pneus
consolidation	augmentation de densité d'un matériau, ici un résidu, sous son propre poids, le plus souvent par dénoyage à l'aide de drains
couche de forme	en technique routière, couche de matériau s'intercalant entre le terrain naturel ou le remblai et les couches formant la chaussée
crête	partie plane formant le sommet d'un remblai de bassin, souvent traitée spécifiquement pour permettre le roulage dans le cadre de l'exploitation ; on y trouve également les canalisations d'amenée des résidus ainsi que celle de reprise du surnageant en cas de pompage (pompe et radeau)
essai de compactage	essai normalisé permettant d'évaluer la variation de densité d'un matériau en fonction de sa teneur en eau pour une énergie de compactage donnée
fluage	déformation plastique, donc irréversible, d'un remblai ou du terrain naturel sous charge constante sans que soit atteinte la limite de rupture
granulo-classement	ségrégation des particules dans le bassin, liée à leur taille, lors du rejet par voie hydraulique, les plus grosses sédimentant près des points de rejet
hauteur de remblai	hauteur du remblai prise par rapport au terrain naturel (TN) à l'extérieur du bassin ; si du matériau a été prélevé dans le bassin pour élever les remblais, cette hauteur peut être plus importante que de l'intérieur de l'ouvrage
ligne de saturation	surface libre de l'écoulement entre le niveau dans le bassin et le parement externe ; attention, le niveau dans le bassin peut être caché par les résidus eux-mêmes
pente	en terrassement, rapport entre une longueur horizontale notée H et une longueur verticale notée V, d'où son expression en H/V ; 2/1 signifie que la pente est de 2H pour 1V. (à ne pas confondre avec H et V de la réglementation <i>Barrage</i> signifiant Hauteur et Volume)
renard	ou phénomène de renard : entraînement de particules lors de l'écoulement dans un milieu granulaire ; les forces d'écoulement étant plus importantes que la résistance locale du sol, les grains les plus proches de la sortie de l'écoulement sont entraînés. La longueur de l'écoulement diminuant, le gradient augmente accélérant le phénomène jusqu'à apparition d'un conduit libre par lequel l'écoulement érode souvent jusqu'à la ruine de l'ouvrage
revanche	hauteur limite entre le niveau de liquide dans un bassin et la crête ; cette valeur prend en compte le tassement du remblai, les précipitations et la hauteur des vagues probables pour éviter la submersion de la crête par vent fort



Annexe B

Fiche de renseignements

Fiche de renseignements du bassin _____		Date :
Description - Géométrie Exploitant : Localisation : commune, parcelle Annulaire <input type="checkbox"/> - Collinaire <input type="checkbox"/> - En vallée <input type="checkbox"/> (§3.1) Elévation en 1 phase <input type="checkbox"/> Déblai-remblai <input type="checkbox"/> Aval <input type="checkbox"/> - Centrale <input type="checkbox"/> - Amont <input type="checkbox"/> (§ 3.4) Géométrie – surface totale : m ² hauteur maximale remblai/TN : m volume de stockage prévu : m ³ Pente des parements (H/V) : Int. Ext. Type de remblai (§3.3) : homogène <input type="checkbox"/> à noyau <input type="checkbox"/> zoné <input type="checkbox"/> Complément d'étanchéité : géomembrane <input type="checkbox"/> ou sol traité par adjuvant (parement et fond) <input type="checkbox"/>		Photo Extrait de plan Vue photo aérienne Coupe type Enjeux : de l'installation <input type="checkbox"/> - hors installation <input type="checkbox"/> Zone urbanisée <input type="checkbox"/> - Cours d'eau <input type="checkbox"/> Voies de communication <input type="checkbox"/>
Conception et travaux de construction		
Etudes préalables Etudes géologique et hydrogéologique <input type="checkbox"/> Etudes géotechniques – sol de fondation <input type="checkbox"/> matériau constituant le corps de remblai <input type="checkbox"/> Etudes de stabilité – tassement du sol de fondation <input type="checkbox"/> glissement du remblai et de la fondation <input type="checkbox"/> Préconisations de mise en œuvre : OUI/NON Bureau d'études : Qualification (OPQIBI) : DDAE : OUI/NON Autorisation en date du :		Travaux de construction (ch.4) Réalisés du : / / au : / / Modification par rapport à la conception : OUI/NON Terrassements par : Certificat d'IP de la FNTP : OUI/ NON Contrôle intérieur : OUI/NON Etanchéité par : Certification ASQUAL : OUI/NON Contrôle intérieur : OUI/NON Contrôle extérieur par : DOE : OUI/NON
Exploitation (ch.5) (source : Concepteur ou BE <input type="checkbox"/> - Exploitant <input type="checkbox"/> - AP <input type="checkbox"/>)		
Mode d'amenée des résidus : Reprise du surnageant (<i>annexe A</i>) pompe et radeau <input type="checkbox"/> cheminée et canalisation <input type="checkbox"/>		Type de résidus : Volume annuel : Durée de vie : Fermeture prévue (<i>ch.6</i>) :
Suivi et surveillance (source : Concepteur ou BE <input type="checkbox"/> - Exploitant <input type="checkbox"/> - AP <input type="checkbox"/>)		
Surveillance visuelle (§5.2) Interne : OUI/NON Fréquence des visites : Organisme extérieur : OUI/NON Fréquence des visites : Formalisation et mise à disposition : OUI/NON		Moyens d'auscultation (§5.2) OUI/NON Piézomètres : remblai <input type="checkbox"/> - terrain naturel <input type="checkbox"/> Repères de nivellement <input type="checkbox"/> Inclinomètres <input type="checkbox"/> Tassomètres <input type="checkbox"/> Mesures de débit <input type="checkbox"/> Formalisation et mise à disposition : OUI/NON

Cette fiche fait partie d'un ensemble de 4 documents permettant le suivi des bassins industriels. Ces documents peuvent être associés pour constituer le dossier de suivi de l'ouvrage ; ils comprennent :

- **une fiche de renseignements** : celle-ci contient les principaux éléments de situation, de constitution et d'exploitation du bassin, des études préalables à sa fin de vie. Les éléments permettant de la renseigner doivent pouvoir être trouvés dans le dossier d'ouvrage et/ou complétés avec l'exploitant lors d'une visite du site.
- **une fiche de prescriptions « bassin existant »** : elle rappelle les prescriptions génériques applicables à tous les bassins existants quel que soit leur type ou leur catégorie. Ensuite, éventuellement détaillés par type ou catégorie d'ouvrage, elle fournit la fréquence, le nombre et le positionnement des mesures de surveillance d'écoulement ou de mouvement.
- **une fiche d'inspection** : elle fournit un canevas d'observations facilitant leur formalisation ; elle vient en complément de la fiche de renseignements. Elle permet de s'assurer que l'ouvrage est correctement suivi par l'exploitant et/ou par un organisme extérieur compétent mandaté par lui. Les fiches de visites peuvent constituer au cours de la vie de l'ouvrage un ensemble cohérent permettant d'évaluer le comportement de l'ouvrage dans le temps.
- **le document pédagogique « Bassins de rétention industriels »** : il s'agit d'un document pédagogique permettant au lecteur de se familiariser avec la conception, la construction, l'exploitation et la fermeture des bassins industriels. Les modes de défaillance privilégiés de ces ouvrages sont également détaillés ainsi que les interventions possibles en situation dégradée. Enfin, un chapitre aborde exclusivement l'établissement des prescriptions administratives relatives à ces ouvrages.

Glossaire

DOE	Dossier des Ouvrages Exécutés ; rassemble les documents d'exécution et de contrôle, plans d'exécution, résultats d'essais, rapports établis lors de la construction de l'ouvrage ; c'est une photographie technique de l'ouvrage terminé
OPQIBI	Organisme Professionnel de Qualification de l'Ingénierie Bâtiment Industrie - www.opqibi.com/
Certificat d'IP FNTF	La FNTF délivre, à l'entreprise qui en fait la demande, selon un processus certifié ISO 9001 dans le cadre du système qualité de la FNTF, une carte et des identifications professionnelles (IP) répertoriées dans la Nomenclature "Travaux Publics" . Une carte avec IP est délivrée à une entreprise en règle de ses obligations sociales, qui a justifié de ses moyens matériels et humains et a produit des références de ses réalisations au travers des attestations de travaux fournies par des maîtres d'ouvrage et/ou maîtres d'œuvre. Celles-ci garantissent que les travaux décrits ont bien été effectués dans les règles de l'art et menés à bonne fin. www.fntp.fr/
ASQUAL	La Qualification d'entreprise a pour objectif d'attester de la compétence, du professionnalisme et de la capacité d'une entreprise d'application de géomembranes à réaliser une prestation dans cette activité, en suivant les exigences générales contenues dans la norme correspondante NF X 50-091. www.asqual.com/
Formalisation de la surveillance	Documents mis à disposition de l'inspecteur et permettant de suivre les inspections visuelles périodiques réalisées par l'exploitant ou le bureau d'études compétent en géotechnique qu'il a mandaté ainsi que l'évolution des valeurs issues du système d'auscultation mis en place, suivi et interprété. Cette formalisation peut prendre la forme de fiche, rapports, courbes ; sa réalisation, son suivi et son interprétation engagent la responsabilité de son auteur.

Annexe C

Fiche de prescriptions – Bassin existant

Fiche de prescriptions – Bassin existant

Rappel des prescriptions génériques pour tous les bassins (ch.8 du document)

Suivi d'exploitation courante formalisée sur un registre réel ou virtuel (hebdomadaire à mensuel)

- Suivi du niveau du surnageant, des entrées/sorties de bassin, des incidents et dysfonctionnements

Surveillance visuelle courante

- Suivi mensuel par opérateur formé, annuel par BE spécialisé, interventions sur incident ou dysfonctionnement et formalisée (rapport, courbes...)

Procédure de fermeture

- Existence d'un modelé final aménagé avec prise en compte du comportement des résidus et de la gestion des effluents

Prescriptions spécifiques d'exploitation pour les bassins de sédimentation

Disposition et gestion des points de rejet et du surnageant

- assurer une rotation des points de rejet pour que les produits sédimentés contribuent à la stabilité du parement interne du remblai ;
- limiter la hauteur du surnageant par une bonne gestion des entrées-sorties dans le bassin ;
- assurer le bon fonctionnement de la reprise du surnageant et disposer d'un système de secours ;
- pour les bassins construits par la méthode amont, disposer d'une large « plage ».

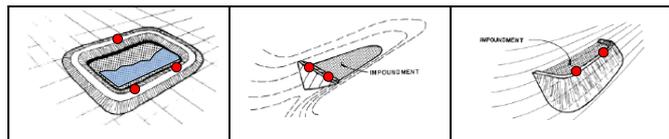
Prescriptions spécifiques de suivi/surveillance en fonction des bassins

Nombre et positionnement des points de mesures et surveillance

Écoulements

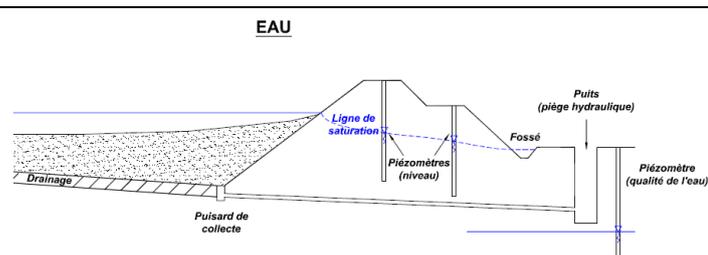
Dans le *corps de remblai* pour vérifier la position de la *ligne de saturation* (hors bassin avec étanchéité complémentaire)

- type annulaire : 2 piézomètres côté surnageant et 1 piézomètre coté « plage » sédimentée
- autres types : 2 piézomètres côté aval



Dans le *terrain naturel* pour vérifier la *qualité*

- 1 piézomètre minimum à l'aval hydrogéologique avec prélèvements et analyses (hors bassin à eaux claires)
- prélèvements et analyses au niveau du drainage (fond de bassin et remblai – fossé)



Mouvements

Surveillance visuelle (voir prescriptions génériques)

Déplacements superficiels (mesures topographiques par géomètre)

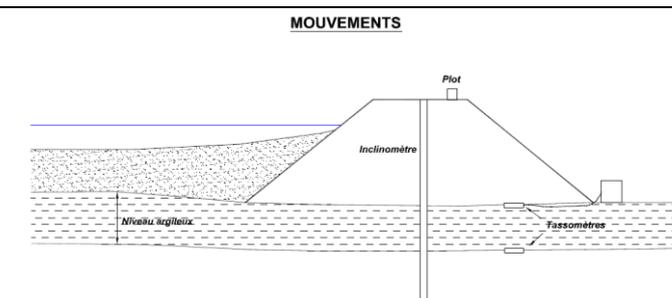
4 à 6 plots par remblais et par niveaux

- pour tous les bassins en fin de construction
- dans les zones à évolution par la suite

Déplacements internes

1 à 2 inclinomètres sur le côté le plus « sensible » pour les remblais de plus de 5m de hauteur (côté enjeux, élévation maximale, côté surnageant...).

Rappel – En cas d'incident ou de dysfonctionnement mis en place de la procédure de surveillance renforcée : augmentation de la fréquence des visites, augmentation de la compétence du personnel de visite, pose d'instrumentation spécifique



Prescriptions spécifiques de suivi/surveillance en fonction des bassins

Fréquence		Conception construction	Catégorie 1	Catégorie 2
Suivi visuel	Exploitant	0, amont ^(*)	hebdomadaire	mensuel
		1 ^(**)	mensuel	mensuel
	Bureau d'études extérieur	0, amont	annuel ou sur demande de l'alerteur	annuel à bisannuel ou sur demande de l'alerteur
		1	annuel ou sur demande de l'alerteur	bisannuel ou sur demande de l'alerteur
Ecoulement	Dans le corps de remblai	0, amont	1 mesure par saison et 1 mesure en cas d'atteinte de la revanche	1 mesure par an et 1 mesure en cas d'atteinte de la revanche
		1	1 mesure par saison	1 mesure par an (mesure faite en condition défavorable)
	Dans le terrain naturel (qualité)	-	1 prélèvement et analyse par saison	1 prélèvement et analyse par saison
Mouvement	Mesures topo sur plots ou repères	0, amont	mesures semestrielles	mesures annuelles
		1	mesures annuelles	mesures bisannuelles
	Inclinomètre	0, amont	annuel	annuel
		1	bisannuel	bisannuel

(*) - 0, amont : conception et/ou construction non validée(s) ou construction par méthode amont

(**) – 1 : conception et construction validées, construction par une méthode aval, centrale ou en 1 phase

La fréquence des mesures doit être adaptée à l'évolution du phénomène observé : un phénomène à évolution lente ou un mouvement en asymptote peut conduire à réduire la fréquence ; un phénomène en accélération nécessite une augmentation de la fréquence d'observation. Toute évolution anormale, incident ou dysfonctionnement peut nécessiter le retour à la fréquence initiale ou des mesures spécifiques. En fin d'exploitation, le système peut être allégé en fonction de l'évolution observée.

Cette fiche fait partie d'un ensemble de 4 documents permettant le suivi des bassins industriels. Ces documents peuvent être associés pour constituer le dossier de suivi de l'ouvrage ; ils comprennent :

- **une fiche de renseignements** : celle-ci contient les principaux éléments de situation, de constitution et d'exploitation du bassin, des études préalables à sa fin de vie. Les éléments permettant de renseigner doivent pouvoir être trouvés dans le dossier d'ouvrage et/ou complétés avec l'exploitant lors d'une visite du site.
- **une fiche de prescriptions « bassin existant »** : elle rappelle les prescriptions génériques applicables à tous les bassins existants quel que soit leur type ou leur catégorie. Ensuite, éventuellement détaillés par type ou catégorie d'ouvrage, elle fournit la fréquence, le nombre et le positionnement des mesures de surveillance d'écoulement ou de mouvement.
- **une fiche d'inspection** : elle fournit un canevas d'observations facilitant leur formalisation ; elle vient en complément de la fiche de renseignements. Elle permet de s'assurer que l'ouvrage est correctement suivi par l'exploitant et/ou par un organisme extérieur compétent mandaté par lui. Les fiches de visites peuvent constituer au cours de la vie de l'ouvrage un ensemble cohérent permettant d'évaluer le comportement de l'ouvrage dans le temps.
- **le document pédagogique « Bassins de rétention industriels »** : il s'agit d'un document pédagogique permettant au lecteur de se familiariser avec la conception, la construction, l'exploitation et la fermeture des bassins industriels. Les modes de défaillance privilégiés de ces ouvrages sont également détaillés ainsi que les interventions possibles en situation dégradée. Enfin, un chapitre aborde exclusivement l'établissement des prescriptions administratives relatives à ces ouvrages.

Annexe D

Fiche d'inspection

Suivi et surveillance	
Surveillance visuelle Par un opérateur formé : OUI/NON Fréquence des visites : semaine/mois/ ... mois Formalisation disponible sur site : OUI/NON Alerteur de l'exploitant : Organisme extérieur : Fréquence des visites :	Surveillance instrumentée Niveau - dans le bassin <input type="checkbox"/> dans le remblai (piézomètres) <input type="checkbox"/> - Nbre : Mouvement – repères de nivellement <input type="checkbox"/> - Nbre : inclinomètres <input type="checkbox"/> - Nbre : tassomètres <input type="checkbox"/> - Nbre : Formalisation : fichiers <input type="checkbox"/> courbes <input type="checkbox"/> rapport <input type="checkbox"/>
Synthèse de la surveillance visuelle courante <ul style="list-style-type: none"> • Suivi mensuel par opérateur formé <input type="checkbox"/> • Suivi annuel par BE spécialisé <input type="checkbox"/> • Intervention sur incident ou dysfonctionnement <input type="checkbox"/> 	
Fermeture	
Procédure de fermeture <ul style="list-style-type: none"> • Existence d'un modelé final aménagé <input type="checkbox"/> • Prise en compte du comportement des résidus <input type="checkbox"/> • Prise en compte de la gestion des effluents <input type="checkbox"/> 	

Cette fiche fait partie d'un ensemble de 4 documents permettant le suivi des bassins industriels. Ces documents peuvent être associés pour constituer le dossier de suivi de l'ouvrage ; ils comprennent :

- **une fiche de renseignements** : celle-ci contient les principaux éléments de situation, de constitution et d'exploitation du bassin, des études préalables à sa fin de vie. Les éléments permettant de renseigner doivent pouvoir être trouvés dans le dossier d'ouvrage et/ou complétés avec l'exploitant lors d'une visite du site.
- **une fiche de prescriptions « bassin existant »** : elle rappelle les prescriptions génériques applicables à tous les bassins existants quel que soit leur type ou leur catégorie. Ensuite, éventuellement détaillés par type ou catégorie d'ouvrage, elle fournit la fréquence, le nombre et le positionnement des mesures de surveillance d'écoulement ou de mouvement.
- **une fiche d'inspection** : elle fournit un canevas d'observations facilitant leur formalisation ; elle vient en complément de la fiche de renseignements. Elle permet de s'assurer que l'ouvrage est correctement suivi par l'exploitant et/ou par un organisme extérieur compétent mandaté par lui. Les fiches de visites peuvent constituer au cours de la vie de l'ouvrage un ensemble cohérent permettant d'évaluer le comportement de l'ouvrage dans le temps.
- **le document pédagogique « Bassins de rétention industriels »** : il s'agit d'un document pédagogique permettant au lecteur de se familiariser avec la conception, la construction, l'exploitation et la fermeture des bassins industriels. Les modes de défaillance privilégiés de ces ouvrages sont également détaillés ainsi que les interventions possibles en situation dégradée. Enfin, un chapitre aborde exclusivement l'établissement des prescriptions administratives relatives à ces ouvrages.