

Présentation du guide du détenteur de terrils et autres dépôts miniers issus de l'activité charbonnière

Yves Paquette, J. Laversanne

▶ **To cite this version:**

Yves Paquette, J. Laversanne. Présentation du guide du détenteur de terrils et autres dépôts miniers issus de l'activité charbonnière. Journées nationales de géotechnique et de géologie, Jun 2004, Lille, France. pp.235-242. ineris-00972464

HAL Id: ineris-00972464

https://ineris.hal.science/ineris-00972464

Submitted on 3 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PRESENTATION DU GUIDE DU DETENTEUR DE TERRILS ET AUTRES DEPOTS MINIERS ISSUS DE L'ACTIVITE CHARBONNIERE

Yves PAQUETTE [1], Jacques LAVERSANNE [2]
[1] *INERIS, chargé de mission auprès de Charbonnages de France*
[2] *Société de l'Industrie Minérale*

RÉSUMÉ - Un guide illustré, publié par la Société de l'Industrie Minérale a pour objet d'informer les collectivités, industriels ou particuliers, qui ont fait l'acquisition d'anciens dépôts issus de l'activité charbonnière ou de ses usines annexes, des principaux risques géotechniques encourus, en cas de mauvaise gestion de ces sites, ou en cas d'événements naturels exceptionnels venus perturber leur structure. Il expose les mécanismes des désordres potentiels, affiche les différents risques encourus et édicte des mesures préventives et correctives à mettre en œuvre pour contrôler ces situations.

1. Introduction

L'exploitation du charbon a généré des dépôts de produits minéraux aux abords des sites d'extraction. De dimensions très variables, les volumes stockés peuvent atteindre plusieurs millions ou dizaines de millions de m^3, les hauteurs de talus de ces dépôts variant d'une dizaine à une centaine de mètres.

Les matériaux stockés, de granulométrie diverse, sont soit des déblais pierreux d'extraction, bruts ou criblés, soit des produits issus d'une chaîne de traitement : schistes houillers de lavoir, fines de schistes charbonneux (schlamms) décantées dans des bassins endigués, cendres et scories issues des centrales thermiques ou d'anciennes chaufferies.

Les dépôts ont été créés pour un usage industriel dans un contexte réglementaire déterminé. Une fois l'exploitation achevée, le site industriel est "banalisé" et transféré à un tiers après sa mise en sécurité. Son affectation à un autre usage nécessite une étude approfondie et, si nécessaire, des aménagements spécifiques.

Les dépôts issus des exploitations des établissements du groupe Charbonnages de France ont fait l'objet, en particulier lors de l'instruction du dossier de demande d'arrêt définitif des travaux, d'une analyse des risques ayant parfois abouti à des travaux de mise en sécurité et/ou de végétalisation plus ou moins importants.

Les risques géotechniques résiduels liés à ces ouvrages miniers sont donc maîtrisés dans les conditions de leur transfert, mais pas nécessairement pour l'usage auquel l'acquéreur souhaiterait les destiner.

Ces risques peuvent cependant, dans de rares occasions, évoluer avec le temps si des événements, généralement dus à l'action de l'homme, venaient à modifier la configuration géométrique et les conditions de stabilité de ces dépôts.

Les accidents géotechniques liés à l'existence de dépôts miniers après leur constitution surviennent (Paquette et Hantz, 1997) :

- soit du fait de perturbations naturelles, liées généralement à l'action des eaux de surface ou souterraines et à l'évolution dans le temps des matériaux stockés,
- soit, plus généralement, du fait de l'intervention humaine, lors de travaux réalisés sans réflexion ou étude géotechnique et de risques préalable.

Les conséquences des ruptures sont aggravées si les dépôts sont implantés sur des pentes naturelles et si des habitations ou des installations se trouvent à l'aval.

Il convient donc d'être particulièrement vigilant sur l'apparition de tout phénomène évolutif pouvant, à terme, menacer la stabilité des dépôts ou créer des situations de risque pour les biens ou les personnes.

Le guide du détenteur de terrils (Paquette et Laversanne, 2003) édicte, sans vouloir être exhaustif, des règles générales de bonne pratique à adopter pour assurer une gestion optimale de ces anciens ouvrages miniers.

Il rappelle que :

- comme pour tout ouvrage particulier, le détenteur de tels dépôts doit rester vigilant et y exercer une surveillance visuelle spécifique et régulière ;
- en cas d'apparition de phénomènes pouvant perturber profondément les sites, les spécialistes doivent être rapidement consultés pour établir le diagnostic et les mesures de sauvegarde ;
- tout aménagement sur ces sites doit être conçu et réalisé selon les règles de l'art, en faisant appel aux spécialistes (géotechniciens, hydrologues, hydrogéologues...).

Enfin, certains de ces grands dépôts sont devenus, au fil du temps, des sites d'intérêt remarquable au plan écologique ou paysager et ont fait l'objet de classements de protection spécifiques (classement à l'inventaire des zones naturelles d'intérêts écologique, faunistique et floristique - ZNIEFF -, classement comme site pittoresque).

2. Interventions humaines

2.1 Aménagements

Tout aménagement sur un dépôt minier doit être conçu par des spécialistes et réalisé par des professionnels compétents, avec la prise en compte des spécificités de l'ouvrage et des règles de l'art.

Une attention particulière doit être portée sur les caractéristiques géotechniques des matériaux et les conditions de stabilité des talus.

On doit s'interdire, en particulier :

- de construire à proximité de la crête ou du pied de talus (risque de rupture de l'ouvrage par surcharge en bordure de crête, risque de glissement ou de fluage en pied du terril...) ;
- d'implanter des bassins contenant de l'eau trop près des bords de crête (risque de rupture par surcharge statique ou hydraulique) ;
- de réaliser des excavations dans les anciens bassins de décantation ou stocks de cendres lors d'aménagements.

L'aménageur doit respecter les pentes de sécurité des talus, en particulier ne pas en entailler inconsidérément le pied ou les digues des anciens bassins de décantation. Ces dernières sont le plus souvent masquées par les terres mises en place lors de la réhabilitation ou du réaménagement de l'ouvrage.

Dans le cas d'intervention sur des terrils "froids" contenant des matériaux combustibles, il doit être tenu compte du risque d'échauffement. Les terrassements doivent éviter, en particulier, toute entrée d'air et d'eau dans le dépôt (risque d'auto-échauffement).

Les activités sur les sites qui sont ouverts au public doivent être respectueuses de l'aménagement réalisé et de la nature du dépôt. Il s'agit notamment de préserver les sols contre l'érosion induite par la pratique de certaines activités de loisir en dehors des secteurs spécialement aménagés à cet effet (moto-cross, VTT, équitation, parapente...).

Par ailleurs, les usagers doivent être conscients des risques inhérents à toute activité sur un domaine penté.

2.2 Exploitation et mises en décharge sauvage

Il est rappelé que l'enlèvement de matériaux sur un dépôt est une affaire de professionnels régie par le Code de l'Environnement et soumise à la police des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (rubrique 2510 de la nomenclature : exploitation de carrière).

Les emprunts sauvages, outre la dégradation des sites et la création de dangereux fronts de taille, peuvent déclencher des ruptures profondes de talus. Le sous-cavage des matériaux peut

provoquer des accidents graves par éboulement soudain du front d'excavation. Les risques sont accrus dans les terrils en combustion (produits chauds) ou dans les matériaux fins que sont les stocks de cendres de centrale thermique (produits fins pulvérulents) ou les schlamms des anciens bassins de décantation (produits fins charbonneux cohésifs et saturés en eau).

Par ailleurs, ces enlèvements de remblais peuvent conduire à l'entrée en combustion de matériaux riches en éléments charbonneux, par auto-échauffement, du fait de la circulation d'air ainsi créée au sein du dépôt.

De même, on doit veiller à ce que les sites de dépôt ne fassent pas l'objet de décharge sauvage, le milieu étant particulièrement sensible à la pollution du fait de la perméabilité relative de ces matériaux, et, dans certains cas, des risques de combustion.

3. Action de l'eau

3.1 Ravinement et érosion des flancs

3.1.1 Mécanisme

Le phénomène le plus couramment observé sur un dépôt provient du ravinement des flancs par le ruissellement des eaux météoriques ou de surface.

Ces érosions intempestives sont liées à une mauvaise gestion des eaux ruisselant sur les plates-formes et les talus, à des dégradations des dispositifs de drainage et de collecte mis en place, à des dégradations du couvert végétal générées, par exemple, par des activités non contrôlées (moto-cross, VTT, équitation...). Dans certains cas, ces dégradations peuvent avoir pour origine l'activité animale, avec notamment le creusement de nombreux terriers par les lapins, les ragondins... .

3.1.2 Risque

L'évolution des ravines par érosion régressive, outre le fort impact paysager et la dégradation du couvert végétal, aboutit au creusement de profondes entailles dont les parois sont subverticales.

Les risques de chute pour les personnes, d'ensevelissement sous des éboulements de paroi et d'accident par chute de pierre deviennent alors maximaux. Ces situations de risque sont aggravées lors de violents orages avec la formation de coulées boueuses ou en période de dégel pendant laquelle les chutes de blocs deviennent plus fréquentes.

A l'extrême, ces creusements peuvent provoquer la rupture profonde du dépôt, avec formation de grandes coulées en pied de talus, et générer des désordres plus ou moins profonds sur les installations situées à l'aval.

Les entailles dues à l'érosion sont par ailleurs à l'origine de l'entrée en combustion des terrils sensibles au phénomène d'auto-échauffement, avec la mise à l'air de matériaux riches en pyrite et en charbon et l'apport d'eau dans le dépôt qui provoquent des réactions d'oxydation avec dégagement de chaleur (réactions exothermiques).

3.1.3 Mesures préventives et correctives

La surveillance visuelle du site, en particulier après les périodes de fortes précipitations, permet de déceler l'apparition de tels ravinements et d'en analyser les causes.

Il convient d'apporter rapidement les mesures correctives appropriées. Les techniques les plus simples consistent notamment à revoir le schéma de drainage et de collecte des eaux à l'amont ; à les canaliser par la réalisation de levées de terres (merlons) ou de petites tranchées ou cunettes ; à traiter les ravines par des techniques de terrassement (comblement) ou de génie biologique (fascines en boutures de saules, ensemencement approprié...), et à prohiber dans les zones sensibles les activités susceptibles de dégrader les sols.

Si les dégradations liées à l'activité animale deviennent trop importantes, il convient alors de contenir l'évolution des populations (prélèvement de lapins par des chasses contrôlées, au furet par exemple).

En cas de perturbations trop profondes, des travaux de remodelage plus importants sont nécessaires. Ils doivent, dans ce cas, être conçus et dirigés par des spécialistes en terrassement.

3.2 Erosion du pied

3.2.1 Mécanisme

L'érosion du pied d'un dépôt peut survenir avec le débordement d'un cours d'eau.

Si le dépôt recouvre un vallon sous lequel les eaux sont canalisées, l'obturation de l'entrée des conduites à l'amont par embâcles, lors de fortes intempéries, conduit à l'entraînement de quantités importantes de produits.

L'enlèvement de matériaux en pied par les eaux de débordement provoque l'érosion régressive du dépôt, qui est d'autant plus importante que la granulométrie des produits est fine (cas de cendres volantes de centrale thermique, par exemple) et que les pluies sont intenses.

3.2.2 Risque

Si des mesures correctives ne sont pas rapidement apportées, ces érosions en pied peuvent aboutir à des ruptures profondes du dépôt et ainsi mobiliser de grands volumes de matériaux.

3.2.3 Mesures préventives et correctives

Les remèdes à apporter consistent généralement à protéger de l'action de l'eau les portions de talus sensibles par des enrochements et à canaliser le cours d'eau ou à le dévier de son cours normal.

En cas d'embâcles répétées obturant les buses sous le dépôt, il convient de revoir le système d'entrée des eaux à l'amont (création de bassins tampons par exemple et contrôle périodique de leur état), voire de rétablir le fil d'eau en surface lorsque la topographie des lieux le permet.

3.3 Rupture par plastification des matériaux en pied de dépôt

3.3.1 Mécanisme

Dans le cas général, un terril ou une verse, est constitué de matériaux perméables qui ne retiennent pas les eaux de pluie et ne permettent pas la formation de nappe perchée.

Par contre, des suintements d'eau persistants à l'interface dépôt / terrain naturel, indiquent la présence d'eaux stagnantes sous le dépôt, qu'elles proviennent de l'infiltration à travers le dépôt ou de résurgence de nappe superficielle.

Par ailleurs, des modifications dans le régime d'écoulement des eaux peuvent aboutir à l'apparition de zones marécageuses en pied de dépôt.

Il en est de même lorsqu'un drain présent sous le terril vient à s'obturer ou lorsqu'une canalisation enterrée fuit à l'intérieur du dépôt.

Sous l'effet de la saturation en eau, les matériaux à la base du dépôt perdent leurs qualités mécaniques et des ruptures profondes peuvent survenir provoquant des glissements soudains et de grande ampleur.

3.3.2 Risque

Le risque est d'affecter le bâti et les ouvrages situés immédiatement à l'aval du dépôt.

3.3.3 Mesures préventives et correctives

Les mesures préventives consistent à :

- interdire l'implantation d'ouvrages ou habitations nouvelles au voisinage immédiat d'un pied de grand talus ;
- éviter d'imperméabiliser le pied du terril par des travaux de voiries ou par des apports de matériaux argileux ;

- éviter toute accumulation d'eau dans le terril, en s'abstenant d'y enterrer des canalisations et en contrôlant le bon fonctionnement des drains existants.

3.4 Rupture par fluage du terrain d'assise

3.4.1 Mécanisme

Lorsque la nature des terrains d'assise est sensible à l'eau (limons argileux par exemple), les effets de la saturation conduisent à l'affaiblissement de leurs caractéristiques de résistance mécanique, en particulier de la résistance au cisaillement.

Cette saturation est repérable en pied de terril, à l'interface dépôt / terrain naturel, par des suintements d'eau persistants.

L'amoindrissement des caractéristiques mécaniques des terrains d'assise peut aboutir à une lente déformation du dépôt sous son propre poids, généralement dans le sens de la pente du terrain naturel, même si celle-ci est faible (de l'ordre de quelques pour-cents).

La déformation se caractérise d'abord par l'apparition, dans la zone humide, de légers renflements -appelés "ventres"- en partie basse du talus, dans le sens de la pente. Dans les premiers stades, ces déformations sont difficilement perceptibles pour un observateur non familier du site.

Le pied de talus peut ensuite avancer lentement, par fluage, de quelques décimètres à quelques mètres par an, sans que les versants ne présentent de lignes de fissures ou de crevasses perceptibles à l'amont. Il se forme alors un bourrelet de pied caractéristique, avec soulèvement des terrains d'assise et inclinaison des arbres en avant du talus.

3.4.2 Risque

Si des mesures ne sont pas prises dans les meilleurs délais, cette lente déformation du dépôt par fluage aboutit inéluctablement à la rupture totale et soudaine du dépôt au bout de plusieurs années ou décennies.

3.4.3 Mesures préventives et correctives

Les actions correctives relèvent généralement de travaux de drainage profond et de terrassements à faire réaliser par des spécialistes, après analyse de la cause première des désordres et une étude géotechnique et hydrogéologique.

4. Combustion du charbon

4.1 Mécanisme

Les terrils houillers contiennent de 15 à 35% de matériaux combustibles et d'autres matières oxydables comme les sulfures de fer (pyrite), en plus faible quantité (quelques pour-cents). Les dépôts anciens sont les plus riches en éléments charbonneux (du fait des méthodes de tri manuel du charbon ou des techniques de lavage encore peu élaborées qui rejetaient au terril du charbon fin).

De nombreux terrils sont entrés en combustion (en région Nord-Pas-de-Calais, 50% des 300 terrils édifiés ont été le siège de combustion) :

- dès leur constitution, souvent du fait de la mise à dépôt de cendres chaudes provenant des machines à vapeur, parfois par auto-échauffement des matériaux fraîchement déposés du fait de conditions physico-chimiques propices (réactions exothermiques d'oxydation des pyrites et charbons en présence d'air et d'eau),
- après leur constitution, au contact d'une source de chaleur externe (feux de forêt ou de décharges, dépôt de cendres de foyers encore chaudes...), ou après des modifications initiant des phénomènes d'auto-échauffement (entailles dans le dépôt par emprunt de matériaux ou par ravinement favorisant la pénétration de l'air et de l'eau).

Les mécanismes d'évolution de la combustion sont complexes (Paquette, 1997) et dépendent du mode de dépôt, de sa géométrie, de la granulométrie et de la répartition des matériaux, de leur teneur en éléments oxydables et en matières volatiles, de leur teneur en eau et des conditions climatiques.

La combustion d'un terril se propage lentement de la surface vers la profondeur. La durée de combustion peut atteindre plusieurs décennies. Le terril se tasse sur lui-même du fait des matières consumées, ce qui est plutôt favorable à la stabilité d'ensemble du dépôt en l'absence de forte pente du terrain d'assise. De plus, les caractéristiques mécaniques des matériaux sont globalement améliorées par les effets de la combustion (cimentation, vitrification des matériaux).

4.2 Risques

4.2.1 Les risques de brûlure

Un terril en combustion est d'autant plus dangereux pour les personnes que l'échauffement est récent et superficiel. Les risques de brûlure sont alors maximaux, les terrains de surface, particulièrement ventilés, peuvent se consumer avec des températures pouvant atteindre 700 à 900°C.

Des petites cavités formées par la combustion et proches de la surface peuvent s'effondrer sous le poids d'un piéton et produire l'inflammation et la déflagration des gaz de pyrolyse brutalement mis à l'air.

Un chasseur a ainsi été mortellement brûlé en 1962 à Bruay (62), en marchant sur le talus chaud d'un terril. L'effondrement de la croûte d'une poche en combustion, sous son poids, a libéré les gaz inflammables contenus et la déflagration a provoqué un entonnoir de 4 m de diamètre et 0,80 m de profondeur.

4.2.2 Le risque d'incendie

Les échauffements superficiels peuvent générer, en période sèche, des incendies du couvert végétal ou des massifs forestiers.

Les conséquences de tels incendies sont particulièrement aggravées en région méditerranéenne.

4.2.3 Les risques liés aux gaz toxiques ou inflammables

Dans la majorité des cas, les dépôts forment un relief et sont suffisamment ventilés pour permettre la dissipation des fumées irritantes et toxiques (CO, SO_2, H_2S) qui se dégagent du terril en combustion.

Les risques d'intoxication par les gaz de combustion sont limités au débouché immédiat des crevasses émettrices, lors d'expositions prolongées (plusieurs sans-abris sont ainsi décédés avant guerre après s'être endormis sur des terrils en combustion du Nord-Pas-de-Calais pour se réchauffer).

Par contre, si le dépôt est situé dans une cuvette, le risque est largement aggravé en cas d'inversion de température du fait de la stagnation des fumées.

Les risques d'explosion de gaz de combustion, chargés en monoxyde de carbone et hydrogène, surviennent en cas d'arrivée massive d'eau sur un foyer incandescent qui déclenche des réactions de gazéification (phénomène dit du "gaz à l'eau"). C'est pourquoi il est recommandé aux services d'incendie de ne pas tenter d'éteindre des terrils par injection ou projection d'eau sans réflexion préalable. Cette technique est non seulement le plus souvent inappropriée mais peut devenir particulièrement dangereuse. L'usage de l'eau doit, en première urgence, être limité au seul traitement des feux de broussailles.

Une attention particulière devra être portée aux réseaux enterrés dans les dépôts en combustion, susceptibles de véhiculer des gaz toxiques voire détonants ou d'apporter un afflux d'eau au cœur des foyers, propice à la genèse de gaz à l'eau explosible.

Le recouvrement de foyers incandescents par des matériaux imperméables (argiles, marnes) peut conduire à l'accumulation de gaz explosibles (exemple de la catastrophe survenue le 17

janvier 1920 sur le terril d'Auchel - Pas-de-Calais - suite au recouvrement des talus chauds par des produits marneux issus d'un creusement de puits).

4.2.4 Les risques liés à la présence de déchets enfouis ou de munitions de guerre
Sur certains terrils anciens, le risque de combustion du dépôt peut être aggravé par les effets de la combustion d'éventuels déchets sauvages enfouis, voire par l'explosion de munitions de guerre.

Une bombe de 400 kg de la seconde guerre mondiale, demeurée enfouie dans le terril devenu chaud de l'ancienne fosse 9 de Lens (62), a explosé en 1988 et endommagé les habitations avoisinantes.

4.2.5 Les risques liés aux éboulements de talus chauds
L'éboulement de talus chauds entraînant la formation de nuées ardentes est un phénomène particulièrement meurtrier comme l'atteste la catastrophe du terril de Calonne - Ricouart (62), le 26 août 1975.

Ce type d'accident est survenu dans le passé pendant l'édification ou l'exploitation de terrils en combustion, du fait du non-respect des règles de l'art (pente excessive, sous-cavage...) et a conduit, de par le monde, à de nombreux accidents mortels.

La sape d'un pied de talus de terril en combustion, lors d'un emprunt sauvage de matériaux ou d'une érosion non maîtrisée, peut conduire à des accidents d'une gravité similaire avec la formation de nuages de poussières chaudes pouvant se propager sur de grandes distances (plusieurs centaines de mètres pour de grands terrils).

4.2.6 Les risques liés à la propagation d'échauffement sous des constructions
Par le passé, des constructions (usines, habitations, voiries, stades...) ont pu être édifiées sur des remblais de schistes charbonneux ou bitumineux, voire directement sur des plates-formes de terrils, sans mesures spécifiques pour prévenir le risque de combustion.

La propagation de la combustion dans les remblais sous ces constructions conduit à des désordres profonds : incendie ; destruction des ouvrages par tassements différentiels des fondations liés à la combustion des terrains d'assise ; accumulation de gaz toxiques ou détonants dans le bâti ou propagation par les réseaux...

4.3 Mesures préventives et correctives

4.3.1 Prévention
Pour préserver les terrils contenant des produits noirs carbonés de tout risque de combustion, il est indispensable :

- de prohiber les feux sur ou à proximité immédiate (risque incendie) du dépôt ;
- d'interdire tout dépôt de déchets, notamment fermentescibles ou combustibles ;
- d'entretenir le couvert végétal (coupes des herbes hautes, débroussaillage ...), en particulier en zone méditerranéenne (risque incendie) ,
- d'éviter les activités génératrices d'érosion et de ravinement et d'interdire tout emprunt pouvant favoriser l'entrée d'oxygène et d'eau dans le dépôt.

Par ailleurs il est imprudent de construire des ouvrages sur des dépôts combustibles ou à leur périphérie immédiate ou d'y enterrer des réseaux.

4.3.2 Surveillance
En matière d'échauffement de terril, les actions correctives sont d'autant plus efficaces que le problème est traité précocement.

Sur un dépôt contenant des matières combustibles imbrûlées, il est nécessaire d'assurer une surveillance visuelle régulière (détection des fumerolles par temps de pluie, des points chauds par temps de neige, des modifications du couvert végétal, des émissions de gaz soufrés...) afin de déceler toute amorce d'échauffement et de faire appel, le plus tôt possible, aux spécialistes du traitement de ce type de combustion.

Sur un dépôt déjà en combustion, la surveillance consistera à contrôler l'évolution des échauffements, conformément aux directives des spécialistes, afin d'adapter les mesures et de définir les dispositifs de sécurité.

4.3.3 Mesures correctives

L'extinction d'un dépôt houiller en combustion demeure délicate, onéreuse et dangereuse pour les opérateurs, dès que le volume de matériaux échauffés est devenu trop important. Elle n'est ni techniquement ni économiquement envisageable en l'absence de nuisances environnementales sévères mettant en péril la salubrité publique.

Les techniques de lutte contre les échauffements de terrils houillers sont l'affaire de spécialistes.

Elles font appel aux méthodes de lutte reposant sur le principe du "triangle du feu" :

- suppression des matières combustibles par défournement ;
- refroidissement des matériaux par noyage, mise à l'air libre... ;
- réduction des entrées d'air et donc des apports d'oxygène par masque, injection de gaz inerte...

La propagation de l'échauffement vers des secteurs sensibles peut être contenue, dans certaines configurations, par la réalisation de tranchées coupe-feu d'autant plus efficaces qu'elles sont réalisées précocement.

On peut, dans certains cas, mettre en sécurité le site et réduire le volume des fumées malodorantes et des gaz toxiques émis dans l'atmosphère, en masquant les remblais sous une couverture de matériaux inertes suffisamment épaisse, tout en assurant la gestion des eaux de surface pour limiter les infiltrations vers les zones chaudes. Ces traitements sont principalement adaptés aux dépôts présentant une plate-forme horizontale. Pour les grands terrils coniques, la topographie du site ne permet pas d'appliquer, de manière économique et sécuritaire, un tel traitement par masque.

Dans tous les cas, il est indispensable de baliser les zones en combustion pour signaler le risque et d'interdire l'accès aux secteurs dangereux.

5. Références bibliographiques

Paquette Y., Hantz D., 1997. Terrils et verses minières. Conception, surveillance, réhabilitation. *Mines et Carrières, Les Techniques, II/97, numéro « Digues et terrils », novembre, pp. 10-22.*

Paquette Y., 1997. La combustion des remblais houillers et crassiers sidérurgiques. *Mines et Carrières, Les Techniques, II/97, numéro « Digues et terrils », novembre, pp. 23-33.*

Paquette Y., Laversanne J., 2003. Guide du détenteur de terrils et autres dépôts miniers issus de l'activité charbonnière (verse, bassins de décantation, dépôts de cendres). *Les fascicules de l'Industrie Minérale, 37 p.*