

Długotłęka, octobre 2026

L'ingrédient négligé

Comment un oxyde métallique discret provoque une rupture mondiale en santé au travail et en protection de l'environnement

Aperçu de l'analyse technique, sept ordres juridiques

Version 1.4 · octobre 2026

Markus Sommer, expert en chromates, Les Experts du Chromate · www.chromatexperten.de

1. Les faits

Les isolants haute température contiennent des oxydes basiques, principalement l'oxyde de calcium et l'oxyde de sodium. Aucun des deux n'est classé cancérogène et aucun n'apparaît dans une analyse portant sur le **chrome(VI)**. Au-dessus de 300 °C environ, ils réagissent avec la couche d'oxyde de chrome des pièces chaudes en acier allié au chrome pour former du chromate de calcium et du chromate de sodium, le chromate de sodium dès 200 °C environ. La réaction exige une source de chrome, un oxyde basique, de l'oxygène et de la température. Ces quatre conditions sont réunies dans une installation chaude isolée en service normal. À l'état de livraison, aucun chromate n'est présent; il se forme à l'interface entre l'isolant et la pièce et se reforme après chaque montée en température. Il est libéré lors de la maintenance, du démontage, du nettoyage, de la révision et de la déconstruction, sous forme de poussière qui quitte la zone de travail sur les outils, les vêtements, les gants et les pièces démontées.

2. Ce qui est documenté

La voie de formation est décrite sous forme de brevet depuis 1939. Le brevet américain 2 176 687 revendique expressément la production de chromate de calcium et de chromate de sodium à partir d'une source de chrome, de chaux ou de soude et d'oxygène. Elle est confirmée expérimentalement à l'interface métal-isolant: en 2015, du CaCrO_4 a été identifié sur un isolant en silicate de calcium et du Na_2CrO_4 sur un isolant sodique, avec 160 mg de **Cr(VI)** par mètre carré de surface de contact après 1 000 heures et 940 mg/m² après 5 000 heures. Une couche barrière de 3 à 4 µm a empêché la formation de manière quasi complète. Le premier avertissement d'un fabricant date d'avril 1990 et a été étendu expressément aux isolants et aux textiles en 1994. Des documents d'exploitants et de services techniques des années 2019 à 2025 décrivent le même processus, avec la fenêtre de température et la source de calcium. S'y ajoutent mes propres visites d'installations ainsi que des prélèvements surfaciques et de matériaux effectués depuis 2019 sur des moteurs, des centrales, des usines d'incinération, des navires, des véhicules et des engins de chantier.

3. Pourquoi cela passe inaperçu

Le terme générique de **chrome(VI)** décrit correctement le danger et masque la cause. Derrière chaque constat solide se trouve un sel, et le préfixe de ce sel nomme le partenaire de réaction. Celui qui trouve du chromate de calcium voit l'origine du composé; lorsqu'il n'est question que de **chrome(VI)**, cette information reste inutilisée.

La forme des documents y contribue. La fiche de données de sécurité décrit l'état de livraison et n'a aucune valeur pour l'évaluation d'une opération de maintenance. Dans les fiches des produits fibreux, le calcium n'apparaît pas comme une ligne distincte, bien qu'il soit contenu dans la définition de la substance derrière le numéro CAS.

La troisième cause relève de l'analyse. Pour les isolants thermiques, il n'existe pas de méthode normalisée, la matrice est elle-même le partenaire de réaction, et les méthodes transposées d'autres matrices donnent des résultats sous-estimés, jusqu'à être proches de zéro. Un résultat négatif sans indication du taux de récupération sur la même matrice ne dit rien de la teneur.

4. Les résidus d'incinération

Pour les isolations thermiques, la formation peut être empêchée par le choix du matériau. Pour les résidus d'incinération, cette possibilité disparaît, car le partenaire de réaction se trouve dans la matière incinérée et celle-ci ne se choisit pas. L'oxyde de calcium est présent dans les ordures ménagères à hauteur d'environ 3 pour cent. Le chromate de calcium se forme entre 500 et 850 °C lorsque la pression partielle d'oxygène est suffisante, et il est réduit à nouveau au-dessus de 850 °C.

Ce n'est donc pas le fonctionnement à pleine charge qui est critique, mais l'arrêt pour maintenance. Des résidus de cendres restent sur la grille et sur les pièces chaudes en acier allié au chrome, la température traverse la fenêtre de formation du haut vers le bas, et l'ouverture de l'installation apporte de l'oxygène supplémentaire. Lors de la révision intérieure, des échafaudages sont montés, des éléments de grille sont parcourus, traités en surface, démontés et remplacés. Lorsque l'installation pratique la désulfuration directe, un sorbant calcique est en outre injecté dans le foyer à 900 °C environ ou dans les passes de chaudière à 350 °C environ. Pour ce domaine, il ne reste que le régime de protection.

5. Les obligations dans sept ordres juridiques

La réglementation allemande sert de référence dans cette analyse parce qu'elle décrit expressément le cas traité ici. La TRGS 561 allemande le traite au point 5.9.3 et déclenche le régime de protection dès lors qu'une exposition au **chrome(VI)** ne peut être exclue. Le règlement allemand sur les substances dangereuses exige, à son paragraphe 6 alinéas 2a à 2c, de vérifier si des substances dangereuses peuvent être libérées de l'installation pendant l'activité, de faire appel à une expertise externe lorsque l'employeur ne dispose pas des compétences, et de procéder à une investigation technique lorsque celle-ci est nécessaire, comme condition de l'activité. Le paragraphe 7 alinéa 1 interdit d'entreprendre l'activité avant l'évaluation des risques et la mise en place des mesures de protection.

Le cadre est posé par le droit européen. La directive 2004/37/CE exige depuis plus de vingt ans que la nature, l'ampleur et la durée de l'exposition soient déterminées et que les autres voies d'exposition, y compris l'absorption cutanée, soient prises en compte. Elle s'applique dans tous les États membres. Depuis le 17 janvier 2025, une valeur limite contraignante de 0,005 mg/m³ s'applique aux composés du **chrome(VI)**.

La France applique le même cadre avec trois particularités. L'article R. 4412-61 du Code du travail exige que l'employeur évalue « la nature, le degré et la durée de l'exposition des travailleurs » pour toute activité susceptible de présenter un risque d'exposition à un agent cancérogène, et l'évaluation porte sur toutes les voies d'exposition, y compris la peau. L'article R. 4412-66 exige la substitution dans la mesure où elle est techniquement possible et la consignation du résultat dans le document unique. La valeur limite contraignante est de 0,001 mg/m³ sur huit heures, cinq fois plus stricte que la valeur européenne; son respect est contrôlé au moins une fois par an par un organisme accrédité et son dépassement entraîne l'arrêt du travail aux postes concernés. Le repérage de l'amiante avant travaux, prévu aux articles L. 4412-2 et R. 4412-97, couvre six domaines, parmi lesquels les matériels roulants, les navires, les aéronefs et les installations, structures ou équipements. Pour la substance nommée, l'obligation existe donc précisément dans les classes d'installations où les chromates se forment.

La Suisse n'est pas membre de l'Union européenne et ne dispose d'aucun chapitre consacré à ce cas. Les obligations découlent de l'article 82 alinéa 1 de la loi sur l'assurance-accidents, qui impose à l'employeur toutes les mesures nécessaires selon l'expérience, applicables en l'état de la technique et adaptées aux conditions données, et de l'ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles: article 3 pour les mesures et leur contrôle, article 6 alinéa 1 pour l'information et l'instruction, article 8 alinéa 1 pour les travaux présentant des dangers particuliers, article 11a alinéa 1 pour le recours à des spécialistes de la sécurité au travail et article 44 alinéa 1, qui couvre expressément la manipulation et le stockage de substances dangereuses pour la santé. La Suva ne fixe aucune valeur MAK pour les composés du **chrome(VI)**, car aucun seuil d'effet cancérogène n'est connu; la valeur de 0,001 mg/m³ n'existe que comme condition d'une autorisation exceptionnelle au titre de l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques. À sa place s'applique l'obligation de minimisation selon le principe STOP, la substitution venant en premier.

Aux Pays-Bas, l'article 4.2 de l'Arbeidsomstandighedenbesluit exige l'évaluation de la nature, de l'ampleur et de la durée de l'exposition dans le cadre de l'inventaire des risques, même lorsque de telles activités ne sont pas exercées actuellement; l'article 4.17 exige le remplacement prioritaire des substances et procédés cancérogènes dans la mesure où cela est techniquement réalisable, et l'interdiction expresse de commencer avant l'évaluation figure, pour l'amiante, à l'article 4.54a. La valeur limite néerlandaise est de 0,001 mg/m³ exprimée en chrome.

Au Royaume-Uni, l'interdiction de commencer figure sans référence à une substance déterminée à la Regulation 6(1) des COSHH Regulations 2002: un employeur ne peut pas faire exécuter des travaux susceptibles d'exposer des salariés à une substance dangereuse pour la santé sans évaluation préalable appropriée et suffisante et sans mise en œuvre des mesures qui en découlent. La valeur limite selon EH40 dans sa quatrième édition 2020 est de 0,01 mg/m³, et pour les substances cancérogènes les COSHH Regulations exigent en même temps la minimisation au niveau le plus bas raisonnablement praticable. Aux États-Unis, le 29 CFR 1926.1126(d) oblige tout employeur concerné à déterminer la moyenne sur huit heures pour chaque salarié exposé; la valeur limite admissible selon le 29 CFR 1910.1026 est de 5 µg/m³ avec un action level de 2,5 µg/m³, à quoi s'ajoutent les vêtements de protection, les vestiaires et zones de lavage et l'interdiction du soufflage à l'air comprimé. Le droit des marchés publics s'y ajoute: la clause DFARS 252.223-7008 interdit la livraison d'articles contenant plus de 0,1 pour cent en masse de **chrome(VI)** dans un matériau homogène, et de même la livraison d'articles pour lesquels du **chrome(VI)** devrait être enlevé ou appliqué de nouveau lors de phases de maintien ultérieures.

Aucun de ces systèmes ne connaît de seuil en dessous duquel le régime de protection cesserait de s'appliquer, et dans tous la sanction se rattache à l'obligation non exécutée et non au dommage survenu. Aux Pays-Bas, cela passe par l'article 33 de l'Arbeidsomstandighedenwet, avec une amende administrative pouvant atteindre 110 000 euros, et par l'article 32 combiné à la Wet op de economische delicten, qui qualifie le fait intentionnel de délit. En France, l'amende de l'article L. 4741-I du Code du travail est appliquée autant de fois qu'il y a de travailleurs de l'entreprise concernés, et la faute inexcusable de l'employeur suppose, selon la Cour de cassation, qu'il « a eu ou aurait dû avoir conscience du danger » et « n'a pas pris les mesures nécessaires pour l'en préserver ». L'Australie indique la direction: à compter du 1er décembre 2026, Safe Work Australia ne publie plus de valeur limite pour les cancérrogènes génotoxiques sans seuil, composés du **chrome(VI)** compris, et l'obligation d'éliminer l'exposition ou de la minimiser autant que raisonnablement praticable prend sa place.

6. Limites du traitement a posteriori

La réduction du **chrome(VI)** en chrome(III) est chimiquement possible et suppose un réducteur approprié, une plage de pH appropriée, un temps de contact suffisant et une preuve d'efficacité. Les instructions de travail disponibles ne mentionnent pas les conditions que le certificat du laboratoire mandaté nomme expressément, et aucune preuve d'efficacité n'existe pour la matrice isolante. Le contrôle du résultat repose sur le test colorimétrique rapide, dont le même organisme déclare par écrit que le résultat négatif n'est pas fiable; une étude de terrain française a mis en évidence 869 ng de **Cr(VI)** sur le turbocompresseur alors que le test rapide était négatif au même endroit.

L'huile dégrippante ne réduit pas le **chrome(VI)**; le chromate passe dans la phase huileuse et échappe à la mesure. Le chrome(III) n'est en outre pas un état final. Les composés solubles du chrome(III) portent la mention de sensibilisation Sh dans la liste allemande des valeurs MAK et BAT 2026, personne ne détermine quels composés sont réellement présents après un traitement, et avec le matériau remonté, le partenaire de réaction revient sur la pièce chaude.

7. Ordre de grandeur

L'analyse technique contient une extrapolation des occasions, non des constats. Des déclarations publiques de fabricants, des statistiques de parc et des registres d'installations donnent notamment 190 000 moteurs d'une seule série en service, plus de 100 000 moteurs vendus pour deux autres séries, une base installée active de 44 GW chez un motoriste à gaz, plus de 7 000 turbines à gaz chez un constructeur qui indique représenter environ la moitié du parc mondial, environ 7 300 unités de production au charbon, environ 109 000 navires, 6,16 millions de poids lourds de plus de 3,5 tonnes dans l'Union européenne et 2 539 usines d'incinération en Europe, aux États-Unis, en Chine et au Japon.

Avec les intervalles de maintenance et de révision retenus, il en résulte environ 58 000 à 61 000 occasions par an pour les seuls segments industriels, auxquelles s'ajoutent des millions de passages en atelier dont la part pertinente n'est pas chiffrée. Ce qui est soumis à appréciation n'est donc pas un événement isolé.

8. Les obligations en Allemagne

La section 3I nomme les raisons pour lesquelles le corpus réglementaire allemand est majoritairement cité dans cette analyse. La présente section rassemble en un seul endroit les prescriptions allemandes en vigueur et indique pour chaque énoncé sa source. Elle répète ce faisant des points qui figurent ailleurs dans leur contexte, afin qu'une entreprise en Allemagne n'ait pas à rassembler ses obligations à partir de l'ensemble de l'analyse.

La notion de substance dangereuse couvre aussi ce qui ne se forme qu'ensuite

Le règlement allemand sur les substances dangereuses (GefStoffV) ne se rattache pas à l'achat. Le paragraphe 2 alinéa 1 numéro 3 compte parmi les substances dangereuses les « substances, mélanges et articles à partir desquels, lors de la fabrication ou de l'utilisation, des substances au sens du numéro 1 ou du numéro 2 se forment ou sont libérées ». Le numéro 4 couvre en complément les substances et mélanges qui, en raison de leurs propriétés et de la manière dont ils sont présents ou utilisés au poste de travail, peuvent mettre en danger la santé et la sécurité des salariés. Un chromate qui se forme à l'interface entre l'isolation et la pièce chaude est ainsi couvert, bien que personne ne l'ait acheté et que personne n'ait voulu le fabriquer.

Substitution et ordre de priorité des mesures

Le paragraphe 7 alinéa 3 exige, sur la base du résultat du contrôle de substitution, « de procéder en priorité à une substitution », et cela par des substances, mélanges, articles ou procédés qui, dans les conditions d'utilisation respectives, ne sont pas dangereux ou le sont moins. Le paragraphe 7 alinéa 4 ordonne les étapes suivantes : conception des procédés et formes d'utilisation à faible émission selon l'état de la technique, ensuite mesures techniques collectives à la source du danger et mesures organisationnelles, et seulement ensuite mesures individuelles y compris l'équipement de protection individuelle. Le paragraphe 7 alinéa 5 phrase 2 dispose que l'utilisation d'un équipement de protection individuelle contraignant ne peut être une mesure permanente.

Ce qui en découle pour une entreprise en Allemagne

Des prescriptions citées résulte un ensemble de documents vérifiable. En font partie l'évaluation des risques documentée et établie avec la qualification requise pour l'appariement de matériaux formé d'une pièce chaude alliée au chrome et d'un isolant à charge basique ainsi que le contrôle de substitution réalisé et justifié selon le paragraphe 7 alinéa 3. En font partie l'information du donneur d'ordre selon le paragraphe 5a et l'investigation technique selon le paragraphe 6 alinéa 2c. En font partie la consigne d'exploitation et l'instruction annuelle selon le paragraphe 14. En font partie l'inscription au registre des expositions ou sa justification selon le paragraphe 10a combiné avec la TRGS 410, l'organisation du suivi obligatoire et la classification du déchet selon la teneur.

9. Les obligations dans l'Union européenne

Les corpus réglementaires nationaux des États membres transposent le droit de l'Union. La présente section rassemble ce que le droit de l'Union exige lui-même, en distinguant le droit de la protection au travail du droit des substances et du droit des déchets. L'exécution incombe aux États membres ; pour une entreprise, les obligations naissent du droit national respectif.

Champ d'application de la directive 2004/37/CE

La directive s'applique selon l'article 3 paragraphe 1 « aux activités dans lesquelles les travailleurs sont ou peuvent être exposés, du fait de leur travail, à des agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction ». Elle se rattache ainsi à l'exposition lors d'une activité. L'article 2 point a) i) définit l'agent cancérigène par les critères de classification de l'annexe I du règlement (CE) n° 1272/2008 et ne comporte aucune restriction aux substances achetées, mises sur le marché ou mises en œuvre délibérément. Le chromate de calcium et le chromate de sodium sont classés de manière harmonisée à l'annexe VI partie 3 dudit règlement comme cancérigènes de catégorie 1B.

La valeur limite contraignante

L'annexe III partie A de la directive 2004/37/CE comporte l'entrée « composés du **chrome(VI)** qui sont des agents cancérigènes au sens de l'article 2 point a) i) (en chrome) » avec une valeur limite de 0,005 mg/m³ en moyenne pondérée dans le temps sur huit heures. Aucune valeur à court terme n'est fixée, et la colonne des mentions est vide. La colonne transitoire indique 0,010 mg/m³ jusqu'au 17 janvier 2025 et 0,025 mg/m³ jusqu'à la même date pour les travaux de soudage et de coupage au plasma ainsi que les procédés similaires générant des fumées.

Ce qui en découle

Pour une entreprise établie dans un État membre, l'obligation naît du droit national de transposition. Le critère d'examen du droit de l'Union est à cet égard plus strict que la question d'une mesure sur trois points. L'évaluation prévue à l'article 3 paragraphe 2 est liée à l'activité et doit être renouvelée lors de toute modification des conditions. L'absorption cutanée est expressément à intégrer selon l'article 3 paragraphe 3. La réduction prévue à l'article 5 paragraphe 3 n'est liée à aucun seuil ; elle s'applique dès qu'un système clos n'est pas techniquement possible. Un État membre peut prévoir des prescriptions plus strictes ; la directive fixe des exigences minimales.

10. Les obligations aux Pays-Bas

Les Pays-Bas sont membres de l'Union européenne et ont transposé la directive 2004/37/CE dans l'Arbeidsomstandighedenbesluit. Le cas d'application traité ici n'y est pas davantage nommé en tant que tel. La présente section rassemble les prescriptions néerlandaises en vigueur et indique pour chaque énoncé sa source.

La notion de substance est neutre quant à l'origine

L'article 1.1 alinéa 5 lettre b de l'Arbeidsomstandighedenbesluit définit les substances dangereuses comme « stoffen of mengsels waaraan werknemers bij de arbeid worden of kunnen worden blootgesteld die vanwege de eigenschappen van of de omstandigheden waaronder die stoffen of mengsels voorkomen gevaar voor de veiligheid of gezondheid kunnen opleveren ». La définition se rattache à l'exposition au travail et aux circonstances de la présence. L'achat, la mise sur le marché et l'utilisation intentionnelle n'y figurent pas.

La valeur limite de 0,001 mg/m³

La valeur limite légale figure à la Bijlage XIII partie B2 de l'Arbeidsomstandighedenregeling, la liste des valeurs limites fixées selon l'approche par le risque pour les substances cancérogènes. L'entrée est « Chroom (VI)-verbindingen (als Cr) » avec 0,001 mg/m³ en moyenne pondérée dans le temps sur huit heures. Aucun numéro CAS, aucune valeur sur quinze minutes et aucune mention cutanée n'y sont inscrits. Selon l'explication relative à la Bijlage XIII, la valeur se rapporte, pour les substances qui peuvent être présentes sous forme de particules, à la fraction prélevée comme poussière inhalable.

Ce qui en découle pour une entreprise aux Pays-Bas

Des prescriptions citées résulte un ensemble de documents vérifiable. En font partie l'évaluation écrite prévue à l'article 4.2 alinéa 1 pour l'appariement de matériaux formé d'une pièce chaude alliée au chrome et d'un isolant à charge basique ainsi que les sept indications prévues à l'article 4.13, y compris la justification des raisons pour lesquelles une substitution n'est pas techniquement réalisable. En fait partie la valeur limite fixée par l'employeur selon l'article 4.16 alinéa 2, dans la mesure où aucune valeur légale n'est pertinente. En font partie la liste prévue à l'article 4.15 avec une conservation de quarante ans, l'instruction annuelle prévue à l'article 4.19 lettre a et la description du déchet prévue à l'article 10.39 du Wet milieubeheer.

II. Les obligations au Royaume-Uni

La présente section rassemble en un seul endroit le corpus réglementaire britannique, comme le font les trois sections précédentes pour l'Allemagne, l'Union européenne et les Pays-Bas. Le Royaume-Uni n'est plus lié à la directive 2004/37/CE depuis le 1er janvier 2021. La prescription porteuse, les Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002, est plus ancienne que cette directive et continue de s'appliquer sans modification.

Le champ d'application territorial est divisé. Les COSHH Regulations 2002 et les Control of Asbestos Regulations 2012 portent la mention « E+W+S » et s'appliquent donc en Angleterre, au pays de Galles et en Écosse ; l'Irlande du Nord dispose, avec les Control of Substances Hazardous to Health Regulations (Northern Ireland) 2003 et les Control of Asbestos Regulations (Northern Ireland) 2012, de prescriptions propres, construites de manière identique sur le fond. En droit des déchets, les quatre parties du pays suivent chacune sa propre voie, avec des règlements propres pour l'Angleterre, le pays de Galles, l'Écosse et l'Irlande du Nord. Les indications de la présente section se rapportent, sauf mention contraire, à l'Angleterre et au pays de Galles.

La notion de substance ne dépend pas de la classification

Regulation 2(1) détermine ce qu'est une « substance hazardous to health ». La lettre a couvre toute substance qui remplit les critères de classification dans une classe de danger pour la santé au titre du règlement CLP, et cela expressément « whether or not the substance is classified under that Regulation ». La lettre b couvre les substances ayant une valeur limite d'exposition professionnelle approuvée par l'autorité britannique HSE, la lettre d la poussière de toute nature au-dessus de la concentration qui y est indiquée. Un chromate qui se forme à l'interface entre l'isolation et la pièce chaude remplit les critères des lettres a et b, sans qu'il doive exister un fournisseur, une fiche de données de sécurité ou une classification formelle.

Prévention, substitution et ce qui est raisonnablement praticable

Regulation 7(1) exige d'empêcher l'exposition ou, dans la mesure où cela n'est pas raisonnablement praticable, de la maîtriser de manière adéquate. Regulation 7(2) précise la priorité de la substitution ; Regulation 7(3) ordonne les étapes suivantes, de la conception des procédés à l'équipement de protection individuelle en passant par la maîtrise à la source. Regulation 7(4) lettre b exige expressément « the adoption of suitable maintenance procedures », la lettre c la réduction du nombre de salariés exposés, du niveau et de la durée de l'exposition et de la quantité présente au poste de travail au minimum nécessaire pour le travail. La section 30 reproduit le libellé des alinéas 1, 2 et 5.

Ce qui en découle pour une entreprise au Royaume-Uni

Les obligations commencent avant le travail. Regulation 6(1) interdit le début sans évaluation appropriée et suffisante, et Regulation 6(2) lettre e nomme la maintenance avec un potentiel d'exposition élevée comme objet d'évaluation propre. Une évaluation qui ne considère pas la voie de formation sur des pièces chaudes isolées alliées au chrome, bien que les matériaux des composants et les températures de service soient connus, ne satisfait pas à cette exigence.

12. Annexe : les matériaux isolants contenant des oxydes basiques et leurs lieux de mise en œuvre

Les isolants courants du commerce qui suivent contiennent les oxydes basiques décrits, lesquels peuvent déclencher une formation thermochimique in situ des composés du **chrome(VI)** décrits. Il ne s'agit pas de suppositions, mais de déductions tirées des indications des fabricants, d'avertissements d'utilisateurs et de mes propres observations de terrain.

Matériau et forme commerciale	Teneur documentée en oxydes basiques
Verre E, fil et tissu pour circuits imprimés et aéronautique	CaO 16 à 25 %, MgO 0 à 5 %, Na ₂ O et K ₂ O 0 à 2 %
Laine minérale, laine de roche et laine de verre : matelas, matelas grillagé, panneau, coquille	Na ₂ O, K ₂ O, CaO, MgO et BaO ensemble plus de 18 pour cent en masse ; cette valeur fait partie de l'identité de la substance selon l'annexe VI, index 650-016-00-2, et n'est pas une propriété de lot
Laine AES, définition de la substance par les fabricants	oxyde de calcium et oxyde de magnésium ensemble 18 à 43 %, dioxyde de silicium 50 à 82 %
Laine de silicate d'aluminium et fibre céramique (ASW, RCF) : matelas, panneau, papier, module	Na ₂ O, K ₂ O, CaO, MgO et BaO ensemble inférieurs ou égaux à 18 pour cent en masse ; valeur de séparation par rapport à l'index 650-016-00-2. Les fiches techniques des fabricants ne chiffrent pas les oxydes de métaux alcalins et alcalino-terreux
Silicate de calcium, panneau et pièce moulée	CaO 38 à 43 %
Perlite expansée : vrac et pièce moulée	Na ₂ O 3,7 %, K ₂ O 5,3 %, CaO 0,5 %, MgO 0,1 %. L'analyse provient d'une perlite de filtration ; pour les isolants de tuyauteries et de réservoirs, les fabricants ne publient pas d'analyse des oxydes

Matériau et forme commerciale	Teneur documentée en oxydes basiques
Vermiculite expansée : vrac et panneau	MgO 21,5 à 25,5 %, K ₂ O 3 à 6 %, CaO 2,0 à 6,0 % ; la fiche technique mentionne en outre Cr ₂ O ₃ à 0,01 à 0,15 %
Pâte de montage pour pièces chaudes, contenant du calcium	hydroxyde de calcium 10 à moins de 20 pour cent en masse

Domaine d'application	Température
Yachts et superyachts	surface exigée en dessous de 220 °C ; composants du compartiment moteur jusqu'à 750 °C
Porte-conteneurs et navires de commerce, moteur deux temps	non indiquée dans le document
Porte-conteneurs et navires de commerce, moteur quatre temps	sortie de turbine 390 °C en fonctionnement normal, 450 °C au dimensionnement, 554 °C en fonctionnement de secours
Navires de croisière	comme pour le moteur quatre temps
Locomotives et véhicules ferroviaires	pièce moulée jusqu'à 650 °C ; types de matelas jusqu'à 816 °C et jusqu'à 1 149 °C
Engins de chantier et machines de travail mobiles	composants jusqu'à 750 °C, réduction de la surface en dessous de 220 °C
Unités de cogénération et production combinée de chaleur et d'électricité	gaz d'échappement 421 °C à pleine charge, 476 °C à mi-charge
Installations de remplacement du réseau et d'alimentation électrique de secours, y compris dans les centres de données	371 °C jusqu'à près de 538 °C
Turbines à gaz et à vapeur	carter au-dessus de 500 °C, conduit de gaz d'échappement au-dessus de 480 °C, chaudière de récupération jusqu'à 1 093 °C
Véhicules routiers, poids lourds et voitures de tourisme	écran thermique jusqu'à 1 100 °C selon le matériau ; température de pointe au collecteur 1 000 °C
Fours industriels, chaudières, incinération des ordures ménagères et installations de biomasse	jusqu'à 640 °C, exécution lourde jusqu'à 649 °C
Installations chimiques et raffineries	jusqu'à 640 °C, coquilles jusqu'à 650 °C

Les tableaux complets, avec la source indiquée pour chaque ligne, figurent en annexe de l'analyse technique.

13. Ce qu'il y a à faire

Là où la formation peut être empêchée, elle doit l'être. Cela découle de l'ordre de priorité du paragraphe 7 alinéas 3 et 4 du règlement allemand sur les substances dangereuses, de l'article 4 de la directive 2004/37/CE, des articles R. 4412-66 et R. 4412-67 du code du travail français et, en Suisse, de l'état de la technique au sens de l'article 82 alinéa 1 de la loi sur l'assurance-accidents, ainsi que de l'article 4.17 de l'Arbeidsomstandighedenbesluit néerlandais. Pour l'isolation haute température, des matériaux de substitution sans oxydes de métaux alcalins et alcalino-terreux sont disponibles; le contrôle de substitution peut donc être mené avec un résultat.

Là où la formation ne peut être empêchée, le travail doit être organisé comme une activité impliquant une substance cancérigène: investigation avant le début des travaux, évaluation des risques documentée, travail à faible émission de poussière, aspiration, zonage, vestiaires et installations de lavage séparés, équipements de protection individuelle et élimination contrôlée.

Le nettoyage et la décontamination agissent pour l'opération considérée et n'éliminent pas la cause matérielle. Si l'isolant calcique reste sur la pièce chaude en acier allié au chrome, le chromate se reforme à la prochaine sollicitation thermique.

Version 1.4, octobre 2026, version française. La valeur limite britannique est rectifiée à 0,01 mg/m³ selon EH40 dans sa quatrième édition 2020, et la section sur les obligations au Royaume-Uni reprend les mentions de danger. Cet aperçu rend l'état de l'analyse technique et de la synthèse dans la version 1.10. Les preuves, les références et la liste des sources y figurent.