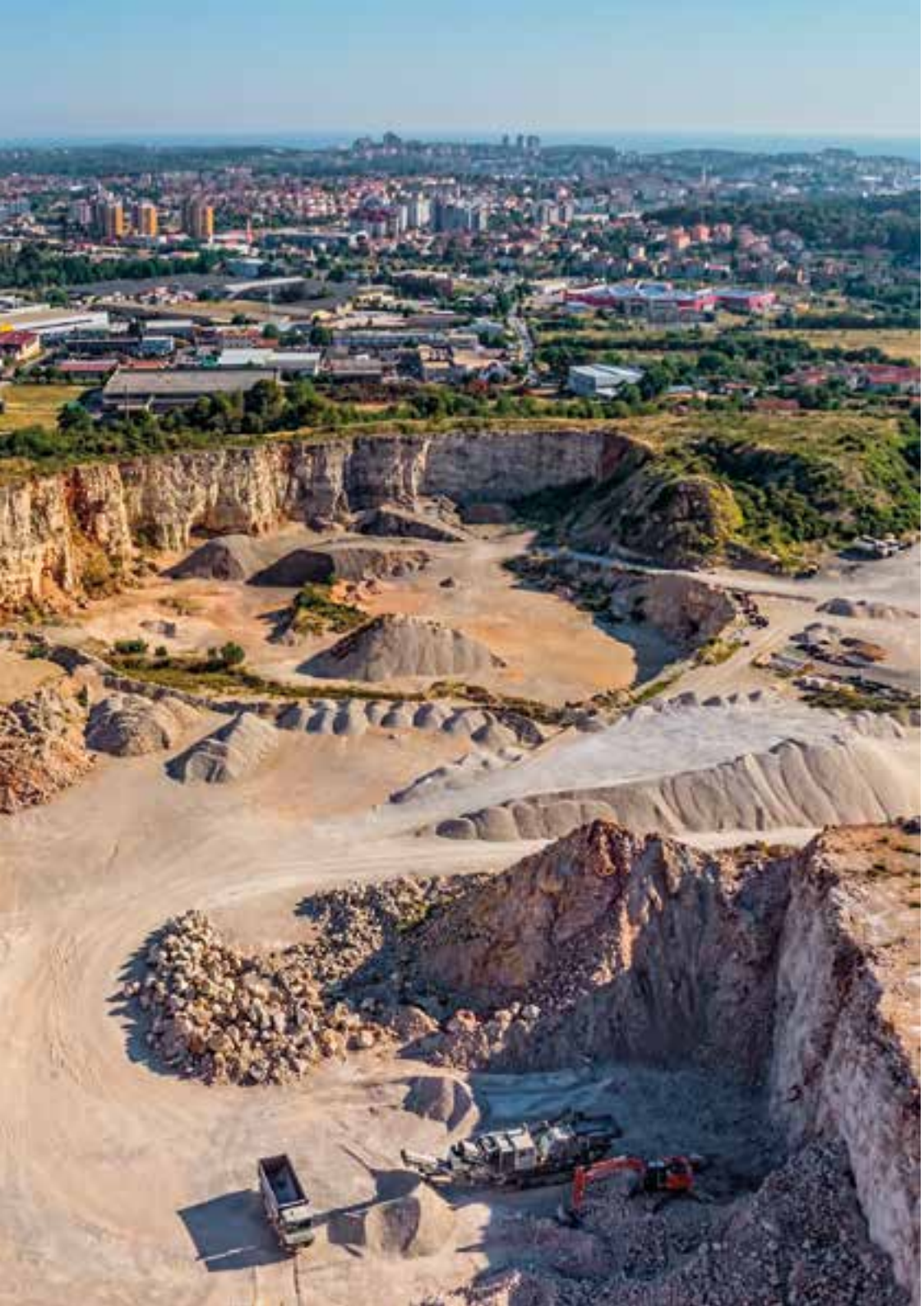
A WIRTGEN GROUP COMPANY

KLEEMANN

MANUEL

TRAITEMENT MOBILE

EDITION 2017



1 Matériaux primaires et secondaires

Types de roches et gisements **12**

Cycle des roches **12**

Roches naturelles (roches dures) **16**

- Roches magmatiques 16
- Roches sédimentaires 20
- Roches métamorphiques 25

Roches meubles **28**

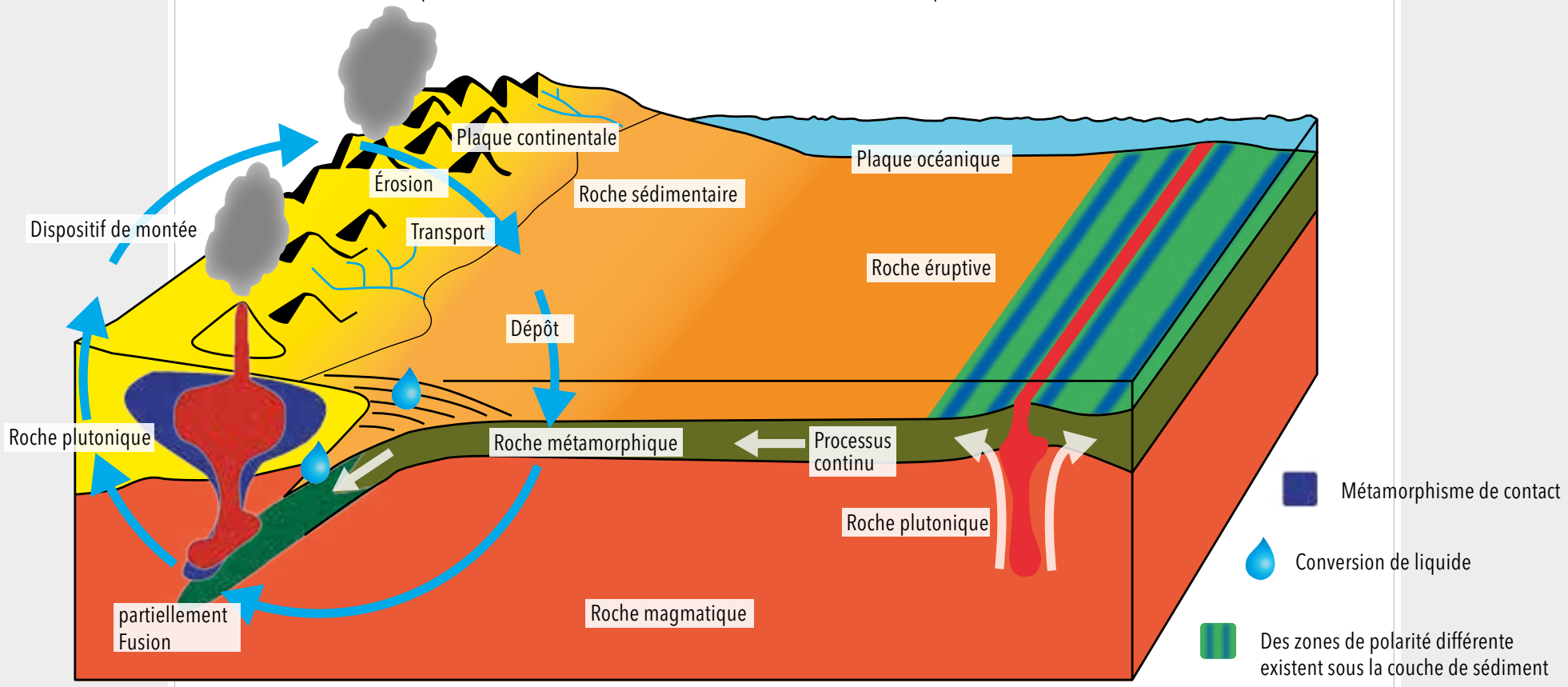
- Sable 28
- Gravier 30

Déchets de construction **32**

- Déchets d'asphalte 32
- Fraisat d'asphalte 34
- Concassé de béton 36
- Gravats mélangés 37

Propriétés physiques et chimiques et valeurs **38**

La roche des volcans éteints s'érode et est portée par l'érosion vers la plaque du dessous, est déposée là et devient de la roche sédimentaire. En cas d'autres déplacements des plaques, la roche sédimentaire se transforme sur l'interface des plaques sous la pression et la température en roche métamorphique, qui, par le mouvement de progression, est fondue à nouveau dans le magma et recommence son cycle à la sortie d'une cheminée volcanique.



Roches magmatiques

ches magmatiques (migmatites) sont formées par la solidification des coulées de roche en fusion (magma) qui se forment à l'intérieur de la Terre. Les roches en fusion transpercent la surface de la Terre et s'en suit un refroidissement très rapide, on parle de roches éruptives (vulcanite), qui présentent une structure cristalline fine. Le magma se solidifie sous la surface de la Terre, on parle de roches plutoniques, qui ont une structure de grains moyens à grossiers, car le refroidissement s'est fait lentement.

Roches sédimentaires

Les sédiments sont des dépôts de matériaux, qui résultent de l'altération de roches, restes de faunes ou flores et de procédés chimiques. Ces dépôts partiellement stratifiés sont soumis à l'action de la pression et de la température et forment des roches sédimentaires.

Roches métamorphiques

Avec les changements de pression et de température à la suite de processus géodynamiques, les roches magmatiques, sédimentaires et même déjà métamorphiques se transforment en roches métamorphiques. Par ces processus, la structure cristalline se transforme, mais pas nécessairement la composition chimique. Il est également possible que de nouveaux minéraux se forment au sein de la roche. Les roches métamorphiques tiennent leur nom de « meta » (modification) et « morphe » (forme).

Roche magmatique – gabbro

Carrière de gabbro, Allemagne

Gisements — Présents dans le monde entier > Importants gisements connus en Carélie, dans les Émirats, en Afrique du Sud, en Inde dans l'État indien d'Andhra Pradesh et au Groenland dans le complexe de Skaergaard > Roche la plus commune dans la croûte terrestre océanique profonde

Formation et structure — Roche plutonique magmatique > Se solidifie par un lent refroidissement sous la surface de la terre en une structure à grains grossiers > Couleur sombre à noire, partiellement à reflets verdâtres et bleuâtres > Se compose principalement de silicates de fer et de magnésium > L'équivalent volcanique est le basalte

Application — Illimité en granulat pour la construction de voies comme les routes, voies ferrées et fluviales > Béton et asphalte > Roche naturelle pour utilisation en intérieur et extérieur

Propriétés et ouvrabilité

Aptitude au concassage: bon – mauvais	Production de sable: faible – élevé
Dureté: tendre – dur	Besoin en énergie: faible – élevé
Usure: abrasif – peu abrasif	Production
Formation des grains: simple – difficile	Recommandation machines

* Cubage avec concasseur à percussion horizontal/vertical

Particularités

- Consommation d'explosifs spécifique élevée
- Déblais généralement en gros morceaux avec une tendance aux gros blocs
- Certains gisements présentent un risque de pneumoconioses en raison des niveaux élevés de silice libre

Roche magmatique – diabase

Carrière de diabase, Allemagne

Gisements — Gisements dans le monde entier notamment en Inde et en Turquie > Outre l'Allemagne également dans le sud de l'Angleterre > Autres gisements européens en République tchèque et en Finlande

Formation et structure — Roche magmatique > Apparaît près de la surface marine en structure à grains fins à moyens et par le plissement des montagnes sur la surface > Couleur de sombre à noire, partiellement verdâtre

Application — Illimité en granulat pour la construction de voies comme les routes, voies ferrées et fluviales > Béton et asphalte > Secondaire en roche naturelle pour utilisation en extérieur et en intérieur > Poudre de roche pour amélioration des sols

Propriétés et ouvrabilité

Aptitude au concassage: bon – mauvais	Production de sable: faible – élevé
Dureté: tendre – dur	Besoin en énergie: faible – élevé
Usure: abrasif – peu abrasif	Production
Formation des grains: simple – difficile	Recommandation machines

* Cubage avec concasseur à percussion horizontal/vertical

Particularités

- Particulièrement résistant aux intempéries
- Le plus souvent une haute résistance au polissage (valeur PSV) et donc particulièrement adapté pour les revêtements bitumineux
- Consommation d'énergie parfois extrêmement élevée lors du concassage

2 Utilisations dans le traitement mobile

Traitement de roche naturelle **44**

Granulats pour la fabrication d'asphalte **45**

- Fabrication de revêtement routier 45
- Exigences relatives aux granulats 48
- Fabriquer des granulométries d'asphalte conformes aux normes 50

Granulats pour la fabrication de couche de fondation **57**

- Fabrication des couches 57
- Exigences relatives aux granulats 59
- Fabriquer des granulométries de gravier conformes aux normes 61

Granulats pour la fabrication de béton **74**

- Classification des bétons 74
- Exigences relatives aux granulats 78
- Fabriquer des granulométries de béton conformes aux normes 88

Granulats pour la fabrication de ballast ferroviaire **98**

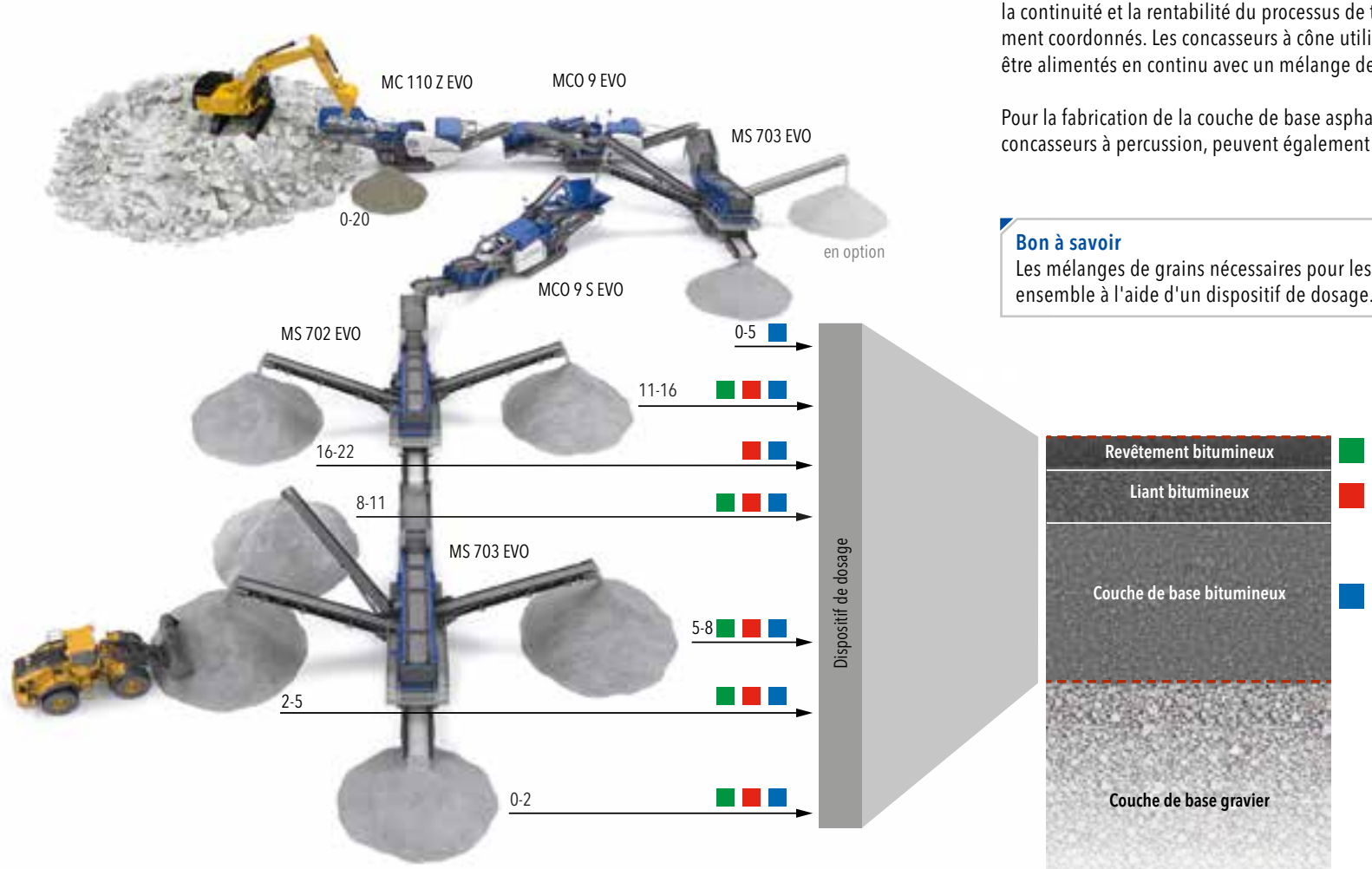
- Utilisation de ballast ferroviaire 98
- Spécification des granulométries 99
- Fabriquer des granulométries conformes aux normes 100

Fabrication de blocs d'enrochement **105**

- Utilisation de blocs d'enrochement 105
- Exigences relatives aux blocs d'enrochement 105
- Fabrication de blocs d'enrochement conformes aux normes 107

■ Fabriquer des granulométries d'asphalte conformes aux normes

Pour la fabrication de granulométries conformes aux normes, différentes combinaisons d'installations sont possibles en fonction du produit final.



Ensemble d'installations couches de roulement, de liant et de base asphaltées

KLEEMANN

Couches de roulement, de liant et de base asphaltées

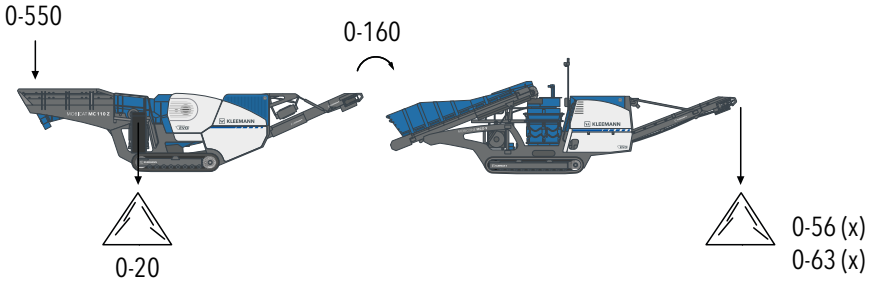
Pour la fabrication de granulats d'asphalte conformes aux normes, un processus de broyage en plusieurs étapes est nécessaire. Ce n'est qu'ainsi qu'il est possible de produire les qualités de grains nécessaires s'agissant de leur répartition et forme de grain. Pourtant, pour des raisons économiques, on utilise généralement des machines de concassage par compression. Le maintien de la forme de grain requise est délicat lors de la fabrication de granulations de granulats d'asphalte. Afin de garantir la continuité et la rentabilité du processus de traitement, les flux de matériaux doivent être minutieusement coordonnés. Les concasseurs à cône utilisés aux deuxième et troisième étapes de broyage doivent être alimentés en continu avec un mélange de grains.

Pour la fabrication de la couche de base asphaltée, des roches sédimentaires, préparées à l'aide de concasseurs à percussion, peuvent également être utilisées, comme le calcaire par ex.

Bon à savoir
Les mélanges de grains nécessaires pour les couches d'asphalte bitumineuses liées sont mélangées ensemble à l'aide d'un dispositif de dosage.

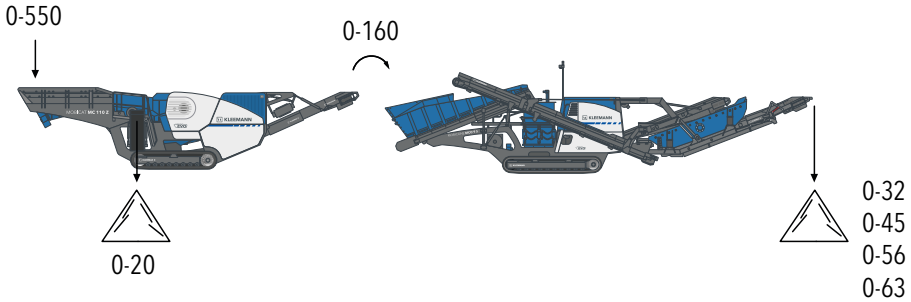
Traitement de roche naturelle

Variante 1



1er niveau de concassage concasseur à mâchoires	2e niveau de concassage concasseur à cône
Matériau d'alimentation 0-550 mm, dynamité	Matériau d'alimentation 0-160 mm, 1x préconcassé
Pré-crible : équipement de criblage, voir page 162, chap. « Mise en place du criblage », selon > le degré et la taille des impuretés > le type d'impuretés, par ex. collant, cohésif (argile) ou expensible (bois, charbon, humus) > la quantité et la qualité de la fraction sableuse > la taille d'alimentation nécessaire pour le concasseur à cône Dans l'exemple choisi : ES : EM grille à barreaux 65 mm EI : LDM grille métallique 25 mm	**Pré-crible :** Pas nécessaire, dans la mesure où le criblage du concasseur à mâchoires placé en amont est actif. Les fines 0-5 mm produites par le concasseur à mâchoires sont tolérées par le concasseur à cône.
Concasseur à mâchoires : réglage du concasseur à mâchoires, voir page 181, chap. « Mise en place du concasseur à mâchoires », selon > le produit intermédiaire souhaité > la capacité nécessaire du broyeur secondaire > la taille d'alimentation nécessaire pour le concasseur à cône Dans l'exemple choisi : Forme des dents de mâchoire du concasseur : dents régulières Écartement du broyeur CSS : 90 mm (point de puissance optimale)	**Concasseur à cône :** Réglage du concasseur à cône, voir page 188, chap. « Mise en place du concasseur à cône », selon > la courbe de grain souhaitée > la continuité du flux des matériaux > le taux de chargement optimal du concasseur à cône Dans l'exemple sélectionné : Outil de concassage : Standard moyen / grossier, 18 % Mn CSS : selon le grain final souhaité

Variante 2



1er niveau de concassage concasseur à mâchoires	2e niveau de concassage concasseur à cône
Matériau d'alimentation 0-550 mm, dynamité	Matériau d'alimentation 0-160 mm, 1x broyé
Pré-crible : équipement de criblage, voir page 162, chap. « Mise en place du criblage », selon > le degré et la taille des impuretés > le type d'impuretés, par ex. collant, cohésif (argile) ou expensible (bois, charbon, humus) > la quantité et la qualité de la fraction sableuse > la taille d'alimentation nécessaire pour le concasseur à cône Dans l'exemple choisi : ES : EM grille à barreaux 65 mm EI : LDM grille métallique 25 mm	**Pré-crible :** Pas nécessaire, dans la mesure où le criblage du concasseur à mâchoires placé en amont est actif. Les fines 0-5 mm produites par le concasseur à mâchoires sont tolérées par le concasseur à cône.
Concasseur à mâchoires : réglage du concasseur à mâchoires, voir page 181, chap. « Mise en place du concasseur à mâchoires », selon > le produit intermédiaire souhaité > la capacité nécessaire du broyeur secondaire > la taille d'alimentation nécessaire pour le concasseur à cône Dans l'exemple choisi : Forme des dents de mâchoire du concasseur : dents régulières Écartement du broyeur CSS : 90 mm (point de puissance optimale)	**Concasseur à cône :** Réglage du concasseur à cône, voir page 188, chap. « Mise en place du concasseur à cône », selon > la courbe de grain souhaitée > la continuité du flux des matériaux > le taux de chargement optimal du concasseur à cône Dans l'exemple sélectionné : Outil de concassage : Standard moyen / grossier, 18 % Mn CSS : selon le produit final souhaité Régime moteur diesel : 1 500 tr/min
	Crible intégré : équipement du crible intégré selon > le produit final souhaité (mélange de grains) Dans l'exemple sélectionné : Grille de criblage : LDM grille métallique 35, 50, 62, 70 mm

3 Fonctionnement rentable des installations mobiles

Optimisation du flux des matériaux et de la performance **152**

Définition des paramètres élémentaires **156**

Préparation du matériau d'alimentation **158**

Chargement de l'installation en matériau **161**

Mise en place du criblage **162**

- Aide pour sélectionner les grilles de scalpeur 168
- Formules générales pour la bonne grille de criblage 169
- Variantes de flux de matériaux en séries avec volet directionnel 173
- Variantes de flux de matériaux en séries sans volet directionnel 177
- Alimentateur vibrant avec grille intégrée 180

Mise en place du broyeur **181**

- Mise en place du concasseur à mâchoires 181
- Mise en place du concasseur à percussion 184
- Mise en place du concasseur à cône 188

Mise en place du circuit des produits surclassés **191**

- Exemple MOBIREX EVO installation de concasseur à percussion 191
- Exemple MOBICONE EVO installation de concasseur à cône 196

Impacts sur le processus de broyage, installation de traitement et produit final **200**

- Substances étrangères 200
- Impuretés 207

Réduire l'usure / augmenter la disponibilité **214**

Petite métallurgie **215**

Usure sur concasseur à percussion **218**

- Battoirs 218
- Usure sur rotor 235
- Usure des écrans de choc et plaques déflectrices 236
- Tôle d'usure dans la chambre de broyage 238
- Usure sur le gueulard 240
- Usure sur goulotte d'extraction 241
- Configuration des rotors 242
- Sélection du régime du rotor 246
- Sélection du rapport d'écartement du broyeur 248
- Rapport de concassage maximal 250

Usure sur concasseur à mâchoires **252**

- Mâchoire du concasseur 252
- Blindages latéraux 257
- Coin de blocage 258

Usure sur concasseur à cône **259**

- Types d'outils de concassage 259
- Sélection de l'outil de concassage en fonction de l'utilisation 261
- Signes d'usure des outils de concassage 261

Usure sur cribles **266**

- Pré-cribles 266
- Crible de classement 270

Usure sur convoyeurs à bande **274**

Autres mauvais usages et leurs impacts sur l'usure des composants des machines **277**

3 Fonctionnement rentable des installations mobiles

Logistique de chantier **280**

Placer correctement l'équipement **281**

- Fonctionnement d'installations de broyage et criblage seules 286
- Fonctionnement d'installations en chaîne 296

Calculer les volumes de stockage et le tonnage produit **298**

- Stockages coniques 298
- Stockages arqués 302
- Tonnage produit 303

Sélection des dimensions de machines nécessaires **304**

- Chargement avec pelle hydraulique 306
- Déblaiement avec chargeur sur roues 310
- Concasseur à percussion mobile 314
- Exemple de traitement des déchets de construction 318
- Exemple de traitement du granite 321

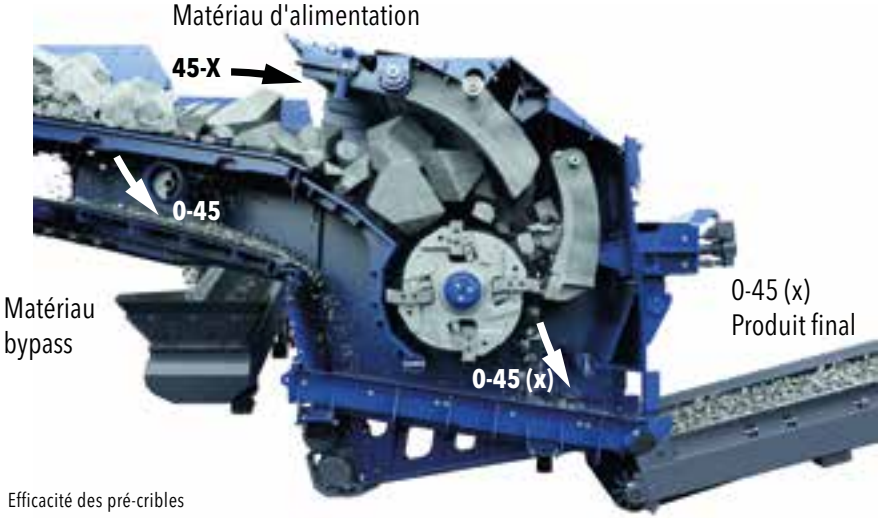
Installations de dynamitage **324**

Équipement de pré-crible

- Lors de l'équipement du scalpeur, les passages de crible escomptés doivent être estimés au moins grossièrement. Le nombre croissant d'applications, où le matériau d'alimentation doit être traité avec une teneur en fines très élevée, entraîne une charge très élevée sur les scalpeurs. Une courbe de grain défavorable conduit à une surcharge de l'étage inférieur et ainsi à une qualité de criblage médiocre. Les arrêts et remises en marche constants du scalpeur finissent par endommager l'entraînement.

Bon à savoir
La dimension X dépend de la machine et peut être mesurée par ex. lors du changement de la grille de criblage de l'étage inférieur.

La vérification du flux des matériaux à l'étage inférieur d'un scalpeur peut se faire en soulevant le joint en caoutchouc arrière. On peut alors observer si le matériau tape sur le tube d'écartement.



Efficacité des pré-cribles

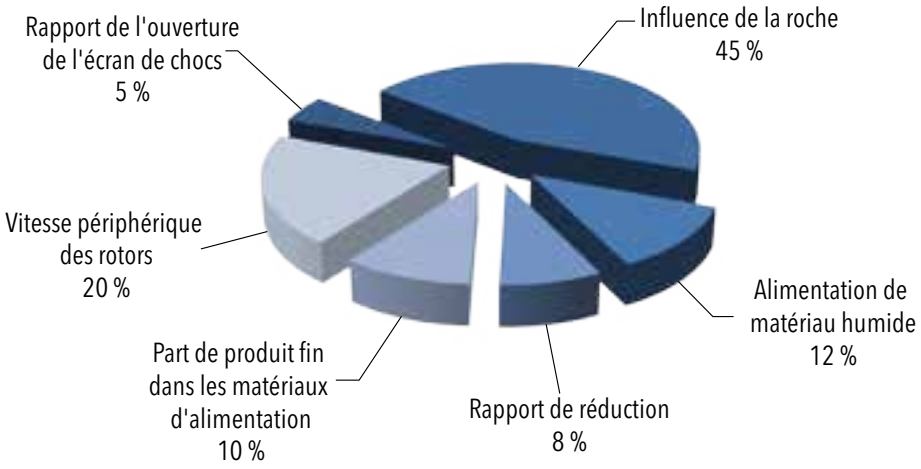
Le matériau précriblé 0-45 mm peut, avec la qualité correspondante, alimenter complètement le produit final, ce qui augmente la performance du produit final.

- Les scalpeurs et alimentateurs vibrants avec grille intégrée sont prévus lors de la conception du processus avec une efficacité de 75 %. Ils ne sont pas comparables aux cribles de classement en termes de sélectivité, ainsi que de teneurs en produits sous-classés et surclassés. Le matériau d'alimentation souvent contaminé et hétérogène se comporte différemment sur le scalpeur également en raison de sa composition granulométrique. En règle générale, on sélectionne des EM_{ES}, DT_{ES} et LDM_{EI} réelles plus grandes que ce qui aurait été fait pour un crible de classement, voir page 162, chap. « Mise en place du criblage ». Le tamisant de l'étage inférieur ne répond donc pas aux exigences de la norme. Il est aussi qualifié de refus ou terre à brique avec une granulométrie de 0-25 à 0-40 mm. Il est utilisé par ex. pour les bordures de route, la construction de chemins forestiers ou des places non goudronnées.

- En cas de matériau d'alimentation légèrement broyable avec une forte teneur en fines, l'installation est souvent utilisée en faveur d'une puissance de décharge élevée avec un débit d'alimentation trop élevé pour le scalpeur. Pour chaque cas, il convient de vérifier dans quelle mesure la performance de tamisage du scalpeur fortement réduite par la suite entraîne un manque de qualité du produit final. Le cas échéant, un criblage séparé est possible par ex. avec un scalpeur avant le concassage à percussion.

- Si un scalpeur est équipé d'un variateur de fréquence, le régime de l'entraînement du crible peut être réduit en cas de matériau d'alimentation collant et l'amplitude d'oscillation peut être augmentée dans le même temps en réglant le balourd. Les limites de charge des moteurs d'entraînement, tout comme celles de la structure globale doivent être respectées. Dans la plupart des cas, une augmentation de l'amplitude d'oscillation en modifiant le balourd en maintenant ou voire en augmentant la fréquence de fonctionnement n'est pas autorisée.

Facteurs influençant l'usure des battoirs



Comme l'usure des battoirs représente avec env. 70 % la plus grande part de frais, il convient d'y porter une attention particulière. Le diagramme présente les facteurs d'usure des battoirs et leurs pondérations. Outre l'influence spécifique de la roche, la vitesse périphérique des rotors surtout, ainsi que la teneur en fines et l'humidité du matériau d'alimentation sont largement responsables de l'usure des battoirs.

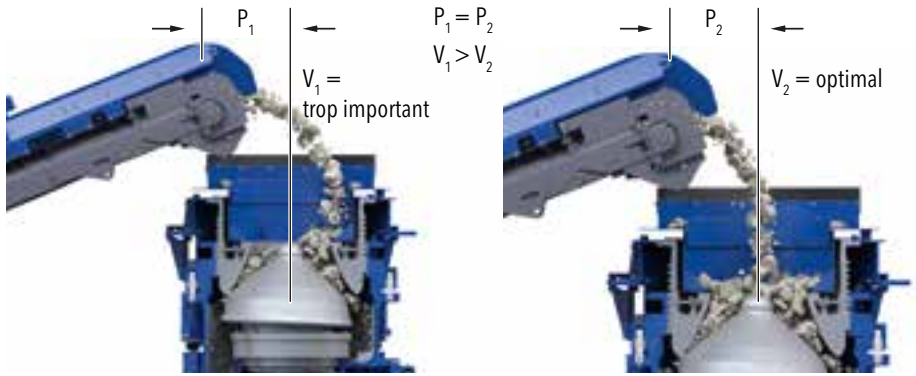
Signes d'usure des battoirs

L'usure des battoirs dépend de nombreux facteurs. Certains d'entre eux sont influencés par la bonne utilisation de l'installation, ou encore le bon réglage des paramètres du broyeur et du flux des matériaux. D'autres dépendent du matériau d'alimentation et sont difficilement influençables.

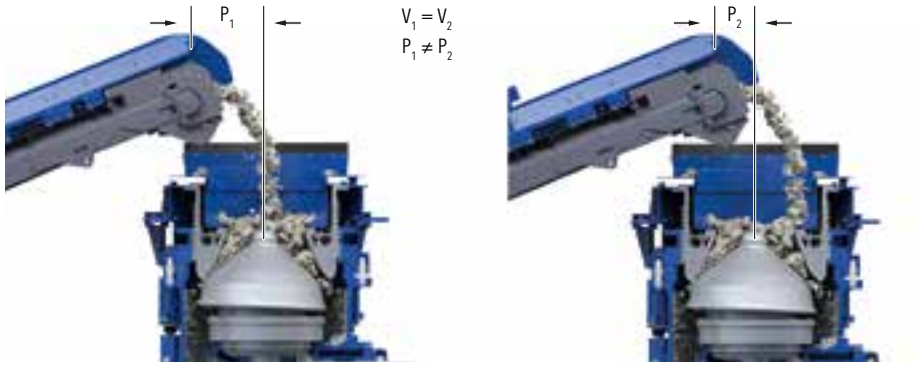
Le tableau suivant donne des indications utiles sur les causes évidentes des profils d'usure et des conseils avec des remèdes possibles.

Profil d'usure	Cause	Solution
	> Remplissage optimal et uniforme avec du matériau d'alimentation très homogène, par ex. lors de l'utilisation d'une zone de concassage secondaire	
	> Teneur en fines élevée dans le matériau d'alimentation, qui migre sur le côté, par ex. gravier > Chambre de broyage contaminée : par des adhérences latérales sur les parois des goulottes de broyage, augmente l'usure par frottement sur les côtés	> Nettoyer régulièrement la chambre de broyage > Vérifier le criblage > Voir aussi page 229, chap. « Exemples pratiques, usure latérale »
	> Matériau d'alimentation gros et grossier avec faible teneur en fines > Remplissage non homogène de la chambre de broyage > Scalpeur collant sur les côtés, donc moins de concassage sur l'extérieur > Criblage médiocre	> Corriger si besoin le guidage des matériaux et le criblage > Voir aussi page 230, chap. « Exemples pratiques, usure centrale »
	> Avec des battoirs avec inserts en céramique partiellement manquants, cassés, par ex. en raison d'éléments non broyables dans le matériau d'alimentation ou de l'intégration impropre d'inlays en céramique dans la fonte > Matériau d'alimentation trop gros	> Éviter l'alimentation de matériau non broyable en particulier lors de l'utilisation de battoirs avec inserts en céramique > Utiliser uniquement des pièces d'usure d'origine > Ne pas dépasser la taille d'alimentation maximale
	> Retour des surclassés renforcé > Unité d'alimentation unilatérale par inclinaison de l'installation > Matériau cohésif / adhérences	> Vérifier le positionnement et le chargement de l'installation > Corriger le flux des matériaux par le criblage approprié

Chargement excentré du concasseur à cône



Vitesse du convoyeur d'alimentation



Position du convoyeur d'alimentation

Deux paramètres influent sur le chargement :

1. La vitesse V du convoyeur d'alimentation influe sur la parabole de décharge.
2. La position P du point de décharge influe sur le point d'impact du matériau.

Bon à savoir
Avec un chargement de concasseur à cône à vitesse de convoyage variable, le réglage doit être sélectionné de telle sorte que le convoyeur à bande charge le concasseur à cône en mode automatique.

Avec un chargement centré du concasseur à cône, la mâchoire mobile est chargée à peu près uniformément dans l'ensemble de l'écartement du broyeur. Le chargement excentré entraîne une usure accrue et irrégulière. Voir aussi les exemples pratiques.
En cas d'installations de concasseur à cône avec retour des produits surclassés, les produits surclassés doivent toujours être rassemblés avant le broyeur, donc déjà sur le convoyeur d'alimentation. Sinon, cela peut entraîner une usure unilatérale du broyeur sur le côté de l'entrée des surclassés.

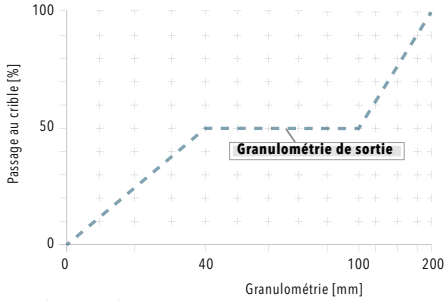
Conseils pour le bon réglage du convoyeur d'alimentation :

1. Procéder au réglage grossier du point de décharge par le positionnement du convoyeur d'alimentation.
2. Régler l'écartement du broyeur souhaité, mesurer le cas échéant sur l'outil de concassage.
3. Vérifier la qualité du produit final, corriger le cas échéant le CSS.
4. Vérifier le niveau de remplissage optimal et corriger le cas échéant la vitesse du convoyeur d'alimentation. Ainsi, la vitesse de convoyage est constante avec une alimentation homogène, autrement dit le CFS régule la vitesse de convoyage sur une petite plage.
5. Déplacer le convoyeur d'alimentation de telle sorte que la parabole de décharge soit centrée sur la mâchoire mobile en mode automatique.

Alimentation de granulations discontinues

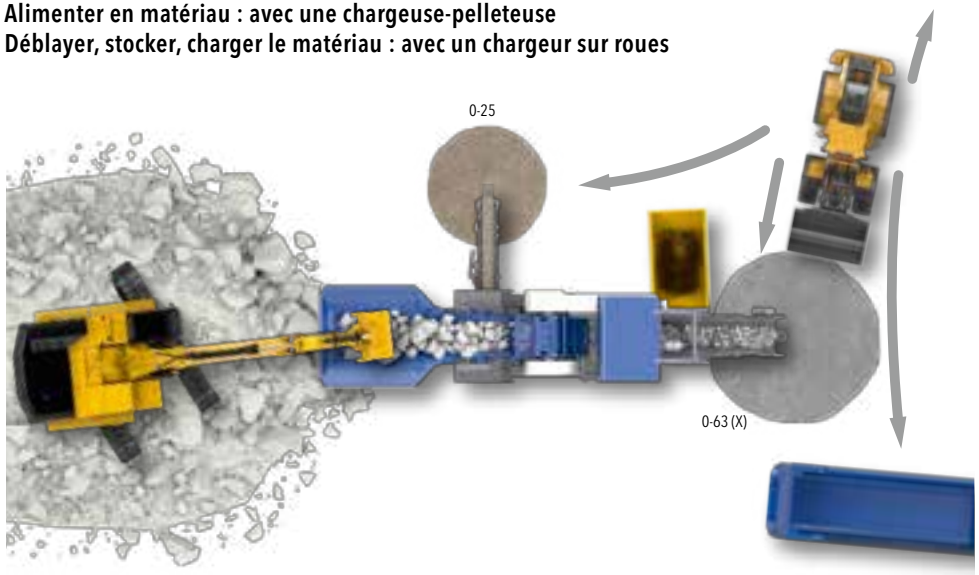
L'alimentation des granulométries discontinues entraîne des lessivages partiels dans un concasseur à cône.

Dans l'exemple, il manque les granulométries 40-400 avec une taille d'alimentation 0-200.



Granulométrie discontinue

Variante 1
Alimenter en matériau : avec une chargeuse-pelleteuse
Déblayer, stocker, charger le matériau : avec un chargeur sur roues



Fonctionnement avec pelle hydraulique
et chargeur sur roues

Utilisations

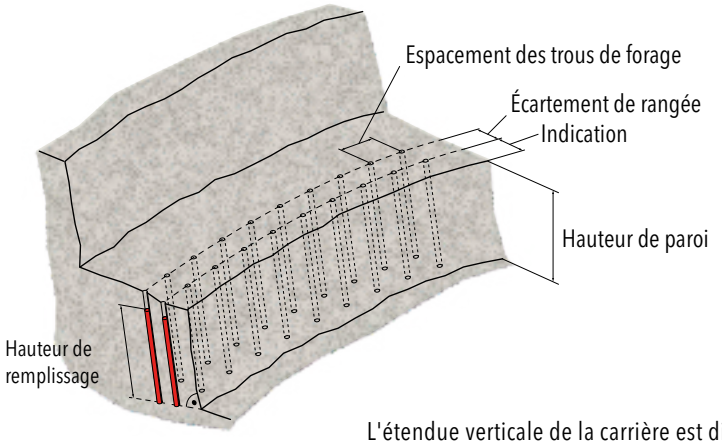
- Parfaitement adapté pour toutes les utilisations de recyclage et roche naturelle
- Surtout rentable avec des matériaux d'alimentation non homogènes comme les gravats et le concassé de béton
- Rendements journaliers élevés réalisables

Avantages	Inconvénients
Bonne visibilité sur le matériau d'alimentation > Présélection de matériau non broyable ou trop gros possible > Présélection des impuretés comme les feuilles, les matériaux isolants ou le bois possible	Chargeur sur roues pour déblayer le stockage et pelle hydraulique pour charger l'installation > Frais de personnel supplémentaires > Frais de machines supplémentaires > Consommation de carburant élevée > Transport supplémentaire d'un chargeur sur roues au site de travail nécessaire
Distance courte constante jusqu'à l'installation de traitement > Les flux de matériaux sur l'installation sont sous surveillance continue, par ex. retour des surclassés, tapis latéral d'évacuation des stériles, décharge des éléments ferreux > Flux de matériaux continu par des cycles de chargement courts	
Bonne visibilité dans la zone de l'unité d'alimentation > meilleure distribution du matériau d'alimentation dans l'alimentateur vibrant > en choisissant bien la pelle hydraulique et la taille du godet, il reste toujours un lit de matériau dans l'alimentateur vibrant jusqu'à l'alimentation de la pelle suivante	

Installations de dynamitage

Dans la carrière, la roche dure en attente est généralement détachée et prébroyée par forage et dynamitage. Les tailles de morceaux maximales souhaitées des déblais ainsi obtenus dépendent de la capacité d'alimentation du broyeur primaire. Avec le concasseur à mâchoires, cela se calcule à partir d'env. 90 % de la profondeur de la bouche, tandis qu'avec le concasseur à cône primaire la dimension de la bille est déterminante. Les roches, qui sont plus grandes que l'ouverture du concasseur primaire, sont appelées blocs. La qualité d'un dynamitage se définit par un nombre réduit de blocs restants, le calibre du déblai et une formation de semelle aussi plane que possible sur la base de la paroi qui permet de charger sans problème le déblai.

Seul un spécialiste en possession d'un certificat de compétence est habilité à effectuer un dynamitage. Si les forages ont une profondeur supérieure à 12 m et un diamètre supérieur à 50 mm, on parle de dynamitage de grande profondeur. Pour cela, le spécialiste doit avoir une qualification supplémentaire, mentionnée sur le certificat de compétence.



Forer et dynamiter

L'étendue verticale de la carrière est divisée en étages aménagés sous la forme d'escaliers. Les surfaces horizontales sont appelées semelles et bermes et les surfaces verticales sont des parois de carrière. L'interface entre la semelle et la paroi de carrière est appelé arête supérieure ou inférieure.

La fragmentation possible de la roche dure est déterminée par les besoins spécifiques en explosifs du type de roche présent. Ceux-ci se définissent par la quantité d'explosifs utilisée par mètre cube de roche présente.

L'explosif est amené via un forage presque vertical à son champ d'action, la roche. L'inclinaison du forage à la verticale est identique à l'inclinaison de la paroi de carrière à dynamiter.

Les forages sont aménagés en série parallèlement à l'arête.
La différence entre l'arête supérieure idéale et la série de puits est appelée le dégagement. Le dégagement ne doit pas être inférieur à une certaine valeur. Si le dégagement est choisi trop petit ou est réduit par des explosions dans la paroi, cela crée un vol de roche, car l'effet de l'explosif après l'allumage n'est pas amorti comme nécessaire. Si la paroi de la carrière ne montre pas d'impact, mais une surface relativement lisse, un dégagement d'env. 4 m est suffisant. La distance entre les forages est appelée maillage de forage.

Les installations de dynamitage peuvent être aménagées sur plusieurs rangées. La distance entre les rangées de forage est appelé maillage de forage

À partir de l'espacement des rangées des forages et du dégagement, on obtient ce qu'on appelle maillage de forage. On multiplie le produit de l'espacement des rangées de forage et le dégagement par la profondeur du forage on obtient le volume d'excavation idéal qui doit être dynamité par un forage sur la paroi.

Bon à savoir
Les informations sur les diamètres des forages, le nombre, l'espacement et l'aménagement des forages, l'établissement de la masse et les besoins spécifiques en explosifs se trouvent dans la documentation spécialisée.

La profondeur du forage est déterminée de la même façon que la hauteur de la paroi. Généralement, la semelle inférieure est forée de telle sorte qu'un angle rectangulaire par rapport à l'axe du puits coupe l'arête inférieure. Si le forage est plus court ou similaire à la hauteur de la paroi, des « gousses » se forment. Il s'agit de bosses solides sur la plateforme de semelles de charge, qui entravent considérablement le chargement avec un chargeur sur roues ou une pelle hydraulique. Si la semelle inférieure est forée trop loin, les vibrations dues au dynamitage s'intensifient, car la roche doit être libérée de la « contrainte ».

4 Qualité du produit final

Prélever des échantillons 330

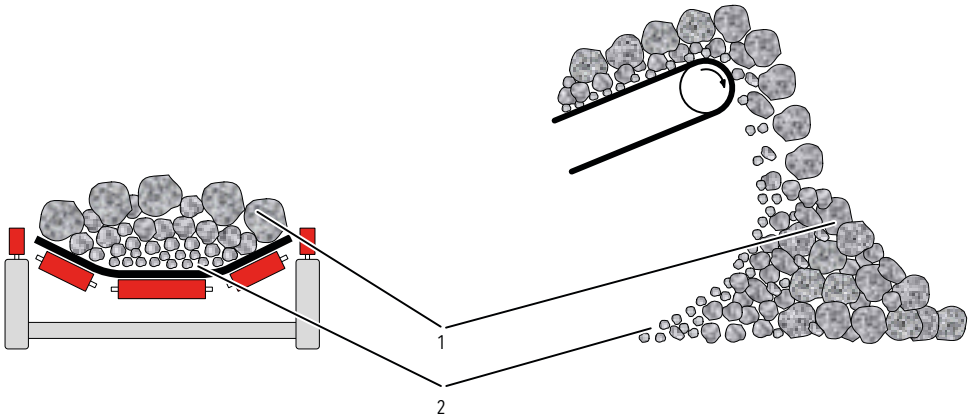
Prélever et analyser des échantillons 330
Déterminer le débit de concassage 332
Calculer la vitesse du dessus de tapis 333
Déterminer la distribution granulométrique 334
Établir et lire la courbe granulométrique 336
Déterminer les produits surclassés et sous-classés 337
Déterminer le rapport de concassage 338
Lire et évaluer la courbe granulométrique 340
Vérifier la forme de grains 341
- Calculer le coefficient d'aplatissement selon la norme européenne DIN EN 933-3 342
- Calculer l'indice de forme du grain selon la norme européenne DIN EN 933-4 343

Déterminer les propriétés mécaniques 344

Déterminer l'aptitude au concassage CR 344
Déterminer l'abrasivité ABR 346
Déterminer la résistance à la fragmentation par impact SZ 347
Déterminer la valeur Los Angeles 349
Déterminer l'indice de travail 351
Déterminer l'indice d'abrasion 353
Comparaison entre les méthodes d'essai 354
- Comparaison aptitude au concassage CR et valeur Los Angeles LA 355
- Comparaison abrasivité ABR et indice d'abrasion AI 355

Prélever et analyser des échantillons

Les échantillons peuvent être prélevés sur les convoyeurs à bande, les stockages de décharge ou sur le godet d'un chargeur sur roues.



Granularité sur le convoyeur à bande et le stockage de décharge

1 Grain grossier
2 Grain fin

Le mélange de grains a tendance à se séparer de façon non homogène dans les récipients et les stockages. Pour obtenir des données fiables pour le débit de concassage d'une machine et les granulométries produites, certains points sont à prendre en compte lors du prélèvement d'échantillons :

Chaque fois que possible, le prélèvement d'échantillons doit être effectué depuis un convoyeur à bande qui transporte une quantité de matériau et une granulométrie moyennes.

Le matériau prélevé du convoyeur à bande permet de déterminer les valeurs suivantes :

- Cadence de la machine (en t/h)
- Répartition de granulométrie du matériau se trouvant sur le convoyeur à bande

Conditions préalables au prélèvement d'échantillon

Les conditions préalables suivantes doivent être remplies lors du prélèvement d'échantillon :

- Prélever des échantillons uniquement lorsque la machine produit des résultats de broyage continus et avec un retour des surclassés correctement mis en place. Il ne doit y avoir aucun dysfonctionnement pendant le processus
- Le convoyeur à bande doit être arrêté via l'arrêt d'urgence de la machine
- Sauf mention contractuelle contraire, jusqu'à 4 prélèvements sont effectués pendant une phase d'essai
- Entre deux phases d'essai, les réglages de la machine ou de l'équipement sont corrigés avant que la phase d'essai suivante ne commence
- Chaque prélèvement d'échantillon doit être effectué sur au moins 1 mètre de longueur du dessus de tapis. Le poids dépend de la granulométrie maximale présente. Le tableau indique la quantité minimale d'échantillon (voir aussi DIN EN 932-1, méthodes d'échantillonnage)

Granulométrie max.	Prélèvement d'échantillon au moins
2 mm	15 kg
6 mm	25 kg
10 mm	30 kg
20 mm	45 kg
63 mm	75 kg

Outil et accessoires pour les prélèvements d'échantillons

Pour un échantillonnage efficace, il est recommandé de disposer des équipements appropriés :

- Godet d'échantillonnage
- Cadre à enfichage
- Bac plastique pour recevoir l'échantillon
- Balayette et pelle à poussière pour recevoir le matériau fin
- Sacs d'échantillonnage en matériau robuste
- Crayon pour le marquage des sacs et le remplissage des formulaires d'échantillonnage

Le marteau pèse 14,8 kg. L'enclume a un diamètre extérieur de 90 mm et pèse 3,7 kg. Le récipient a un diamètre intérieur de 90 mm et une profondeur de 100 mm.

- Préparer 500 grammes de la granulométrie 8-12,5 mm
- Mettre l'échantillon dans le récipient d'essai et poser dans l'appareil d'essai
- Mettre l'enclume sur le récipient d'essai
- Lever à 400 mm de hauteur et laisser tomber le marteau 10 fois
- Retirer le récipient d'essai, mélanger le matériau qui s'y trouve et remettre le récipient d'essai dans l'appareil d'essai
- À nouveau, lever à 400 mm de hauteur et laisser tomber le marteau 10 fois
- Mettre l'échantillon sur un crible avec passage de 8 mm et tamiser les produits sous-classés
- Peser les produits sous-classés et calculer selon la formule suivante la résistance à la fragmentation par impact :

$$SZ\,[\%] = \frac{M_{-8\,mm}}{500} \times 100$$

Exemple : 160 g / 500 x 100 = 32 %

SZ % = résistance à la fragmentation par impact en pourcentage
$M_{-8\,mm}$ = masse des produits sous-classés tamisés

- Effectuer au moins un contrôle supplémentaire et faire la moyenne des résultats

Classer les résultats

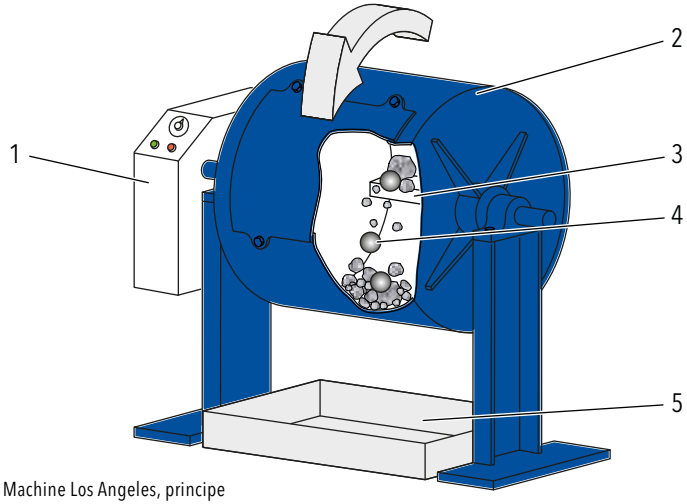
À partir des résultats, il est possible de classer la résistance à la fragmentation par impact de la roche dans les degrés suivants :

Résistance à la fragmentation par impact	
Résistance à la fragmentation par impact	SZ [%]
très légère	>40
légère	35-40
moyenne	30-35
difficile	25-30
très difficile	<25

Déterminer la valeur Los Angeles

La valeur LA permet de déterminer la résistance d'une roche à sa fragmentation.

Effectuer le contrôle



1 Réglage du régime
2 Tambour d'essai
3 Barres d'entrainement
4 Boulets en acier
5 Réservoir collecteur

Machine Los Angeles, principe

Machine Los Angeles

Boulets, test LA

Le déroulement est décrit pour l'exemple de la classe granulométrique 10-14.
L'échantillon de roche pesé est mis avec les boulets en acier dans le tambour d'essai. Celui-ci tourne à 32 rotations par minute 500 fois.

Avec les barres d'entraîneur, les roches et boulets en acier sont soulevés à chaque rotation et sont jetés sur la roche dans le tambour d'essai.

- Mettre 5 kg de roche de granulométrie 10-14 mm (dont 60-70 % < 12,5 mm) dans le tambour d'essai
- Ajouter 11 boulets en acier (Ø 48 mm)
- Faire tourner le tambour d'essai à 32 tr/min pour 500 rotations
- Mettre l'échantillon de roche dans le réservoir collecteur et ensuite sur un crible avec passage de 1,6 mm et tamiser les produits sous-classés
- Peser le refus de crible et calculer ensuite la valeur Los Angeles avec la formule suivante :

5 Ingénierie machine

Présentation installations mobile de concassage et de criblage 358

Concasseur à mâchoires mobile MOBICAT 362

Fonctionnement 364
Utilisation 366
Données de production 368
Caractéristiques techniques de la machine 371

Concasseurs mobiles à percussion 378

Fonctionnement 380
Utilisation 382
Données de production 386
Caractéristiques techniques de la machine 389

Concasseur à cône MOBICONE 396

Fonctionnement 398
Utilisation 400
Données de production 402
Caractéristiques techniques de la machine 406

Cribles mobiles MOBISCREEN 412

Caractéristiques techniques de la machine 414

AggFlowDM – logiciel opératoire 426

Aide pour déterminer la machine adaptée 428

Utilisation

Les concasseurs à mâchoires sont utilisés pour le concassage grossier et primaire des roches cassantes, moyennement dures et dures. Ils sont principalement utilisés comme broyeurs primaires.

Plus rarement, les concasseurs à mâchoires sont capables de produire un produit final conforme. Dans certaines applications de recyclage, des couches de base de gravier peuvent être fabriquées avec de petits concasseurs à mâchoires pour la construction secondaire de routes et chemins. Dans la pratique, le rapport de concassage admissible de 4:1 est souvent dépassé pour produire un produit final vendable 0-56. Cela fonctionne durablement uniquement pour les matériaux dont la résistance à la pression est < 100 MPa. Avec un matériau d'alimentation plus dur, une telle application peut entraîner des dommages sur la structure du broyeur, l'installation, l'arbre ou la bielle oscillante.

Les mauvaises applications types et leurs conséquences sont :

- Sollicitation insuffisante du broyeur avec une alimentation en matériau insuffisante. Une chambre de broyage qui n'est pas remplie de façon optimale entraîne une mauvaise forme de grain et une usure accrue.
- Le dépassement du rapport de concassage admissible, surtout avec du matériau d'alimentation dur, entraîne une surexploitation et la défaillance prématurée de la bielle oscillante, du palier et de l'arbre.

Bon à savoir
Rapports de concassage des différents types de broyeur voir page 338, chap. « Déterminer le rapport de concassage ».

Applications des installations de concassage à mâchoires

Pierre naturelle	Calcaire	Grès Pierre meulière	Grauwacke	Gravier	Granite	Gneiss	Marbre	Quartzite	Diabase	Gabbro	Basalte	Minerai de fer	Carbone	Argile
Recyclage	Concassé de béton	Concassé de béton armé	Gravats								Asphalte	Laitier de haut fourneau		Laitier d'acierie

Coins de blocage endommagés

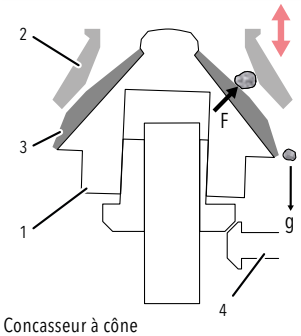
- Les granulométries d'alimentation non homogènes par ex. lors du traitement des déchets de taille (éléments de façade, pierres tombales et plans de travail) entraînent une usure des mâchoires de concasseur irrégulière et des dommages sur les paliers et arbres
- Dépassement de la taille d'alimentation maximale admissible
- L'utilisation de pièces d'usure de mauvaise qualité produit une usure accrue des pièces d'usure adjacentes
- Éléments non broyables apparaissant fréquemment dans le matériau d'alimentation (par ex. pièces en acier massif > CSS)
- Surcharge du broyeur par criblage inadéquat

Caractéristiques	Concasseur à mâchoires
Niveau de concassage habituel	primaire
Abrasivité du matériau d'alimentation	faible - élevé
Impact de la forme de grain	grain ayant tendance à être plat
Teneur en fines du matériau d'alimentation	faible
Rapport de concassage avec résistance à la pression	7:1 à <100 MPa 5:1 à <150 MPa 3-4:1 à <300 MPa

Fonctionnement

Concasseur à cône mécanisme de broyage

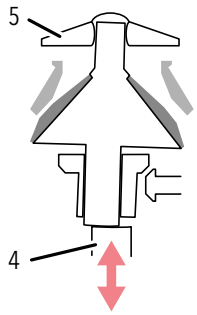
Concasseur à cône mécanisme de broyage



Concasseur à cône

Avec ces broyeurs, le concassage se fait dans un écartement de broyeur qui s'ouvre et se ferme de façon rotative entre le cône fixe et le cône mobile par concassage par compression. L'ouverture et la fermeture se font simultanément sur les côtés opposés de la chambre de broyage.

Avec le concasseur à cône KX, l'axe du broyeur est pressé dans le bâti. Le support du cône de concasseur **1** est déplacé sur une unité d'entraînement excentrique **4**. Par la rotation de l'unité d'entraînement, l'écartement s'ouvre entre le cône mobile **3** et le cône fixe **2** en tournant. La taille de grain à produire est modifiée en soulevant ou en abaissant le cône fixe.



Concasseur giratoire

Contrairement au concasseur à cône, qui dispose d'un arbre fixe, sur lequel tournent l'unité d'entraînement et le support de cône, le concasseur giratoire possède un arbre principal à déplacement hydraulique dans le sens vertical, sur lequel le support de cône est installé de façon fixe. L'arbre est appuyé sur l'extrémité inférieure de façon axiale sur un palier de butée**4**, qui est à son tour appuyé sur le piston de réglage. Le réglage de l'écartement du broyeur se fait en soulevant et en abaissant le piston de réglage et ainsi également l'arbre principal. Sur l'extrémité supérieure, les forces de broyage horizontales sont dirigées via le palier de tête, intégré dans une traverse **5**, appelée « Spider », vers la partie supérieure du broyeur. Comme le « Spider » peut empêcher le flux des matériaux dans la chambre de broyage en particulier avec des petites dimensions et de grandes tailles d'alimentation, les concasseurs giratoires se différencient dans la version en broyeur secondaire, ainsi qu'en broyeur tertiaire et quaternaire.

De par la conception, la hauteur d'un concasseur giratoire est généralement nettement supérieure à celle d'un concasseur à cône comparable. Les concasseurs giratoires secondaires ont un support de cône étroit et disposent pour la plupart d'un bâti de broyeur en trois parties. Le support de cône d'un concasseur giratoire tertiaire ou quaternaire est en revanche mis en place comme celui d'un concasseur à cône.

Qualité du produit final

La qualité du produit final fabriqué dépend principalement de l'engagement du concasseur à cône dans l'ensemble du processus de traitement. En respectant les conditions limites autorisées comme la taille d'alimentation, la composition des grains d'alimentation et le rapport de concassage, un concasseur à cône produit des granulométries conformes, dans la mesure où les propriétés de la roche le permettent.

Coûts

Les coûts d'exploitation d'un concasseur à cône sont légèrement plus élevés que ceux d'un concasseur à mâchoires. Mais avec de la roche dure et abrasive, ils sont nettement inférieurs à ceux d'un concasseur à percussion.