



stabilisation et imperméabilisation
pour tous types de sols dans le monde
**MANUEL D'APPLICATION DU
SYSTÈME ROCAMIX®**

Version-Oct. 2018

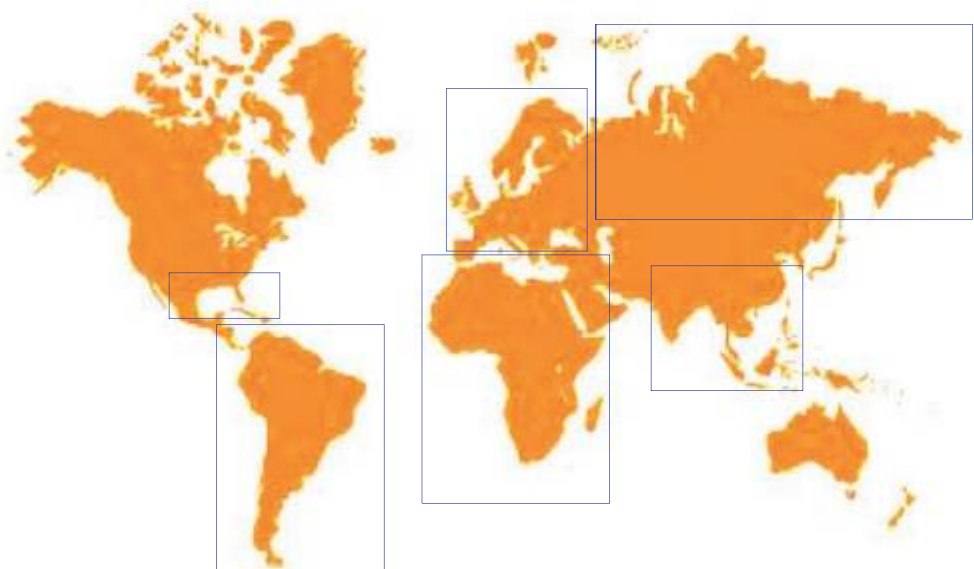




SCHÉMA DE L'APPLICATION DE LA TECHNOLOGIE ROCAMIX

INFORMATIONS TECHNIQUES

- **LA CLASSIFICATION DU SOL** 3
 - RAPPEL de la classification du sol (AASHTO ou SUCS)
 - RAPPEL les doses de Rocamix (litre/m³) et de ciment (kg/m³)
- **LE TAUX D'HUMIDITÉ DU SOL** 4
 - PROCTOR = détermination de l'humidité Optima du sol naturel
- **LA FORMULE POUR LA PRÉPARATION DU PRODUIT ROCAMIX** 5
 - Le mélange ROCAMIX (concentré) avec l'eau pour le diluer

TRAVAUX SUR CHANTIER

- **LE RÉSUMÉ DE L'APPLICATION ROCAMIX** 6
 - Description des phases de travaux
- **PHASES DÉTAILLÉES ET LES DIFFÉRENTES MACHINES POUR L'APPLICATION ROCAMIX** 7
 - Détail phase par phase et la possible utilisation de différentes machines.
- **TRAITEMENT SPÉCIAL DE CERTAINS SOLS SANS IP (Indice de plasticité)** 9
 - Description de l'exécution des travaux
- **TRAITEMENT SPÉCIAL DE CERTAINS SOLS FAIBLES EN PORTANCE (CBR < 5)** 10
 - Description de l'exécution des travaux
- **TRAITEMENT SPÉCIAL POUR CERTAINS SOLS TROP GLISSANTS** 11
 - Description de l'exécution des travaux
- **RAPPEL DES RÈGLES DE CONSTRUCTION + ÉPAISSEUR DE TRAITEMENT** 12
 - Règles générales de construction chemin et routes + épaisseurs de traitement Rocamix
- **RAPPEL ESTIMATIF DU TEMPS MOYEN D'APPLICATION DU SYSTÈME ROCAMIX** 13
 - Estimatif et exemple d'un chantier



La classification des sols et les dosages calculés par un laboratoire ←----- **RAPPEL**

LA CLASSIFICATION DES SOLS méthodes AASHTO et SUCS

DOSAGES CONSEILLÉS

Classification												
AASHTO	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5	A-7-6
SUCS	GW	GC	SM	SM	SC	SC	SP	ML	MH	CL	CH	CH
Option 1												
Sols conformes au Théorème Rocamix 10+10+20												
	<i>non</i>	<i>non</i>	oui *	oui *	oui	oui	<i>non</i>	oui*	oui	oui**	oui**	oui**
Rocamix litre/m3			0,50	0,50	0,50	0,50		0,50	0,60	0,60	0,60	0,60
Ciment& kg/m3			7 à 15	7 à 15	7 à 15	7 à 15		15 à 20	15 à 20	15 à 20	20 à 25	20 à 25
Option 2	IL EST CONSEILLÉ DE RAJOUTER POUR LES											
Sols NON conformes car l'IP (Indice Plasticité) =0, ou < à 10 ou le résultat Bleu de Méthylène est inférieur à < 2,5												
Changer la composition du sol en rajoutant une quantité de 3% à 10% d'argile préalablement liquéfiée												
Rocamix litre/m3	0,40	0,40	0,50	0,50			0,50	0,50				
Ciment& kg/m3	7	7	7 à 15	7 à 15			10 à 15	15 à 20				
Option 3	IL EST CONSEILLÉ DE RAJOUTER POUR LES											
Sols qui contiennent un passage au tamis 200 (0,075 mm) de plus de 85% et généralement un CBR faible , si nécessaire												
Changer la composition du sol en rajoutant une quantité de 3% à 10% de pierres concassées (8/10 mm)												
Rocamix litre/m3										0,60	0,60	0,60
Ciment& kg/m3										15 à 20	20 à 25	20 à 25

Oui* sols peuvent avoir un IP (Indice Plasticité) = 0, ou < à 10, dans ce cas rajouter un % argile liquéfiée

Oui** ces sols peuvent avoir un passage tamis 200 (0,075mm) de plus de 85% et dans ce cas il est conseillé d'améliorer la composition avec un % de pierres triturées. **Si nécessaire d'augmenter le CBR**

Ciment& Le dosage commence au plus faible et en fonction des résultats le choix est figé.

Parfois le mélange ciment chaux peut être utilisé et plus efficace pour certains sols A5,A6,A7



ROCAMIX a réalisé des centaines d'essais de laboratoire avec tous types de sols. Et les doses d'application du Système ROCAMIX affichées sont issues des résultats de ces essais **mais restent indicatives.**

CE TABLEAU DE DOSAGES DOIT AGIR COMME UN GUIDE MAIS NE PEUT ÊTRE CONSIDÉRÉ COMME PÉTRIFIÉ POUR LES DOSES AFFICHÉES.

Seuls les essais de laboratoire pourront fixer et certifier les doses exactes à appliquer

2

Base du calcul du Proctor transmis par le laboratoire ←----- **RAPPEL**

POUR LE MEILLEUR COMPACTAGE POSSIBLE IL FAUT OBLIGATOIREMENT UTILISER LES DONNÉES PROCTOR

LE CALCUL DU PROCTOR *modifié*

Le Proctor est le calcul de l'humidité optimum du sol pour obtenir le meilleur compactage. Sa mesure est exprimée en % du volume d'eau sur le volume du sol.

Si nous utilisons les valeurs (γ_d vs ω) nous obtenons Figure 1.

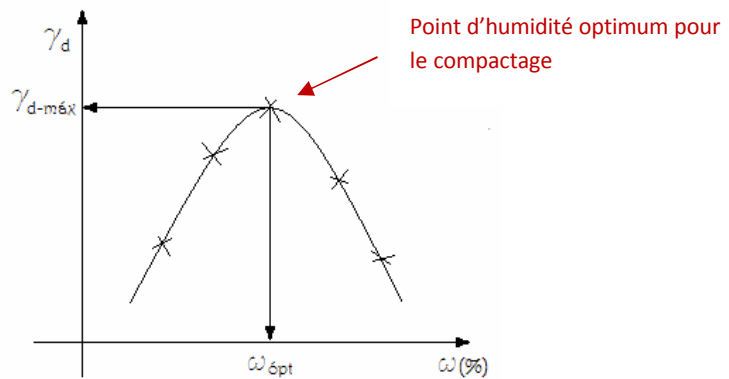


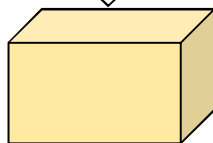
Figure 1 : Courbe de compactation Proctor

→ Une fois que ces paramètres sont établis, la quantité d'eau à ajouter au sol est connue. Cette quantité d'eau à ajouter (très variable) par M3 de sol, désormais peut être mélangée avec la dose de ROCAMIX dilué prêt à l'emploi (voir page 5).

Attention !

CAS NORMAL

ROCAMIX
Dilué (voir page 5)
PLUS
L'éventuelle quantité d'EAU
nécessaire pour obtenir les
Conditions du
PROCTOR modifié
(Étude du laboratoire)

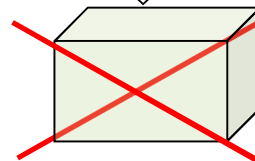


Mesures calculées par

1 M3

SOLS SATURÉS D'EAU

ROCAMIX
NE PEUT PAS
Être appliqué avant que le
taux d'humidité du sol
permette de rajouter le
mélange
ROCAMIX Dilué + EAU du
PROCTOR prévue



1 M3

3

LA FORMULE POUR LA PRÉPARATION DE ROCAMIX

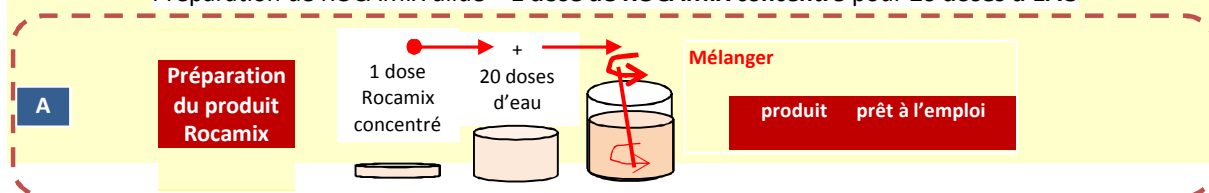
EXPLICATIONS SUR LE MÉLANGE DE ROCAMIX + EAU = PRODUIT PRÊT A L'EMPLOI

Avec l'objectif de répartir le liquide Rocamix sur toute la superficie avec la plus grande efficacité de manière à atteindre toutes les particules du sol, il est obligatoire que Rocamix soit dilué avec une dose d'EAU permettant cela.

Après de nombreux essais sur terrain et le constat que toutes les particules étaient atteintes, une règle a été accordée = ROCAMIX doit être dilué dans un minimum de 20 litres d'eau. Soit avec une épaisseur minimum de 0,15 m et un dosage minimum de 0,40 litre/m³ soit 0,40 l/m³ Rocamix x 20 doses d'eau = 8 litres liquide par m³ = 8 litres x 0,15 m d'épaisseur = **un minimum de 1,20 litre de Rocamix prêt à l'emploi par m²**. Prouvé efficace par expérience sur terrain de Ciudad de México (septembre 2006) Mexique

LA FORMULE POUR LA PRÉPARATION DE ROCAMIX

Préparation de ROCAMIX dilué = 1 dose de ROCAMIX concentré pour 20 doses d'EAU



CAS DU RAJOUT D'EAU SUPPLÉMENTAIRE (éventuelle) POUR CORRESPONDRE AUX RÉSULTATS DU PROCTOR

Le produit ROCAMIX dilué prêt à l'emploi pour être appliqué dans le sol peut être aussi mélangé avec l'éventuel supplément d'eau dont la quantité est déterminée par les paramètres du PROCTOR modifié.

Par exemple : avec un sol qui a une classification qui impose une dose par M3 sont de **0,50 Litre de Rocamix concentré + 20 kg de ciment**) et qui nécessiterait un additif (différence du % d'humidité entre le sol du lieu à compacter et les données PROCTOR) de **30 litres d'EAU** selon les paramètres du PROCTOR, le calcul est :
 -> 0,50 litre de ROCAMIX concentré + l'EAU nécessaire pour créer le ROCAMIX dilué prêt à l'emploi, soit 1 dose de ROCAMIX concentré + 20 doses d'EAU = 0,50 l/m³ X 20 = **10 Litres d'EAU** pour créer le mélange Rocamix prêt à l'emploi. Et, comme les paramètres du PROCTOR imposent de rajouter 30 litres d'EAU, il est nécessaire de soustraire aux 30 litres (des paramètres PROCTOR) les 10 litres de la transformation de ROCAMIX concentré en ROCAMIX dilué prêt à l'emploi = **20 litres d'EAU** en plus.

Ainsi, quand se réalise le chantier, et quand le traitement est effectué sur une épaisseur de 15 cm, le minimum d'EAU + ROCAMIX dilué prêt à l'emploi sera d'au moins ((20+10)30 litres x 1m² x 0,15m) = **4,5 litres par M2**, permettant un arrosage suffisant pour que le produit atteigne toutes les particules du sol.

Dans le cas de sols saturés en eau, il n'est donc pas possible de rajouter une surdose d'EAU, car cela ne correspondrait plus aux paramètres du PROCTOR précédemment établis par les essais de laboratoire et il est nécessaire :

- que le soleil et l'air sèchent le sol de manière naturelle
- ou de créer des conditions artificielles (par exemple, absorber l'humidité du sol par un traitement à la chaux) pour réduire cette humidité

RAPPEL Quand les sols nécessitent une quantité d'EAU plus importante pour répondre aux paramètres du PROCTOR modifié. Cette quantité d'EAU indispensable se rajoute au minimum obligatoire et cela n'affecte en rien l'effet ROCAMIX qui est calculé sur la quantité de ROCAMIX concentré par M3 de sol.



NOTE Pour mélanger Rocamix concentré avec l'eau, il est conseillé de procéder de la manière suivante :

En premier verser la quantité d'eau prévue dans la citerne

En second verser la quantité de Rocamix calculée en fonction de la quantité d'eau

Pour mélanger Rocamix avec l'eau, en général avec le camion-citerne ou le tracteur + citerne, de simples aller/retour très courts et rapides (secousses) permettent un mélange efficace de Rocamix concentré et de l'eau.

NOTE Le Rocamix est un produit qui fabrique des émulsions (type bulle de savon) lorsqu'il se mélange avec l'eau.

Pas de danger. **Toujours laver à grandes eaux lorsque le produit est accidentellement projeté sur le corps.**

4

ROCAMIX SE MÉLANGE AVEC LE SOL MEME DU LIEU SUIVANT CETTE MÉTHODE



EN FONCTION DU TYPE DE MACHINES ET D'ÉQUIPEMENTS DISPONIBLES PLUSIEURS AUTRES MACHINES ET ÉQUIPEMENTS PEUVENT ÊTRE UTILISÉS POUR L'APPLICATION ROCAMIX.

À suivre les listes d'équipements et machines qui peuvent être utilisés.

5

SOLS QUI ONT REMPLIS LES CONDITIONS DU THÉORÈME ROCAMIX 10+10+20

Classification **AASHTO** A2-6, A2-7, A4, A5, A6, A7 **SUCS** SM, SC, ML, MH, CL, CH

Application classique comme décrite page 6, et usant les machines ou équipements décrits dans les pages 7 et 8

1 SCARIFICATION

avec MOTO NIVELEUSE + SCRAPERS ARRIÈRES ou TRACTEUR+DISQUES (ou similaire)



Le but de la scarification est de transformer le sol du lieu en un sol exempt de tout grumeaux et totalement émietté. Pour cela la moto-niveleuse doit avoir les dents arrière (rippers)

Dans les cas les plus difficiles, avec un sol trop caillouteux (plus de 50 mm)

il est conseillé de réaliser la première scarification avec une

tritreuse-concasseuse. ----->



2 - DISTRIBUTION DU LIQUIDE ROCAMIX

avec CAMION CITERNE ou TRACTEUR +CITERNE + BARRE DISTRIBUTRICE



La distribution du liquide Rocamix prêt à l'emploi peut se réaliser avec tout type de citerne tractée ou camion. Le plus important est la régularité de l'arrosage du sol et de s'assurer d'avoir la quantité de produit préconisé par m³, qui sont sur le terrain des m².

Le plus important pour obtenir une grande régularité dans la distribution du liquide est d'employer une barre-distributrice automatique ou non, régulant le débit de sortie de la citerne.

Il est important de calculer le dosage de Rocamix prêt à l'emploi + éventuel rajout pour Proctor = volume total de liquide à projeter sur le sol. **L'équation du calcul est simple mais doit être calculé avant travaux**

Exemple : un chemin de 1000 m de long, 5 ml de large et un traitement sur 0,20 m épaisseur soit 1000 ml x 5 ml = 5000 m² et un volume à traiter de 5000 m² x 0,20 épaisseur = 1000 m³

Le laboratoire a calculé que ce sol nécessite 0,50 litre Rocamix par m³ soit un volume de 1000 m³ x 0,50 l/m³ = 500 litres de Rocamix *concentré* qui pour être Rocamix *prêt à l'emploi* nécessite un volume de 500 l/m³ x 20 fois volume d'eau = 10.000 litres de liquide à distribuer sur ces 5000 m².

L'option de rajouter l'eau pour obtenir l'humidité optimum du sol à compacter, préconisée par les résultats du Proctor est soit

- A) Rajouter directement en supplément du Rocamix dilué *prêt à l'emploi*
- B) Rajouter l'eau après un premier passage de la moto-niveleuse une fois appliqué Rocamix *prêt à l'emploi* + ciments appliqués, pour profiler grossièrement le chemin.

Pour simplifier le calcul exemple nous sélectionnons l'option B).

Donc un volume liquide de 10.000 litres de liquide à distribuer sur 5000 m² = 10.000 litres / 5000 m² = **2 litres/ m²**

Le calcul si nous avons sélectionné l'option A) est le même car seul le volume à distribuer changerait.

3 - DISTRIBUTION DU CIMENT (parfois chaux ou mélange des 2)

avec PETIT CAMION BENNE ou MINI CHARGEUR ou MACHINE DISTRIBUTRICE



De nombreux moyens existent pour distribuer le ciment sur le sol à traiter. Le peu de ciment employé permet d'utiliser des moyens simples pour le distribuer avec facilité et rapidité. Le plus important restant d'obtenir une répartition volumique régulière.

Exemple : un chemin de 1000 m de long, 5 ml de large et un traitement sur 0,20 m épaisseur soit $1000 \text{ ml} \times 5 \text{ ml} = 5000 \text{ m}^2$ et un volume à traiter de $5000 \text{ m}^2 \times 0.20 \text{ épaisseur} = 1000 \text{ m}^3$

Le laboratoire a calculé que ce sol nécessite 15 kg par m³ de ciment soit un volume de $1000 \text{ m}^3 \times 15 \text{ kg/m}^3 = 15.000 \text{ kg}$ de ciment à distribuer sur ces 5000 m².

Donc un volume 15.000 kg de ciment à distribuer sur 5000 m² = $15.000 \text{ kg} / 5000 \text{ m}^2 = 3 \text{ kg par m}^2$

4 – MÉLANGE DU LIQUIDE ROCAMIX ET DU SOLIDE (ciment/chaux ou les 2)

avec MOTO NIVELEUSE ou TRACTEUR+DISQUES (ou similaire)



Beaucoup de machines peuvent réaliser le travail de mélange des additifs avec le sol du lieu. La moto-niveleuse avec des allers/retours rapides et nombreux dans un sens et l'autre est une option sûre. Mais le tracteur auquel est attaché un équipement type disque réalise aussi un très bon mélange régulier.

Il est évident que cette phase est très importante et pour cela sera surveillée avec rigueur pour bien s'assurer que le liquide + ciment se mélangent parfaitement avec le sol à traiter.

5 – PROFILAGE DU SOL ET COMPACTAGE

avec MOTO NIVELEUSE



Profilage et finition classique avec moto-niveleuse.



**Rouleau vibreur-compacteur minimum 7,5 tonnes.
Le compactage est une phase très importante pour Rocamix Technologie.**

Respecter les règles des données de l'humidité optimum (PROCTOR) avant de compacter est une règle d'or qu'il est interdit de transgresser. C'est un acte très simple de mesurer l'humidité du sol à compacter car aujourd'hui de nombreux appareils peu coûteux permettent une mesure immédiate et fiable. Et avec en main les résultats du Proctor pour comparer, il est évident que ne pas respecter cette règle peut être considéré comme une faute professionnelle.

6

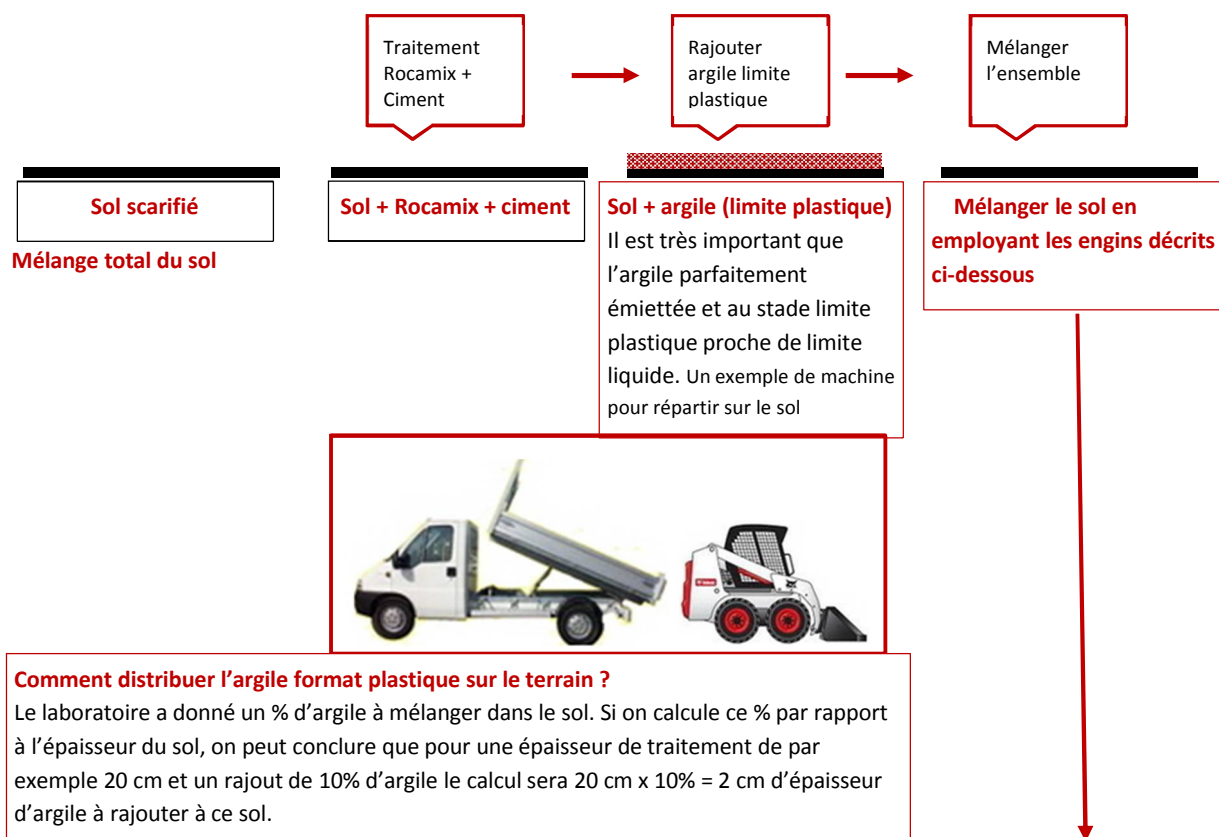
SOLS QUI N'ENTRENT PAS DANS LES CONDITIONS DU THÉORÈME ROCAMIX 10+10+20

Classification **AASHTO** A1, A3, et parfois A2-4 et A2-5 - **SUCS** SP, et parfois SM

Application classique comme décrite page 6, mais avec un rajout d'argile obligatoire selon la dose décrite par le laboratoire (de 5% à 10%)

Il est évident que les sols de type AASHTO A1, A-24 et A2-5, A3 – SUCS SP, ou SM qui en général ont une grande capacité de support (C'est-à-dire des CBR supérieurs à 50%) sont donc considérés comme des sols supports pour base excellent.

Mais parfois pour des raisons de perméabilité il sera nécessaire de les traiter avec Rocamix + un ajout d'argile qui sera ajouté de cette manière.



Comment distribuer l'argile format plastique sur le terrain ?

Le laboratoire a donné un % d'argile à mélanger dans le sol. Si on calcule ce % par rapport à l'épaisseur du sol, on peut conclure que pour une épaisseur de traitement de par exemple 20 cm et un rajout de 10% d'argile le calcul sera $20 \text{ cm} \times 10\% = 2 \text{ cm}$ d'épaisseur d'argile à rajouter à ce sol.

et APRÈS, **MÉLANGER OBLIGATOIREMENT** avec un TRACTEUR + une **CONCASSEUSE** tractée un **ROTOVATOR**



POUR TERMINER LES TRAVAUX

Le reprofilage et le compactage sont identiques à la définition faite page 8

7

SOLS QUI ENTRENT DANS LES CONDITIONS DU THÉORÈME ROCAMIX 10+10+20

Mais qui nécessitent subir le CBR

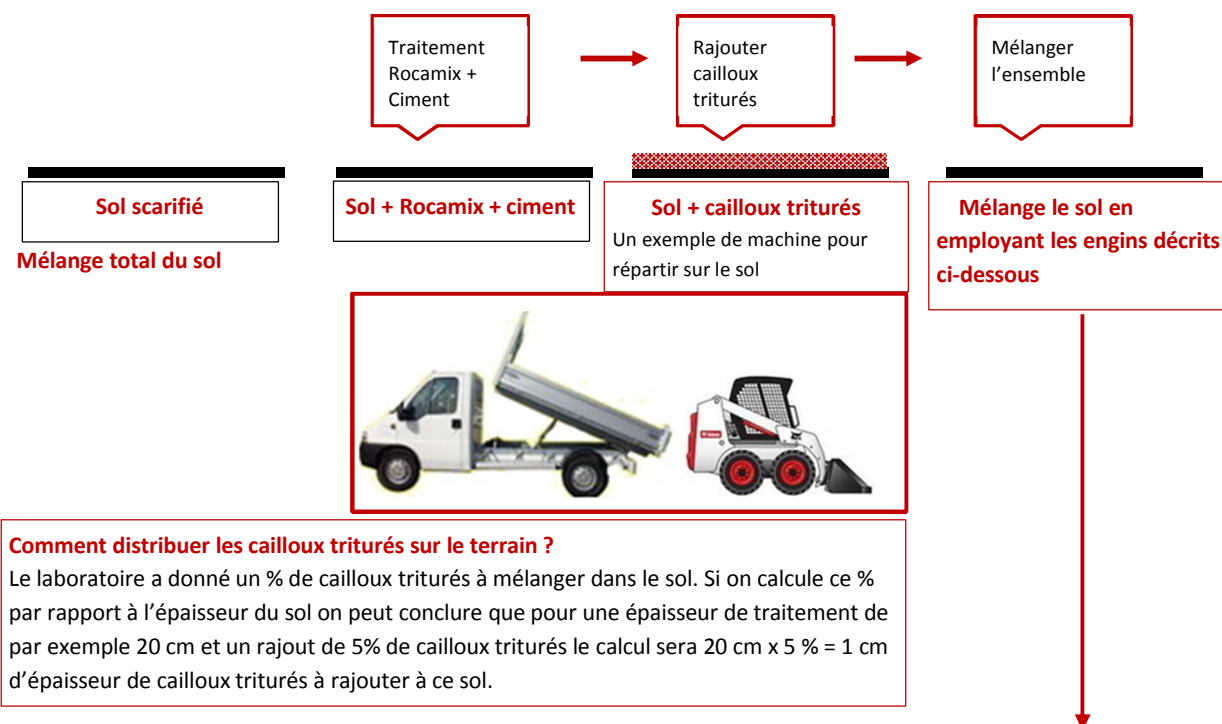
Classification **AASHTO** A6, A7, et parfois A5 - **SUCS** CL, CH et parfois MH

Application classique comme décrite page 6, mais avec un rajout de cailloux triturés (8/12 mm) selon la dose décrite par le laboratoire (de 5% à 10%)

Les sols de type **AASHTO** A6, A7, et parfois A5 - **SUCS** CL, CH et parfois MH qui ont un passage de grains au tamis 200 (0,075 mm) entre 75 et 95% ont souvent une capacité de support (CBR inférieur à 5%) très faible.

Rajouter des cailloux triturés (8/12 mm) peut permettre d'élever le CBR.

Comme obligatoire chez ROCAMIX, le laboratoire devra déterminer l'effet de ce rajout et indiquer le % nécessaire à rajouter au sol existant.



et APRÈS, **MÉLANGER OBLIGATOIREMENT** avec un TRACTEUR + une **CONCASSEUSE tractée** un **ROTOVATOR**



POUR TERMINER LES TRAVAUX

Le reprofilage et le compactage sont identiques à la définition faite page 8

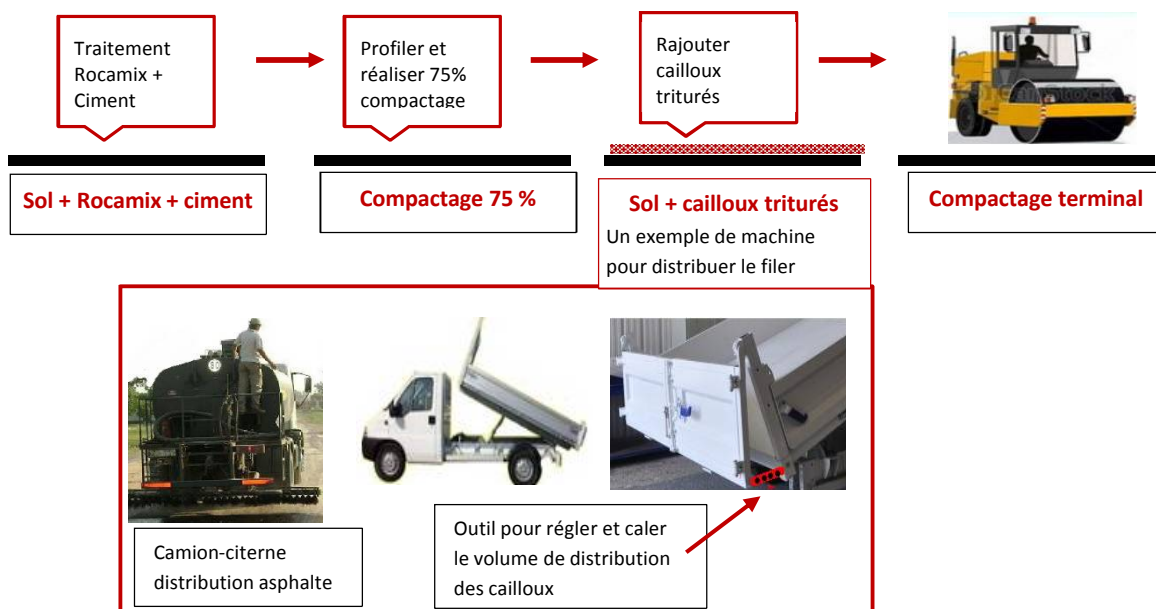
8

LORSQUE LES SOLS TRAITÉS SONT TRÈS ARGILEUX IL SE PEUT QUE LA SURFACE DE ROULEMENT DEVIENNE TRÈS GLISSANTE APRÈS UNE PLUIE.

2 solutions

- Rajouter sur le sol une dose minime (1/2 kg m²) de filer - cailloux triturés (3/5 mm)
- Réaliser une émulsion d'asphalte renforcée par une projection de filer 2/4 kg m²

1^{ère} solution : rajouter du filer sur le sol « clouter le sol »



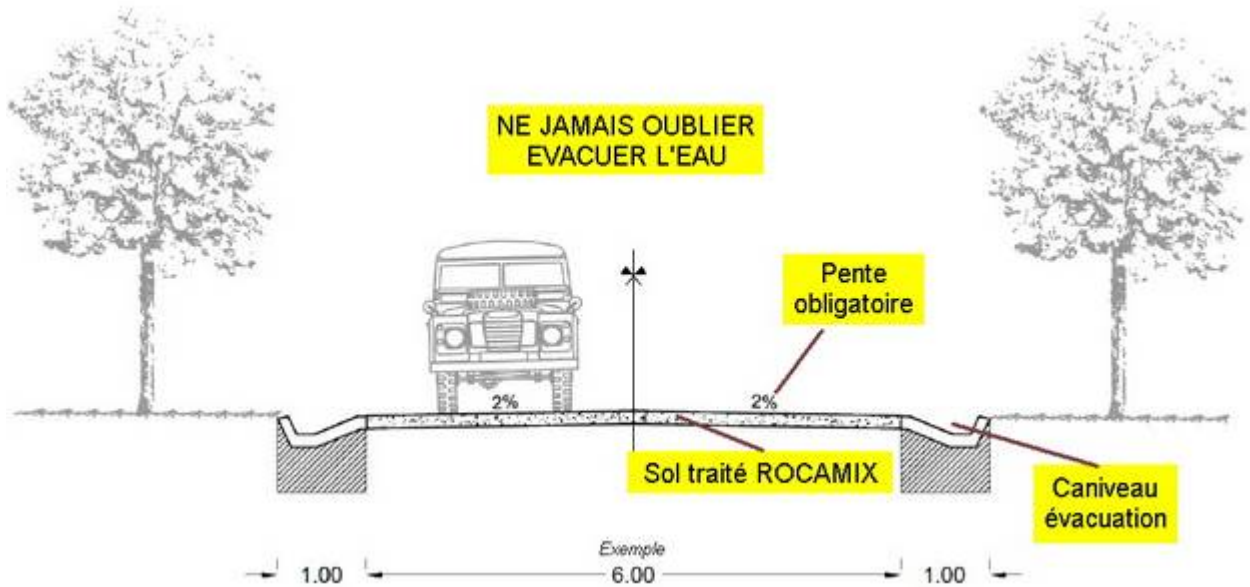
2^{ème} solution : épandage émulsion asphaltique + filer



Un sol traité avec le Système Rocamix + 1 émulsion asphaltique et filer est garantie pour plusieurs années de vie utile.

NE PAS OUBLIER LES RÈGLES DE CONSTRUCTION DES CHEMINS, ROUTES, PLATEFORMES

SCHÉMA DE CONSTRUCTION



Exemple **EPAISSEUR À TRAITER** (toujours indiquée par l'étude ou le laboratoire)

Chemin de campagne Rue secondaire Chemin d'accès Fond dépôt d'ordures	Sol traité avec la Technologie Rocamix Terrain naturel <i>Vérifier la stabilité</i>		Epaisseur de traitement 15 / 20 cm	Non obligatoire mais fortement conseillé, sur le sol traité, Projection d' une émulsion de bitume + filler
Réserve d'eau Lacs Canaux	Sol traité avec la Technologie Rocamix Attention ! Utiliser l'aditif chaux		Epaisseur de traitement 15 cm	
Routes Chemin de fer Entrée de mine Autoroute	Sol traité avec la Technologie Rocamix Terrain naturel <i>Vérifier la stabilité</i>		Epaisseur de traitement 20 à 30 cm	
Piste d'aviation Taxiway Plateformes	Sol traité avec la Technologie Rocamix Terrain naturel <i>Vérifier la stabilité</i>		Epaisseur de traitement 40 cm	

ESTIMATIF DU TEMPS MOYEN D'APPLICATION DU SYSTEME ROCAMIX SUR CHANTIER

La Main d'œuvre doit être qualifiée et avoir l'habitude de travailler à la création ou le maintien des routes ou des chemins. De plus toutes les phases et applications du chantier doivent être guidées et contrôlées par un Ingénieur Civil connaissant le Système Rocamix.

Les prix de la main d'œuvre et des locations de machines pour l'application du Système Rocamix® peuvent varier considérablement suivant les pays et pour cela nous ne pouvons les chiffrer.

Mais, années d'expérience et d'observation de réalisation de travaux, dans le Monde entier, nous permettent d'indiquer pour l'application spécifique de Rocamix® un temps moyen d'utilisation.

		exemple chantier	
		longueur ml	largeur ml
		2.000	4,00
		Surface m2	
		8.000	
TEMPS de la Main d'œuvre PAR m2		M2	total heures
SCARIFICATION DU SOL	Temps / m2		
	0,00065	8.000	5,20
DISTRIBUTION DE ROCAMIX prêt à l'emploi	0,00060	8.000	4,80
DISTRIBUTION DU CIMENT	0,00060	8.000	4,80
MÉLANGE	0,00060	8.000	4,80
PROFILAGE	0,00020	8.000	1,60
COMPACTAGE	0,00095	8.000	7,60
TEMPS D'UTILISATION DE MACHINE avec chauffeur PAR m2			total heures
SCARIFICATION DU SOL	Temps / m2		
	0,00065	8.000	5,20
DISTRIBUTION DE ROCAMIX prêt à l'emploi	0,00060	8.000	4,80
DISTRIBUTION DU CIMENT	0,00060	8.000	4,80
MÉLANGE	0,00060	8.000	4,80
PROFILAGE	0,00020	8.000	1,60
COMPACTAGE	0,00095	8.000	7,60
Total temps par m2 (% d'heure)		0,00360	8.000
le calcul est celui heure machine = heure M.O		temps 1 journée travail	8,00
		Nombre de journées de travail	3,60