



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

Version 09/2018



## SOMMAIRE

Description du principe des essais	3
Théorème ROCAMIX 10+10+20	4
Classification des sols – Doses conseillées	5
Images de la préparation des témoins pour les essais	6
Préparation du ROCAMIX dilué	7
Exemple des feuilles préétablies pour le résumé des essais ROCAMIX	8
Preuves d'imperméabilisation au laboratoire Université La Havane (2014-2015)	11
Exemples des épaisseurs d'utilisation pour le Système ROCAMIX	12



**Aucune application du Système ROCAMIX ne peut être réalisée sans avoir au préalable réalisé les très simples essais de laboratoire prévus pour confirmer :**

- \* .....le bon fonctionnement du Système ROCAMIX avec le sol à traiter
- \* .....et démontrer au client final son bon choix d'utiliser le Système Rocamix.

## DESCRIPTION DU PRINCIPE DES ESSAIS DE LABORATOIRE

**ROCAMIX technologie**, en général, peut être employé dans beaucoup d'applications petites ou moyennes avec très peu de phases d'études de laboratoire mais elles sont OBLIGATOIRES.

### PHASE 1

#### PREMIERS ESSAIS OBLIGATOIRES SUR LE SOL À TRAITER

- **1** La classification du sol à traiter
- **2** Les limites d'Atterberg du sol à traiter
- **3** Les essais CBR sol à traiter

Ces essais permettent de savoir si le sol à traiter entre ou non dans les fondements du Théorème Rocamix 10+10+20

Les résultats de la PHASE 1 permettent de savoir si le sol peut être traité sans autre action que le mélange avec le Système Rocamix + Ciment

### PHASE 2 en suivant les dosages indiqués page DOSAGES CONSEILLÉES ESSAIS AVEC LE SYSTÈME ROCAMIX

#### 1<sup>ère</sup> OPTION : Le sol à traiter entre dans le Théorème Rocamix 10+10+20.

Les essais suivants permettent de vérifier l'action de Rocamix et de certifier au client l'effet Rocamix du sol traité (augmentation du CBR + réduction de la perméabilité)

- **4** Les essais CBR du sol avec le dosage indiqué de Rocamix = 0,40 l/m<sup>3</sup> ou 0,50l/m<sup>3</sup>  
+ une dose de ciment de = 7 à 25 kg/m<sup>3</sup>

Les essais CBR réalisés pour des résultats immédiats et à +7 jours (et aussi pour confirmation à +14 et +21 jours)

- **5** Les essais d'ascension capillaire des témoins durant 3, 9, 24, 40, 48, et 120 heures.

**Attention !** Les essais d'ascension capillaire seront réalisés par mesure du poids des éprouvettes suivant le temps.

- **6** Les essais PROCTOR (modifié) pour l'application sur chantier

#### 2<sup>ème</sup> OPTION : Le sol à traiter n'entre pas dans le Théorème Rocamix 10+10+20

Il est nécessaire de vérifier si ce sol contient de l'argile, soit par la méthode de :

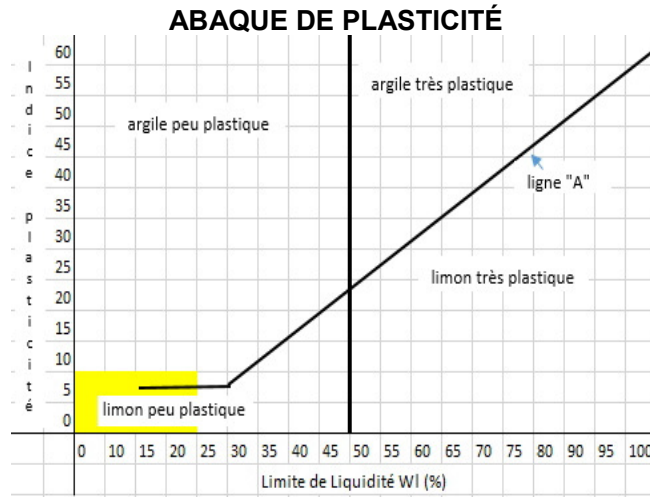
- **7** l'Analyse Hydrométrique ou Sédiment métrique
- **7b** ou les essais au Bleu de méthylène

Si le niveau d'argile est trop faible, et suivant la méthodologie des essais Rocamix, il faut rajouter un % d'argile dans le sol à traiter pour arriver à développer une meilleure réaction du produit Rocamix. Le % d'argile à rajouter dans le sol doit commencer par 3% du volume du sol.

#### 3<sup>ème</sup> OPTION : Le sol à traiter entre dans le Théorème Rocamix 10+10+20 mais le résultat du CBR du sol original est très faible (entre 1 et 8)

- **8** Modifier le squelette du sol en rajoutant de la pierre concassée (8/10) en commençant par 3% du volume du sol d'ajout.

**LE THÉORÈME ROCAMIX 10+10+20**



Les connaissances approfondies du Collège d'Assistance Technique Rocamix, pour le traitement des sols existants, les nombreuses études et essais de laboratoire ont permis à l'Ing. François Lasserre de déterminer avec précision le champ d'application de "l'effet Rocamix" sur les sols traités.

Ainsi a pu être créé par l'Ing. François Lasserre, avec l'aide de l'Université de La Havane le **Théorème Rocamix 10+10+20**.

À partir de ces très simples données issues de l'étude du laboratoire, il est possible de confirmer que le sol à traiter sera favorable aux "effets du traitement par le Système Rocamix"

**Granulométrie - Passage au tamis 200 (écartement de maille 0.075 mm)**

- Un minimum de passage de 10 % du sol au tamis 200 indique que le sol contient suffisamment de particules "fines" qui sont sensibles à l'eau, et déstabilisent le sol.

Ces particules "fines" peuvent être soit limoneuses (insensibles à tout traitement), soit argileuses et dans ce cas peuvent se stabiliser avec un traitement par le Système Rocamix.

La distinction se fera à travers la détermination de l'IP (Indice de Plasticité) déterminée par les limites d'Atterberg. Pour la granulométrie un passage de **10 %** de la totalité des particules du sol à travers le tamis 200 facilitera le traitement du sol.

**IP (Indice de Plasticité) - Degré de plasticité du sol** déterminé par les limites d'Atterberg

- Entre 0 et 5% -> Sols non plastiques
- Entre 5 et 12% -> Sols peu plastiques
- Entre 12 et 40% -> Sols plastiques
- Supérieur à 40% -> Sols très plastiques

Ainsi un IP (Indice de Plasticité) d'au moins **10 %** facilitera le traitement du sol.

**LL (Limite de Liquidité) – Quantité de pourcentage d'eau nécessaire pour passer du stade Solide au stade Liquide.**

- L'Indice de Plasticité (IP) étant le résultat de la différence de la Limite de Liquidité (LL) moins la Limite de Plasticité (LP), (formule en physique,  $IP = WL - WP$ ), la mesure de la Limite de Liquidité (LL) doit être un pourcentage important pour permettre le chiffre le plus élevé de l'Indice de Plasticité (IP).

Une Limite de Liquidité (LL) d'au moins **20 %** permettra un Indice de Plasticité (IP) plus élevé et cela facilitera le traitement du sol.

**En résumé ces observations ont permis de créer le Théorème Rocamix 10+10+20** indiquant que tous les sols qui comportent ces caractéristiques peuvent être traités avec le Système Rocamix. Ainsi, tous les problèmes liés à la détérioration des sols à cause des effets néfastes des changements de climat peuvent se résoudre avec le Système Rocamix.

**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
<b>Option 1</b>												
Sols conformes au Théorème Rocamix 10+10+20												
	<i>non</i>	<i>non</i>	<b>oui *</b>	<b>oui *</b>	<b>oui</b>	<b>oui</b>	<i>non</i>	<b>oui*</b>	<b>oui</b>	<b>oui**</b>	<b>oui**</b>	<b>oui**</b>
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
<b>Option 2</b> 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				
<b>Option 3</b> 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 inférieur 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 améliorer la composition avec un % de pierres concassées. **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**

## LES ESSAIS EN IMAGES *exemples*

1



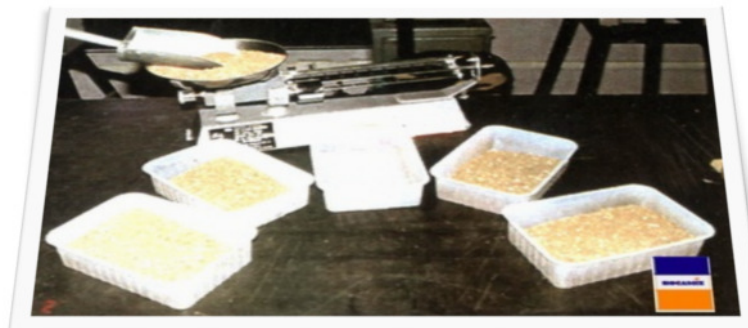
Les essais commencent par **l'extraction de la terre du chantier à traiter**. Soit environ 45/50kg de terre.

2



Le sol extrait doit être **parfaitement tamisé**. Il doit être tamisé de façon à ce que les échantillons ne **comportent pas de particules plus grandes** que 5 mm

3



Avec le sol tamisé et sec, peser **X proportions de XXX grammes** pour réaliser 6 échantillons.

4



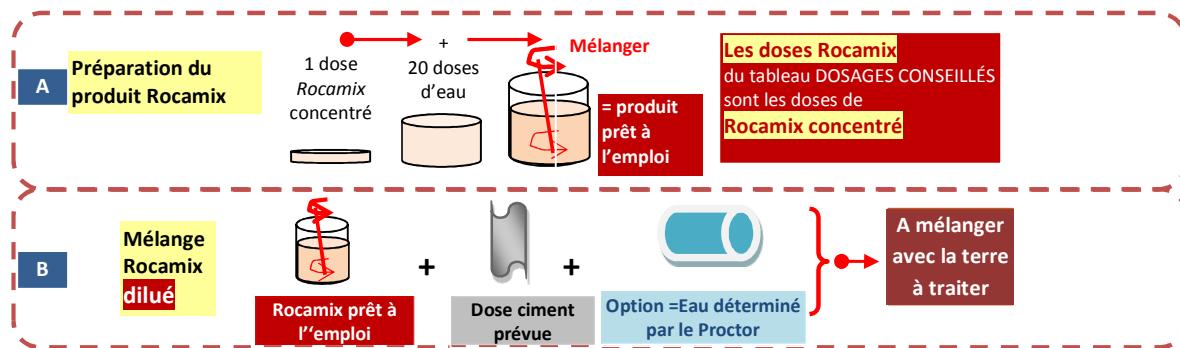
Préparer les X échantillons de la manière suivante :

**1 sans** aucun additif, sol naturel

**X échantillons en additionnant** la quantité de produits prévue selon le DOSAGE ROCAMIX suivant la table de CLASSIFICATION

ROCAMIX *concentré* = 0,40 litre/m<sup>3</sup> ; 0,50 litre/m<sup>3</sup> ; 0,60 litre/m<sup>3</sup>

CIMENT= 7 à 25 kg/m<sup>3</sup>)



**Attention !** IL EST OBLIGATOIRE que le produit ROCAMIX dilué prêt à l'emploi pour être appliqué dans le sol soit mélangé aussi avec de l'eau pour être dilué.

#### EXPLICATIONS DÉTAILLÉES

Avec l'objectif de répartir le liquide ROCAMIX sur toute la superficie avec la plus grande efficacité, il est évident que 0,50 litre de ROCAMIX produit liquide) mélangé à 1 m<sup>3</sup> de terre n'atteindrons jamais toutes les particules du sol à traiter. Pour cela, il est obligatoire de rajouter une dose d'EAU suffisante pour que toutes les particules soient atteintes. Mais il faut aussi tenir compte de l'humidité naturelle du sol et de l'influence que ce rajout peut avoir sur les données du Proctor.

**Par exemple :** avec un sol qui a une classification A5 la doses par M3 de Rocamix est de 0,50 L Rocamix *concentré* et si l'on considère un additif de 20 litres d'eau par m<sup>3</sup> le calcul en % de supplément d'eau est de 1500 kg /poids moyen d'un sol divisé par 20 litres (20 kg) = 1,3 % d'ajout d'eau, qui rentreront dans le calcul du rajout d'eau pour atteindre les données du Proctor.

**Ainsi, quand se réalise le chantier,** et quand le traitement est effectué sur une épaisseur de 15 cm, le minimum du ROCAMIX dilué par l'eau rajouté 20 litres/m<sup>3</sup> x 0,15 = **3,0 litres par M2.**

**Conforme et démontré** aux essais effectués sur sol scarifié pour un chantier expérience à Mexico (Septembre 2006)

**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, 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

5

**LES OBLIGATOIRES FEUILLES RÉSUMÉES DES ESSAIS A ENVOYER A ROCAMIX**Par mail [labo@rocamix.com](mailto:labo@rocamix.com) disponiblesFeuilles disponibles *préétablies* sur [www.rocamix.fr/documentos.php](http://www.rocamix.fr/documentos.php)Ci-dessous = *Exemple document rempli*

ON ECRIT DANS LES CASES VERTES		PAGE 1		
DATE	20 mars 2016			
TRAVAUX	ESSAI LABO UNIVERSITÉ LA HAVANE			
<b>1</b>	<b>ANALYSE GRANULOMETRIQUE</b>			
	Tamis n°	10	40	200
	Ouverture	2,00	0,425	0,075
	% retenu	61,5%	74,5%	79,5%
	% qui passe	38,5%	25,5%	20,5%
		GRAVE	SABLE	FINES
<b>2</b>	<b>CLASSIFICATION DU SOL</b>			
	Type	AASHTO	SUCS	autre
		A-2-5	SM	
<b>3</b>	<b>CONTENU ORGANIQUE</b>			
	%	0%		
<b>4</b>	<b>HUMIDITÉ NATURELLE</b>			
	%	19%		
<b>5</b>	<b>DENSITÉ SOL NATUREL</b>			
	en gr/cm <sup>3</sup>	1,95		
<b>6</b>	<b>ESSAIS PROCTOR <i>modifié</i></b>			
	% humidité optimum nécessaire pour le compactage du sol	12%		
<b>7</b>	<b>LIMITE D'ATTERBERG</b>			
	Limite Liquide (LL)	39,90%		
	Limite Plastique (LP)	28,80%		
	Indice Plasticité (IP)	11,10%		



POUR UNE RÉACTION GARANTIE ENTRE LE SOL et ROCAMIX, LES CARACTÉRISTIQUES DU SOL DOIVENT RÉPONDRE AUX CONDITIONS DU **THÉORÈME ROCAMIX 10+10+20**  
 Soit Indice de plasticité (IP) = 10 + passage au tamis 200 = 10 + limite de liquidité (LL) = 20

**RÉSULTATS pour ce sol** IP = 11% Tamis 200 = 21% LL = 40%  
 Rappel du Théorème 10 10 20

Si le sol étudié ne remplit pas les conditions du **THÉORÈME ROCAMIX 10+20+20**, IL EST OBLIGATOIRE de réaliser des preuves de laboratoire complémentaires, pour déterminer la quantité exacte d'argile contenue dans le sol: Ces études peuvent se réaliser par  
 \* La méthode de l'**Analyse Hydrométrique** avec Silicate de Sodio (0,4%)  
 \* soit par la méthode de l'**essai au bleu de méthylène** (appelée aussi "Essai au bleu")  
 Les résultats des essais permettent de déterminer le pourcentage (%) de l'argile dans le sol.

Les résultats seront envoyés par le laboratoire à [labo@rocamix.com](mailto:labo@rocamix.com)

**Si le niveau d'argile dans le sol existe les essais de laboratoire 8 (CBR),9 (Ascension capillaire) doivent se réaliser.**

Si le niveau d'argile est trop faible, et suivant la méthodologie des essais Rocamix, il faut rajouter un % d'argile dans le sol à traiter pour arriver à développer une meilleure réaction du produit Rocamix. Le % d'argile à rajouter doit commencer par 3% du poids du sol.

Des essais complémentaires avec les nouvelles données sont réalisés (voir PAGE 4/5)

## 8 ESSAIS CBR Californian Bearing Ratio

Conditions de l'essai

Les témoins sont réalisés suivant les différents dosages de ROCAMIX+CIMENT

le CBR, est le résultat du compactage en 56 coups avec humidité optimal.

**Les premiers essais se réalisent suivant ces doses fixes de Rocamix et ciment**

DOSAGE Ciment	20kg/m3		20kg/m3		20kg/m3		
DOSAGE Rocamix	0,5litre/m3	% rapport	0,5litre/m3	% rapport	0,5litre/m3	% rapport	
sol naturel	immersion	témoin 1	sol naturel	témoin 2	sol naturel	témoin 3	sol naturel
<b>CBR</b>							
<b>47,0</b>	0 jour	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
	7 jours	57,2	22%	58,7	25%	0,0	0%
<b>transmettre immédiatement les premiers résultats à 7 jours dans l'eau</b>							
	14 jours	58,6	25%	60,1	28%	0,0	0%
	21 jours	59,1	26%	61,5	31%	0,0	0%

**Attention!** Dans le cas où le sol à traité a un CBR très faible (2/9) il est nécessaire de changer le squelette minéral en rajoutant à ce sol un petit pourcentage (%) de grave triturée (6/8) en commençant par rajouter 3% au départ

ESSAIS COMPLÉMENTAIRES **OBLIGATOIRE** QUAND LE SOL À TRAITER NE CORRESPOND PAS AVEC LE THÉORÈME ROCAMIX 10+10+20 ET EST MODIFIÉ (par exemple apport d'argile)

<b>9</b>		<b>ASCENSION CAPILLAIRE</b>						
		poids initial   Poids relevé sur la bascule						% ascension
<b>HEURES</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>120</b>	120 h	
<b>Sol naturel</b>	4660	4515	2110	956	747	0	100,00%	
différence		-145	-2550	-3704	-3913	-4660		
<b>Témoin 1</b>	4366	4371	4385	4389	4399	4433	1,53%	
différence		5	19	23	33	67		
<b>Témoin 2</b>	4326	4406	4382	4368	4387	4402	1,76%	
différence		80	56	42	61	76		
<b>Témoin 3</b>	0	0	0	0	0	0	0,00%	
différence		0	0	0	0	0		

**9a** PHOTOS DE L'ESSAI D'ASCENSION CAPILLAIRE Ajouter des photos

**Sol Naturel** = après 120 heures d'immersion      **Témoin 1** = après 120 heures d'immersion

↑ Positionner sur les cellules jaunes et aller sur le menu EXCEL du haut de page - cliquer sur INSERER/IMAGES et coller la photo gardée en dimension 220x240 pixels



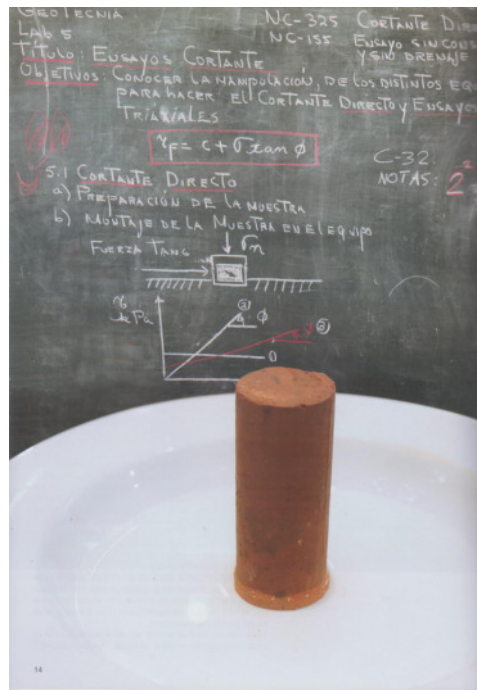
**Témoin 2** = après 120 heures d'immersion      **Témoin 3** = après 120 heures d'immersion

↑ Positionner sur les cellules jaunes et aller sur le menu EXCEL du haut de page - cliquer sur INSERER/IMAGES et coller la photo gardée en dimension 220x240 pixels



6

**PREUVES D'IMPERMABILISATION**

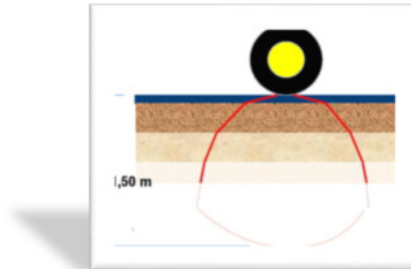


2014/2015 = 1 année sous l'eau – Université CUJAE La Havane



### CALCUL DE L'ÉPAISSEUR DU TRAITEMENT

Utilisant les diverses abaques disponibles pour le calcul de l'épaisseur des sols compactés en fonction de leur classification et de leur utilisation future et réalisant les calculs à l'aide de logiciels spécialisés d'un usage courant dans tout laboratoire ou bureau d'étude, il est très facile de déterminer l'épaisseur de traitement du sol avec ROCAMIX. Le laboratoire peut être amené à calculer l'épaisseur de l'application du Système ROCAMIX en fonction des travaux à réaliser et des données du chantier. ROCAMIX indique ci-dessous quelques épaisseurs d'utilisation (toujours à confirmer par le laboratoire)



#### Exemple d'épaisseur d'utilisation de la Technologie ROCAMIX

Plusieurs années d'utilisation de la technologie permettent de présenter les notions d'épaisseur d'utilisation de ROCAMIX, en fonction de leur utilisation future. Cependant, une étude spécifique pour chaque application est obligatoire car l'épaisseur du traitement dépend de la **<classification du sol>** et de **<l'utilisation future de l'ouvrage>**

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>	→	→	Épaisseur de traitement <b>15 / 20 cm</b>	Non obligatoire mais fortement conseillé, sur le sol traité, <b>Projection d'une émulsion de bitume + filler</b>
Réserve d'eau Lacs Canaux	Sol traité avec la Technologie Rocamix  Utiliser la chaux pour sécher les sols	→	→	Épaisseur de traitement <b>15 cm</b>	
Routes Chemin de fer Entrée de mine Autoroute	Sol traité avec la Technologie Rocamix  Terrain naturel <i>Vérifier la stabilité</i>	→	→	Épaisseur de traitement <b>20 à 30 cm</b>	
Piste d'aviation Taxiway Plateformes	Sol traité avec la Technologie Rocamix  Terrain naturel <i>Vérifier la stabilité</i>	→	→	Épaisseur de traitement <b>40 cm</b>	



Les feuilles "RESUMÉ DES ESSAIS ROCAMIX" doivent être envoyés immédiatement après la fin des essais par mail à [labo@rocamix.com](mailto:labo@rocamix.com)  
Les feuilles "préétablies" sont disponibles sur [www.rocamix.fr/documentos.php](http://www.rocamix.fr/documentos.php)