

Quand ?
Pourquoi ?

Les matériaux chaulés

Quoi ?
Où ?
Comment ?

Près de **50 ans de**
développement des
traitements à la chaux
dans les travaux d'infrastructures routières



Une technique éprouvée

Une technique éprouvée



Août 1972 Janv 1976 Sept 1992 Janv 2000 Sept 2007

Des déblais ... aux couches de forme ... aux assises de chaussées,

Une technique éprouvée et normée

FA11964Z
ISSN 0335-3931
norme européenne
norme française
NF EN 14227-11
Décembre 2006
Indice de classement : P 98-887-7
ICS : 93.080

Mélanges traités aux liants hydrauliques
Spécifications
Partie 11 : Sol traité à la chaux

E : Hydraulically bound mixtures — Specifications — Part 11: Soil treated with hydraulic binders
D : Hydraulisch gebundene Gemische — Anforderungen — Teil 11: Bodenverbesserung mit Kalk

Norme française homologuée
par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 décembre 2006.

Correspondance La Norme européenne

Analyse Le présent document décrit les caractéristiques de base et les méthodes d'essai qui s'appliquent aux assises de chaussées.

Descripteurs Thésaurus International des Matériaux de Construction — liant hydraulique, résistance à la compression, résistance à la traction, résistance à la flexion, résistance à la traction, résistance à la flexion, résistance à la traction, résistance à la flexion, résistance à la traction, résistance à la flexion.

Modifications

Corrections

Édité et diffusé par l'Association Française de Normalisation
Tél. : + 33 (0)1 41 02 0 10
© AFNOR 2006

FA124629
ISSN 0335-3931
norme européenne
norme française
NF EN 14227
Décembre 2006
Indice de classement : P 98-887-7
ICS : 93.080

Mélanges traités aux liants hydrauliques
Spécifications
Partie 13 : Sol traité au liant hydraulique routier

FA126904
ISSN 0335-3931
norme française
NF P 98-114-3
Mai 2009
Indice de classement : P 98-114-3
ICS : 93.080.20

Assises de chaussées
Méthodologie d'étude en laboratoire
matériaux traités aux liants hydrauliques
Sols traités aux liants hydrauliques éventuellement à la chaux

Methodology for laboratory study of materials treated with hydraulic binders possibly including lime
Laboruntersuchung hydraulisch gebundener Baustoffe — eventuell mit Kalksatz

AFNOR le 1^{er} avril 2009 pour prendre effet

1^{er} tirage 2009-05-01

de NF P xx-xxx vers NF EN xxxxx-x

afnor
NORMALISATION

PR NF EN 16907-4
Avant-projet de norme soumis à enquête publique jusqu'au :
04/02/2016

P11-302-4PR
Terrassements — Partie 4 : Traitement à la chaux adou aux liants hydrauliques
Earthworks - Part 4: Soil treatment with lime and/or hydraulic binders

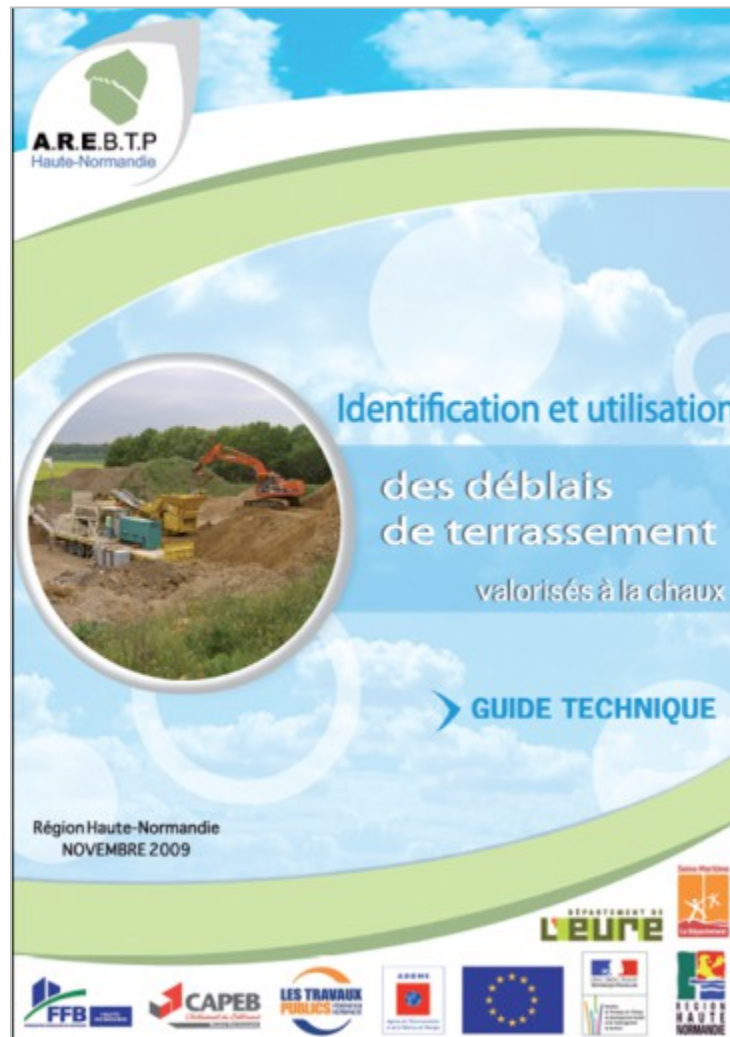
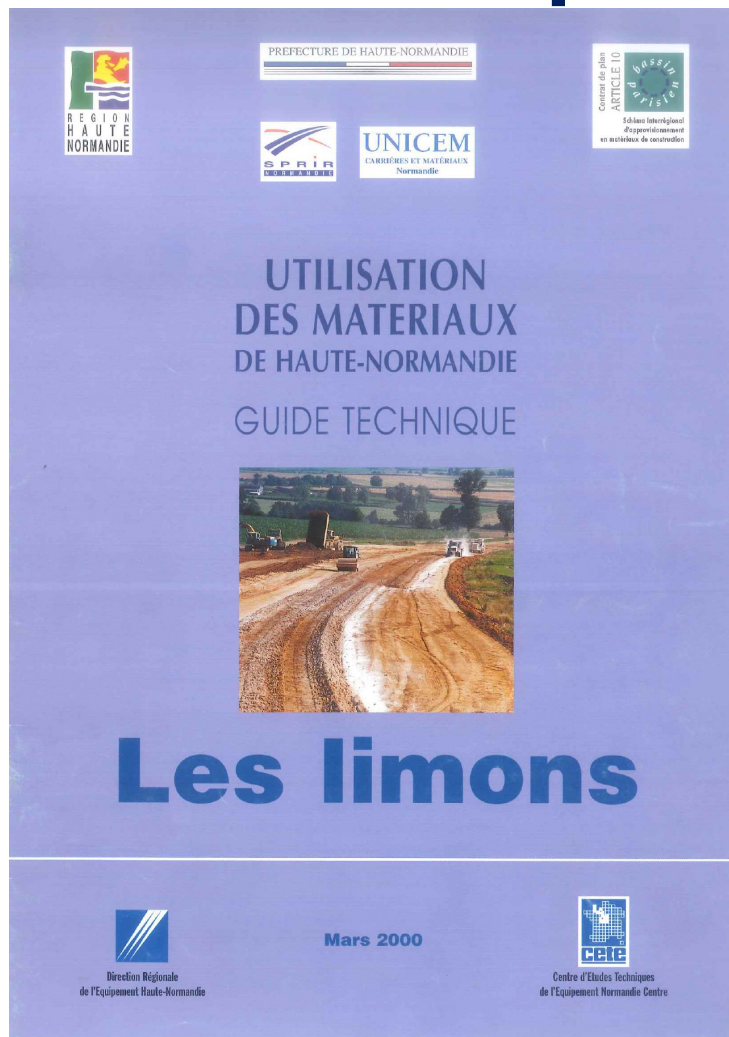
Informations complémentaires :
L'enquête publique est soumise sur les versions française et anglaise.
Si une réunion de dépouillement s'avère nécessaire, celle-ci sera convoquée ultérieurement par une invitation.
Les destinataires du présent projet sont invités à soumettre, avec leurs observations, une notification des droits de propriété intellectuelle ou industrielle dont ils ont connaissance et à fournir une documentation justificative.

Résumé :
Le présent document s'applique au traitement avec des liants de sols naturels, de roches peu résistantes et intermédiaires (notamment la craie), de matériaux recyclés et de matériaux artificiels pour l'exécution de terrassements lors de la construction et de la maintenance de routes, de voies ferrées, de terrains d'aviation, de plateformes, de digues, de bassins et de tout autre type d'ouvrages en terre.

1^{er} tirage 2006-12-F

Des déblais ... de forme ... aux assises de chaussées,

Une technique environnementale



Du performant au moindre coût ... à la meilleure gestion des ressources naturelles

Une technique environnementale

Meilleure gestion des ressources naturelles

CONVENTION D'ENGAGEMENT VOLONTAIRE 25 mars 2009

entre

- **FNTF** FÉDÉRATION NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS

- **SPTF** LE SYNDICAT PROFESSIONNEL DES TERRASSIERS DE FRANCE

- **USIRF** UNION DES SYNDICATS DE L'INDUSTRIE ROUTIÈRE FRANÇAISE

- FÉDÉRATION **SYNTEC-INGÉNIERIE**,

et

- **MEEDDAT** MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE DE L'ÉNERGIE DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

- **ADF** ASSEMBLÉE DES DÉPARTEMENTS DE FRANCE



Convention d'engagement volontaire des acteurs de
conception, réalisation et maintenance des infrastructures
routières, voirie et espace public urbain

25 mars 2009

Entre

L'Etat, représenté par
Jean-Louis Borloo, ministre d'Etat
Ministre de l'Ecologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire

Chantal Jouanno,
Secrétaire d'Etat chargée de l'Ecologie

L'Assemblée des Départements de France, représentée par
Claudy LEBRETON, Président

d'une part,

Et

La Fédération Nationale des Travaux Publics,
représentée par **Patrick BERNASCONI**, Président

Le Syndicat Professionnel des Terrassiers de France,
représenté par **Michel LALLEMENT**, Président

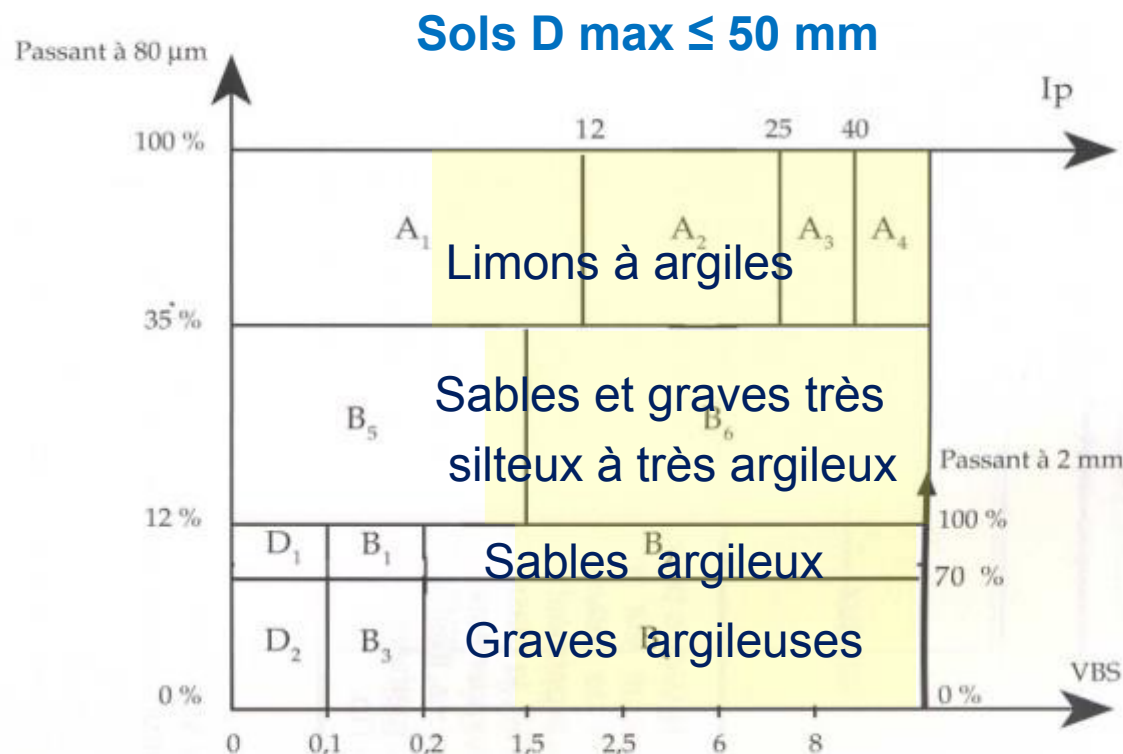
L'Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française,
représentée par **Xavier LEPERCO**, Président

La Fédération Syntec-Ingénierie,
représentée par **Alain BENTEJAC**, Président

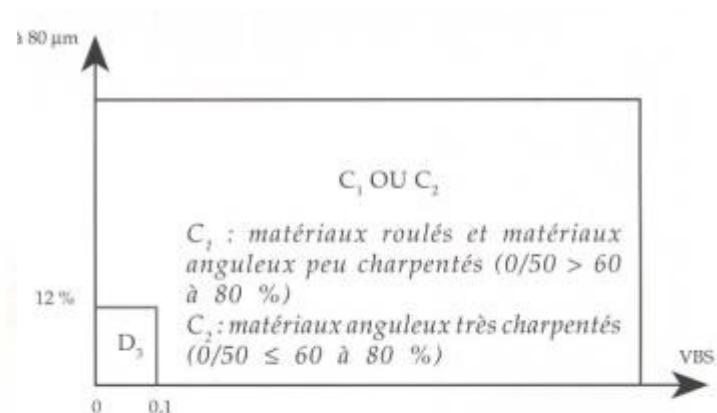
d'autre part,


Il a été convenu ce qui suit :

Une technique applicable à de nombreux matériaux



Sols D max > 50 mm



 **Sols qui peuvent nécessiter un traitement à la chaux (sous conditions)**

Classification des sols suivant NF P 11-300
(annexe 1 du Fascicule 2 du GTR)

La technique

La chaux aérienne calcique est un produit obtenu par cuisson de carbonate de calcium pur (CaCO_3)



Dans la technique des matériaux chaulés, la chaux est le plus généralement employée sous sa forme vive : **CaO**

Elle dégage de la chaleur lors de sa réaction chimique avec l'eau :



La technique



Cette réaction se produit donc lors du mélange de la chaux vive avec un sol humide.

Conséquences immédiates :

Consommation d'eau du sol
+
Evaporation



Réduction de **W%** du sol
Gain de **portance** du sol

Avec:

- floculation des particules argileuses
- réduction de l'indice de plasticité



Le sol initialement pâteux
prend un aspect granuleux



La technique



Cette réaction se produit donc lors du mélange de la chaux vive avec un sol humide.

Conséquences immédiates : **sol amélioré à la chaux**

Consommation d'eau du sol
+
Evaporation



Réduction de **W%** du sol
Gain de **portance** du sol

Avec:

- floculation des particules argileuses
- réduction de l'indice de plasticité



Le sol initialement pâteux
prend un aspect granuleux



La technique

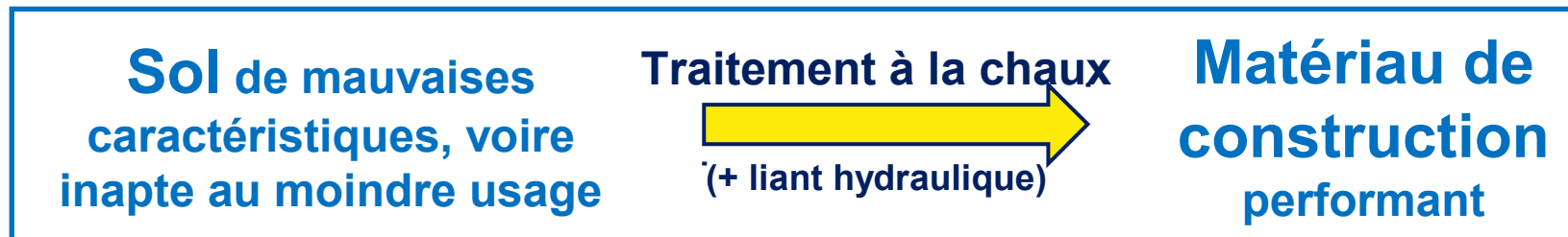


Action à court terme :

- **Meilleure tenue à l'eau (amélioration de la portance après immersion)**

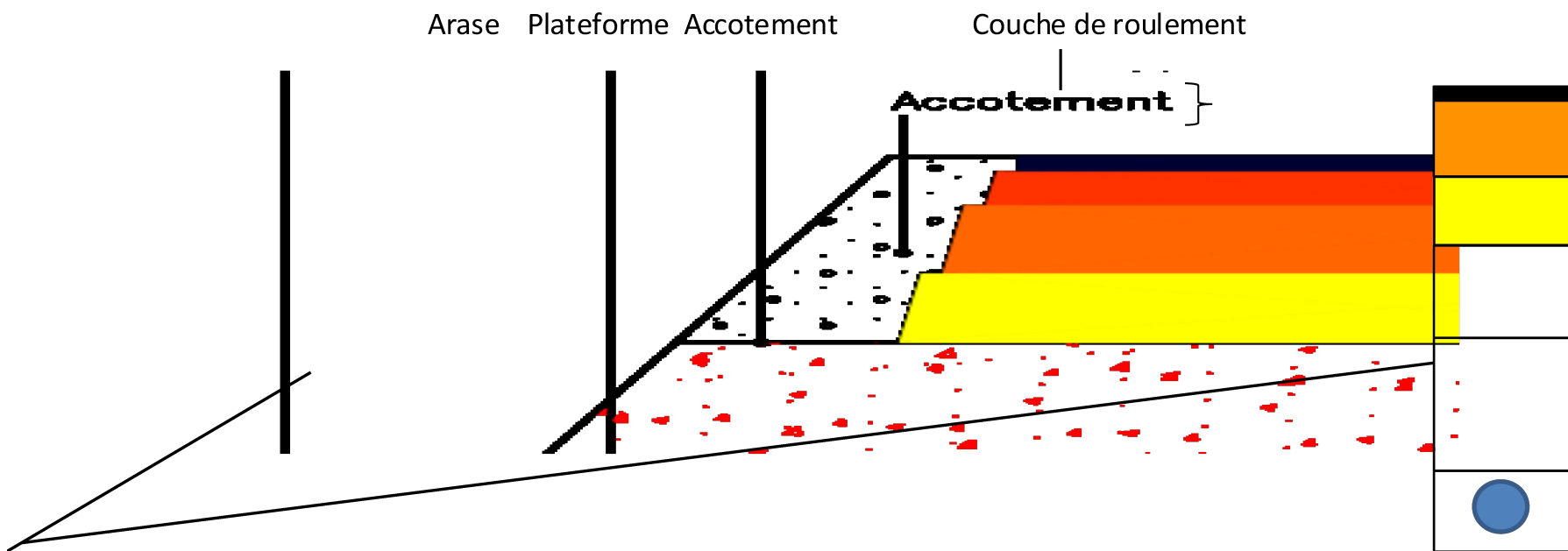
Action à long terme : Sol **stabilisé** à la chaux

- **Augmentation progressive des performances mécaniques du sol traité à la chaux par combinaison lente avec ses minéraux argileux (Réaction pouzzolanique entre les minéraux du sol et la chaux)**



Les usages dans nos infrastructures

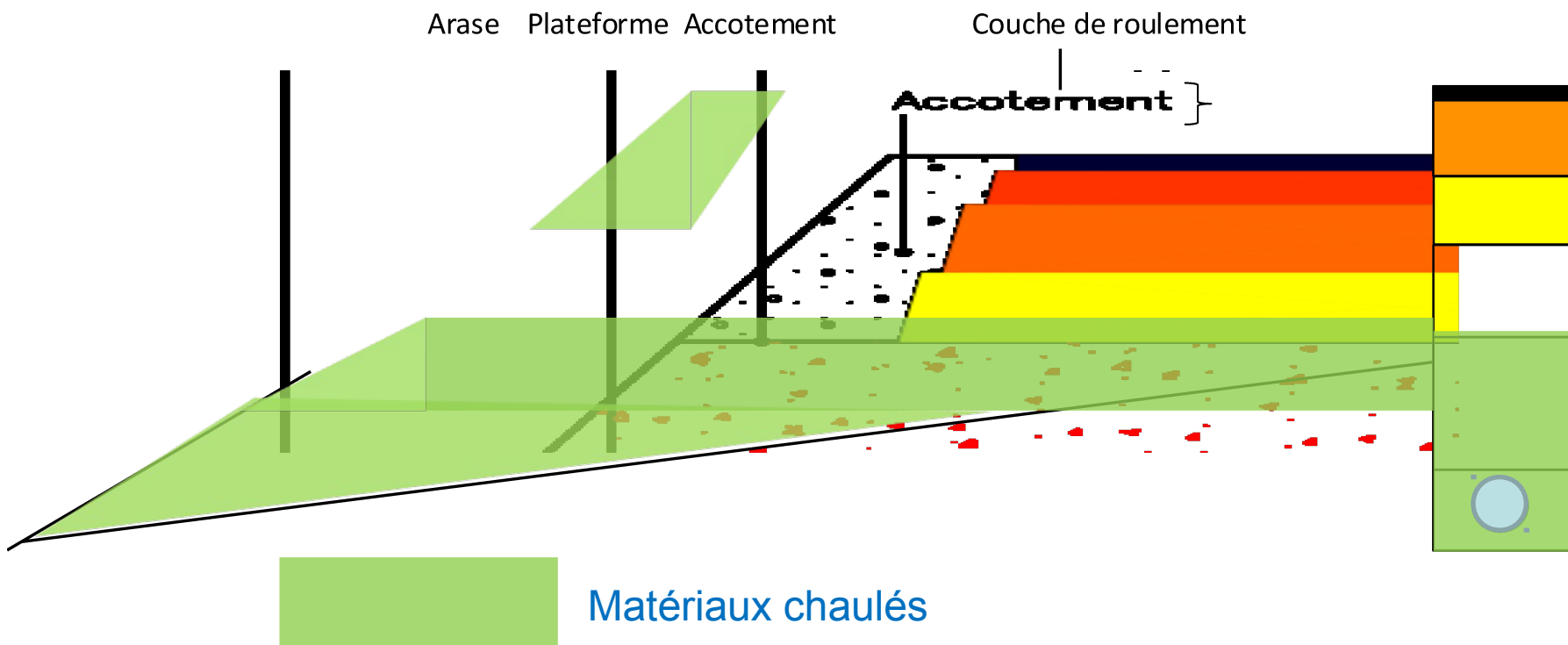
Coupe d'une chaussée



Les usages dans nos infrastructures

dans les remblais ordinaires

Coupe d'une chaussée



Les usages dans nos infrastructures

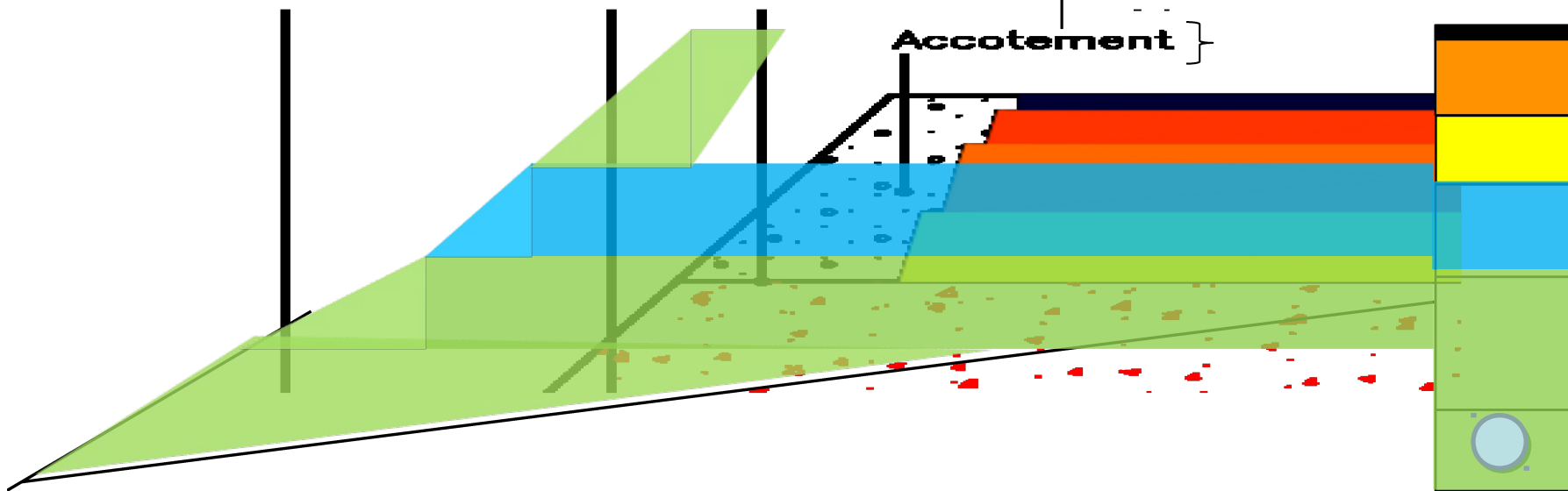
dans les remblais ordinaires et les couches de forme

Coupe d'une chaussée

Matériaux chaulés et traités
aux liants hydrauliques routiers

Arase Plateforme Accotement Couche de roulement

Accotement



Matériaux chaulés

Les usages dans nos infrastructures

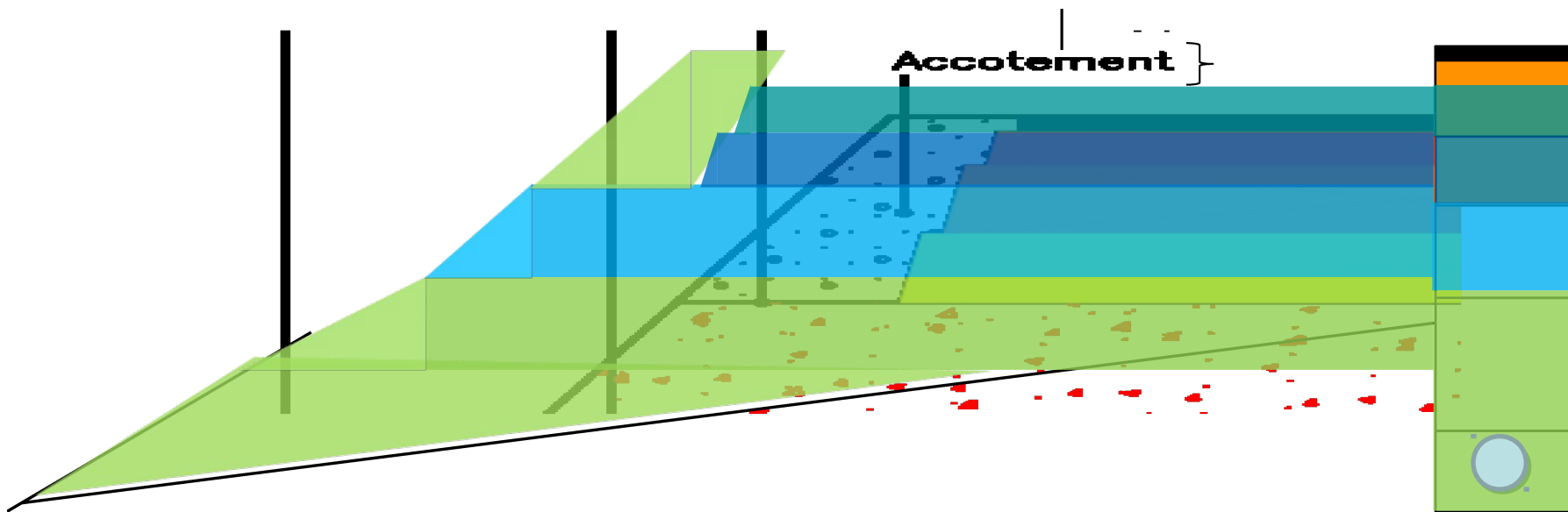
dans les remblais ordinaires et les couches de forme
et en assises de chaussées

Coupe d'une chaussée



Matériaux chaulés et traités
aux liants hydrauliques routiers

Arase Plateforme Accotement Couche de roulement



Matériaux chaulés

Les méthodes et les moyens

Le traitement en place

Depuis 50 ans sur les gros et moyens chantiers avec des engins de plus en plus performants :

1985



et aujourd'hui très mobiles pour répondre aussi aux petits chantiers

2015



Les méthodes et les moyens

Le traitement en place

Le principe :



① répannage de la chaux



② malaxage en place au pulvérisateur -mélangeur

① répannage

② malaxage

③ précompactage

④ réglage

⑤ compactage final



Les méthodes et les moyens

Le traitement sur plateforme temporaire de chantier

Regroupement et homogénéisation des déblais et utilisation d'équipements montés sur machines courantes ou de petites centrales de malaxage :



Les méthodes et les moyens

Le traitement sur plateforme fixe

Accueil des déblais sur une **plateforme de recyclage**

ICPE 2516/2517 (transit) et 2515 (criblage/concassage/traitement)



① stockage /
homogénéisation
des déblais

② criblage /
homogénéisation
des déblais

③ traitement des déblais homogénéisés
en centrale équipée de trémie(s)
d'alimentation spécifique(s)

Les études

1) Identification du gisement

-Aspects **environnementaux** (cas du regroupement de déblais de diverses origines)

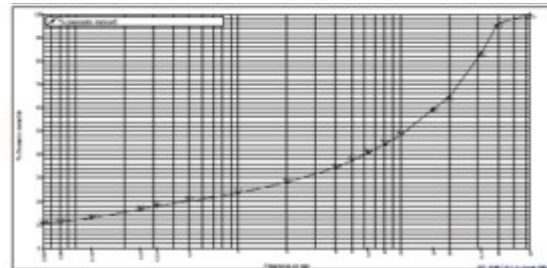
-Aspects **géotechniques**
Identification, classe suivant NF P 11-300



Teneur en eau : W%
NF P 94-050

$$W\% = (P_H - P_S) / P_S$$

Granularité : NF P 94-056 et -057

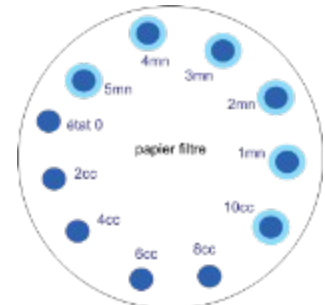


Teneur en sulfates

Dmax, passants à 5, 2 et 0,08 mm

Argilosité : IP : NF P 94-051

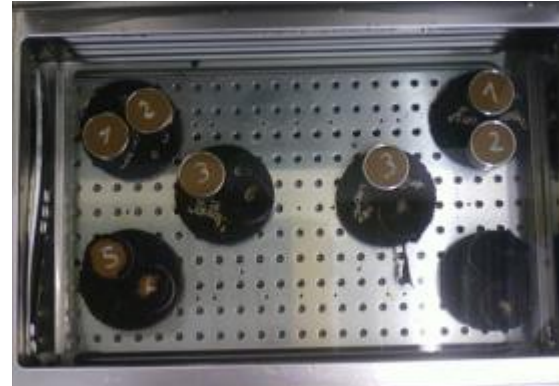
VBS : NF P 94-068



Les études

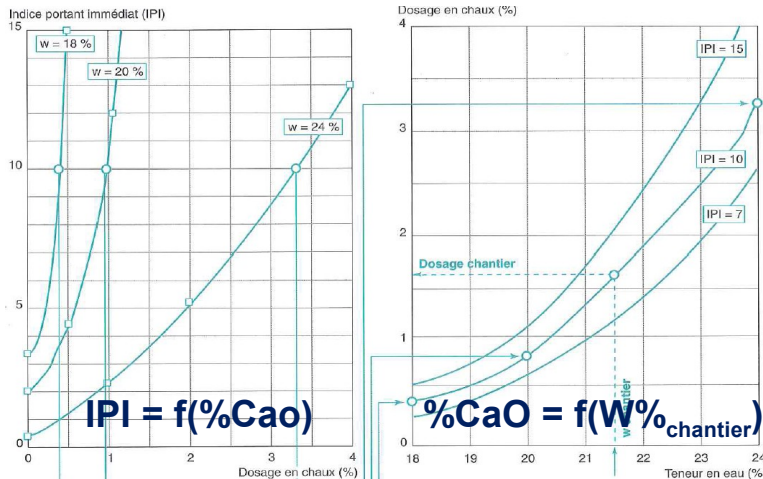
2) La formulation

-Evaluation de l' Aptitude du sol au traitement par mesure du gonflement sur éprouvettes D5H5



et mesure de **résistance** si liant en plus

- Essai **PROCTOR** et **IPI** à différentes teneurs en eau initiales et différents dosages en chaux



① Malaxage

② PROCTOR

③ IPI

Les études

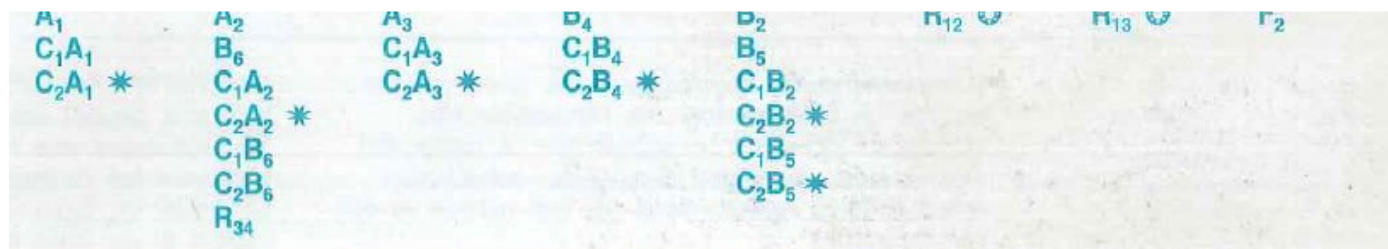
Les objectifs

* Si en PST vérifier
 $ICBR_{4j \text{ immergé}} > IPI$

Ils sont rappelés dans le Guide technique Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques (GTS)

Classes de matériaux (selon NF EN 11-300)

IPI objectifs pour réemploi en remblai après chaulage des sols initialement trop humides



	A ₁ C ₁ A ₁ C ₂ A ₁ *	A ₂ B ₆ C ₁ A ₂ C ₂ A ₂ * C ₁ B ₆ C ₂ B ₆ R ₃₄	A ₃ C ₁ A ₃ C ₂ A ₃ *	B ₄ C ₁ B ₄ C ₂ B ₄ *	B ₂ B ₅ C ₁ B ₂ C ₂ B ₂ * C ₁ B ₅ C ₂ B ₅ *	B ₁₂	B ₁₃	B ₂
Valeurs en dessous desquelles un traitement peut être envisagé	8	5	3	15	12	15	10	15
Valeurs à obtenir sur le matériau traité (+10% à 20% si PST) *	10 à 20	7 à 15	5 à 10	20 à 40	15 à 30	15 à 30	10 à 20	15 à 20
Valeurs au-delà desquelles le traitement peut être réduit ou arrêté	15 à 25	10 à 20	8 à 15	30 à 50	20 à 40	25 à 35	15 à 25	25 à 30

Les études

Présentation des résultats

Pour le traitement sur chantier, les résultats d'études sont présentés dans un **PV de laboratoire**.

Dans le cas d'une plateforme de recyclage les principaux résultats d'études sont rappelés dans un **Fiche Technique Produit** remise au client

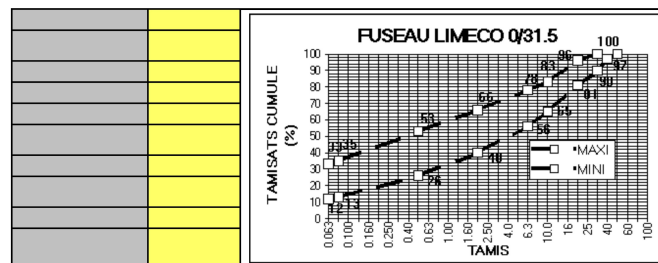
Fich
LIM
Utilisation en

Nature du LIMECO :

Valorisation de déblais limono-sableux sélectionnés et traités à la chaux en centrale de malaxage normalisée SAE, sur le site d'Argoeuves (proximité Amiens Nord)

Matériau écologique participant au Développement Durable

Principales caractéristiques :



Réf : Guides techniques LCPC/SETRA / GTR / GTS / NFP 11-300
Guide technique ARE BTP Haute Normandie « Emploi et utilisation des déblais de terrassement valorisés à la chaux »

Domaines d'utilisation et conditions de mise en œuvre :

- ☞ Ne pas mettre en œuvre lors de fortes pluies et / ou en période de gel important
- ☞ Éviter les stocks faisonnés sur chantier, ou les protéger
- ☞ Ne pas mettre en œuvre en contact de tuyau fonte, prévoir 10cm en sable naturel

REMBLAYAGE DES TRANCHES / REMBLAIS CONTIGUS

- ☞ Epaisseur maximale de 20 cm par couche avec des petits moyens de compactage
- ☞ Adapter le nombre de passes en fonction des performances du matériel de compactage (Pilonneuse vibrante, plaque vibrante ou compacteur à cylindres vibrants)

REMBLAIS DIVERS

- ☞ Mise en œuvre conformément aux indications du GTR :
 - Epaisseur de couches conseillée : 30 à 50 cm avec un gros compacteur terrassement (suivant les performances du compacteur : V2 à V5)
 - Adapter le nombre de passes et la vitesse du compacteur en fonction de ses performances

COUCHE DE FORME


- ☞ Pour une utilisation en couche de forme, privilégier l'usage de Liméco Roc 0/31,5

Particularités

- ☞ Faible sensibilité à l'eau après mise en œuvre et compactage


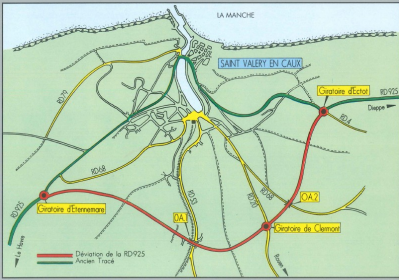
Exemples d'applications

Travaux routiers neufs : contournement de villes



CONSEIL GÉNÉRAL DE LA SEINE MARITIME

ROUTE DÉPARTEMENTALE N° 925
DÉVIATION DE SAINT-VALÉRY-EN-CAUX

1990
25 ans d'âge



CONSEIL GÉNÉRAL DE LA SEINE-MARITIME

ROUTE DÉPARTEMENTALE 39/81



CONTOURNEMENT OUEST
de
SAINT-ROMAIN-DE-COLBOSC



1996
20 ans d'âge

Exemples d'application

Travaux routiers neufs : contournement de villes 1990 : déviation de Saint-Valéry en Caux



INTRODUCTION

Le projet de contournement de la Commune de Saint-Valéry en Caux par la Route Départementale n° 92 a remplacé l'ancien tracé de 1970 et était fondé sur les besoins de la commune et des contraires dans la Commune, particulièrement pendant la période estivale.

Le 19 Octobre 1977, le Conseil Général de la Seine-Maritime décidait la réalisation d'un premier tronçon afin d'assurer le transport des matériaux nécessaires à la réalisation de la Centrale électro-nucléaire de Paluel.

Ce tronçon ne pouvait être ouvert à la circulation générale puisque son extrémité Sud-Est n'était reliée qu'au seul terminal ferroviaire, il fut alors envisagé de procéder à la réalisation de la déviation complète.

Le 11 Mai 1978, le Conseil Général prenait en considération l'ensemble du projet de déviation.

Celui-ci à l'issue des enquêtes réglementaires est déclaré d'utilité publique le 11 Avril 1988.



Longue de 5.370 mètres, la déviation offre 2 ou 3 voies de circulation. Les courbes sont comprises entre 30 et 2.000 mètres de rayon. Les rampes maximales rencontrées sont de 7% sur des longueurs n'excédant pas 230 mètres.

La construction de deux ouvrages d'art a été nécessaire pour assurer le franchissement de la RD 53 et de la voie de chemin de fer d'une part, et de la RD 68 d'autre part.

Pour assurer les échaux, les pontons et les écluses de la commune de Dieppe et Fécamp, trois canaux sont prévus dans les aménagements.

Une attention particulière a été apportée au captage des eaux de ruissellement afin de réguler leur évacuation.

L'ensemble de la déviation a fait l'objet d'aménagements paysagers soignés.

LA RÉALISATION DES TRAVAUX

LES TERRASSEMENTS

- Déblais 230.000 m³
- Remblais 125.000 m³
- Limons traités pour la couche de fond 1.400 m³
- Chaux 1.400 t
- Ciment 2.600 t



LES CHAUSSEES



- Limons traités pour les couches de chaussées 1.000 m³
- Chaux 570 t
- Ciment 3.200 t
- Gravier 7.800 t
- Gravier bitumé 6.500 t
- Béton bitumineux 1.500 t

LES OUVRAGES D'ART

LES OUVRAGES D'ART

- Ouvrages d'Art n° 1 franchissant la RD 53 et la voie ferrée :
 - Coffrages 2.250 m²
 - Aciers 100 t
 - Bétons 1.500 m³
- Ouvrages d'Art n° 2 franchissant la RD 68
 - Coffrages 1.350 m²
 - Aciers 90 t
 - Bétons 1.200 m³

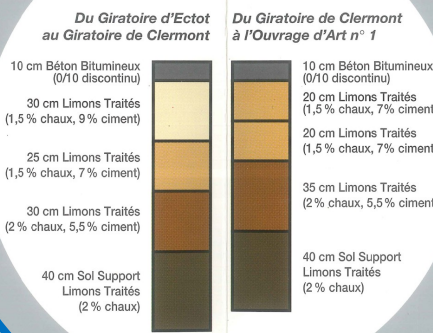


LES ÉQUIPEMENTS



- SIGNALISATION HORIZONTALE : 21.600 ml
- SIGNALISATION VERTICALE : 30 ensembles
- ÉCLAIRAGE PUBLIC : 54 foyers
- AMÉNAGEMENT PAYSAGER EN COURS DE RÉALISATION
 - 16.000 m² bâche plastique
 - 14.000 végétaux
 - 30.000 m² d'engazonnement

STRUCTURES DES CHAUSSEES EN LIMONS TRAITÉS

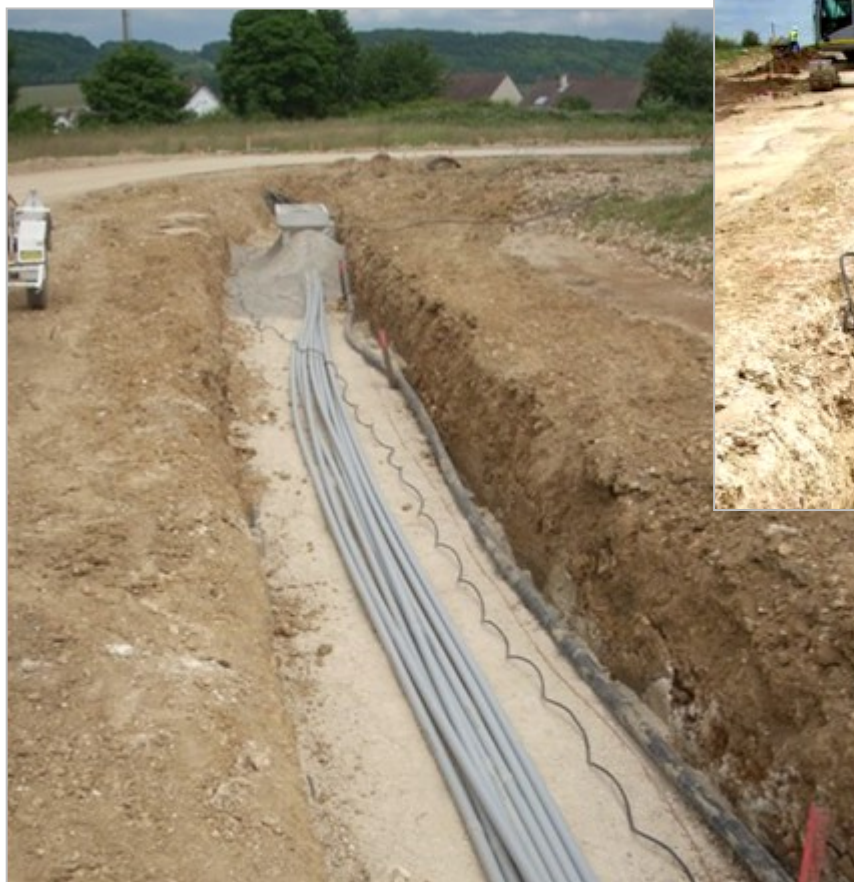


On le faisait déjà bien il y a 1/4 de siècle



Exemples d'application

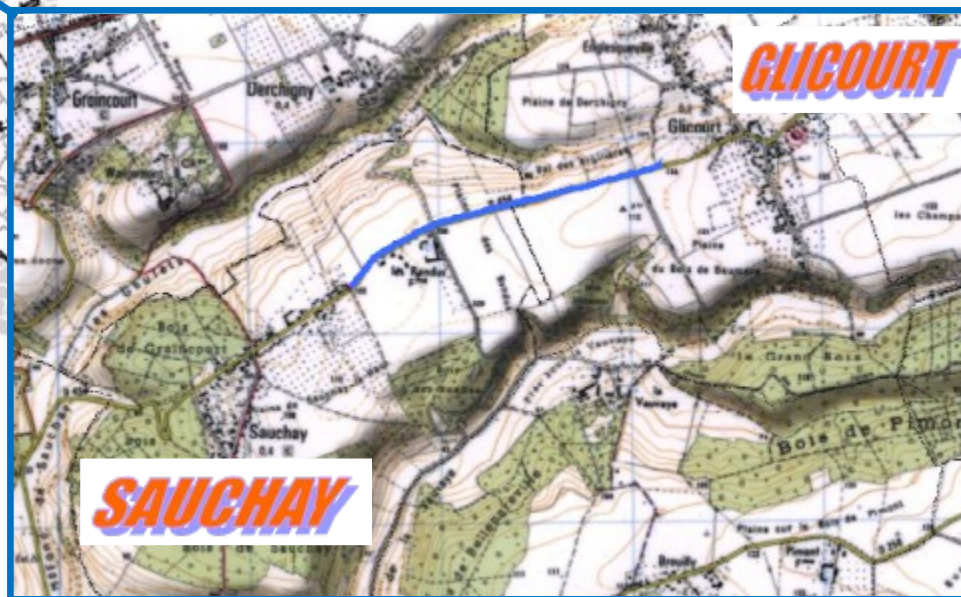
Remblayage de tranchées



Exemples d'application

Recalibrage de chaussée :

Elargissement d'une
chaussée du réseau
local
en limon traité



RD 454 – Glicourt - Sauchay



Avant travaux
Chaussée étroite avec rives plus ou moins affaissées et fatiguées

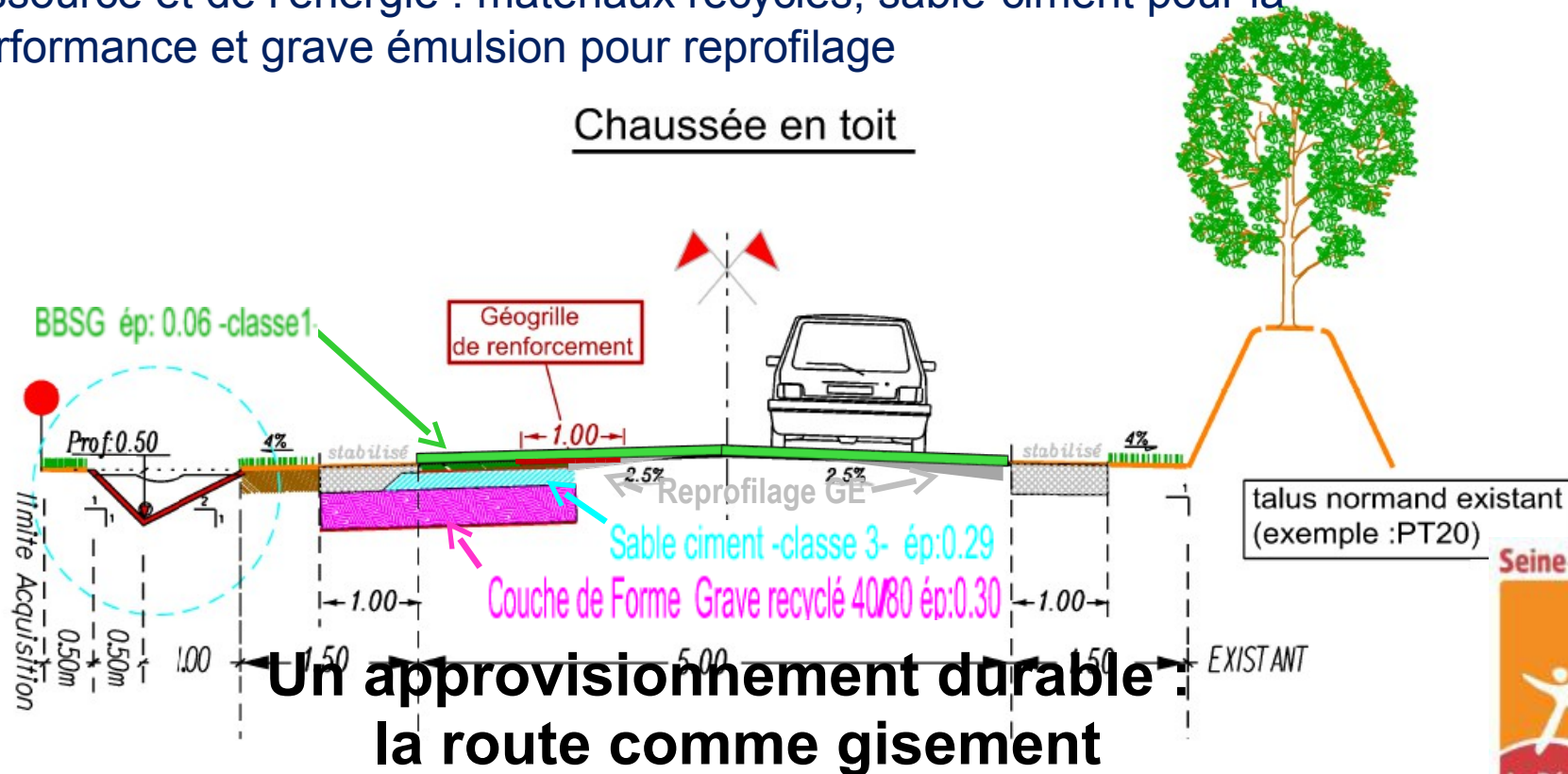


Solution de base-projet

Calibrage de la chaussée à 5 m avec un assainissement routier adapté au contexte local

Solution de base s'appuyant sur des principes généraux de maîtrise de la ressource et de l'énergie : matériaux recyclés, sable-ciment pour la performance et grave émulsion pour reprofilage

Chaussée en toit



Le point de vue du maître d'œuvre : le levier des marchés publics

Procédure adaptée

- Laissant une place à la négociation
- Et ouvert à variante

Encadrement de la variante :

- performances à obtenir
- quantités à justifier

Critères de jugement des offres

Proposition d'un retraitement des matériaux du site aux liants hydrauliques, une grave émulsion sur la totalité du profil en travers (50 % de recyclés)

Se traduisant par :

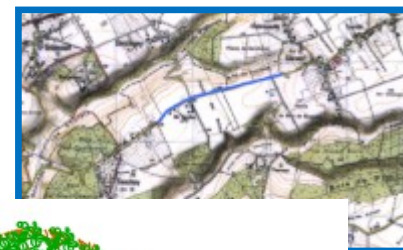
- réduction des volumes de terrassement
- Valorisation des matériaux du site et réduction des apports
- Performances supérieures de la PF et liaison optimisée à l'ancienne chaussée

RD 454 – Glicourt - Sauchay

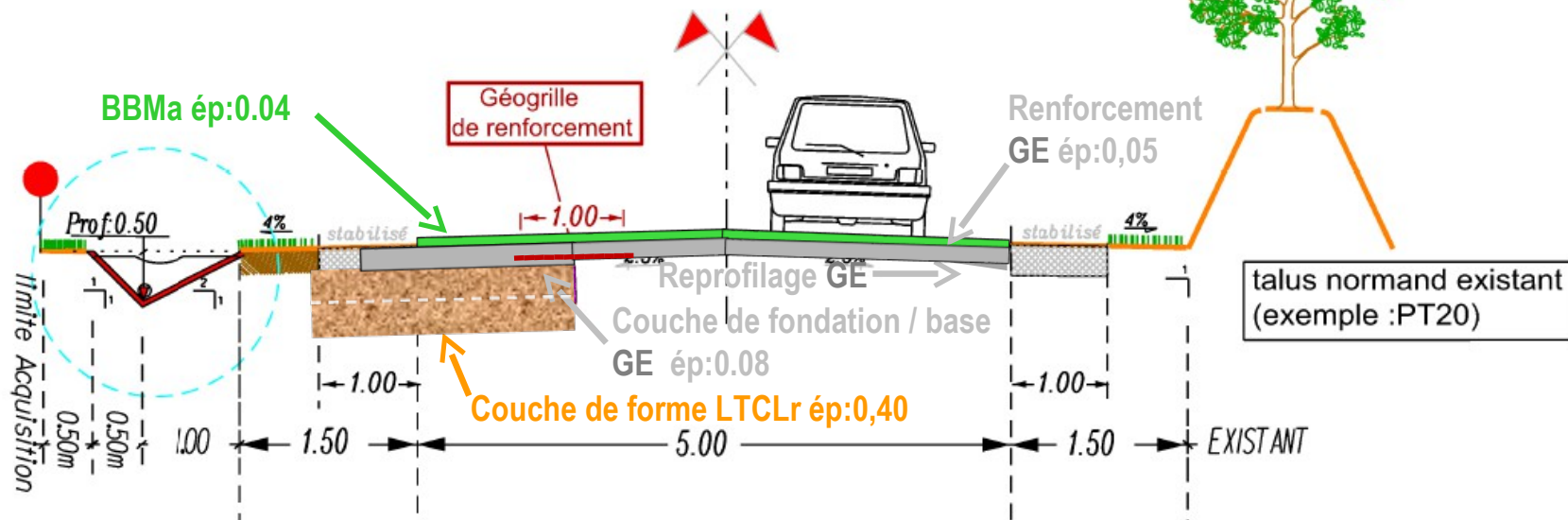
Le projet :

Recalibrage de la chaussée à 5 m

Solution variante GE / **LTCLr**



Chaussée en toit



RD 454 GLICOURT - SAUCHAY

Traitement des limons sur plateforme provisoire :



pour :

- **stockage,**
- **traitement des limons au pulvérisateur-mélangeur,**
- **reprise et chargement à la pelle équipée d'un godet " de curage"**

RD 454 GLICOURT - SAUCHAY

Mise en place de la couche de forme en limon traité

en 2 couches successives



Alimentation / régalage / réglage
avec un alimentateur latéral

RD 454 GLICOURT - SAUCHAY

Mise en place de la couche de forme en limon traité



... et en 2nd couche les mêmes tandems puis une finition au compacteur à pneus

En 1^{ère} couche, le compactage avec 3 compacteurs tandems PV4 et PV3



RD 454 GLICOURT - SAUCHAY

Mise en place de la couche de forme en limon traité

1^{ère} couche une fois compactée



2nd couche avec cure réalisée à l'issue du compactage

RD 454 GLICOURT - SAUCHAY

Un chantier sous PAQ

CONTROLE D'EPANDUE

DATE: 29/07/2015 CHANTIER: RD454
TECHNICIEN: C.PELLIER LOCALISATION: []
DEBLAI [] EPANDEU []
REMBLAI [] REGLAGE []
C. DE FORME [X]NATURE DU SOL: Limons
LIANTS: CHAUX [] CIMENT []
OBJECTIF NOMINAL: 50 cm
Dk du sol: 1,685 Kq/m³
No passes: 2
DOSAGE %: 7
Kq/m²/pas: 31,7
Kq/bac/pas: 15,85
COMMENTAIRES: Conforme

ESSAIS SUR SOLS EN LABORATOIRE

CHANTIER: RD454 GLICOURT

W% No	W% No	W% No	W% No
1	19,0	15,7	18,9
2	15,9	16,0	16,0
3	16,0	15,9	16,0
4	16,0	16,0	16,0
5			
6			
7			
8			
9			
10			

MOY. (Dk) []

CONSIGNES DE COMPACTAGE

DATE: 22/07/2015
CHANTIER: RD454 GLICOURT SAUCHAY

DEFINITION DES TRAVAUX

Observations: []

CONSIGNES

Document / référentiel: []

Couche	Champ 1
Couche de fond	
Qualité de compactage	Q3
matériau	Limons A2 T
Méthode de compacteur	BW136 ou 140 T
Classe du compacteur	Guide PVA
S (rouleaux)	m 0,15
V (vitesses)	km/h 1,5
N (nombre de passes)	12
Q (débit)	m ³ /min 20
Q _S	0,8
L (largeur bête)	m
G théorique	m/h
Efficacité 1 -	
Efficacité 2 -	
G pratique	m/h
Largueur à compacter	m
G pratique	m/h

* Efficacité 1: valeur liée au chevauchement entre les passes
Efficacité 1 = 0,54
** Efficacité 2: valeur liée à la gêne, aux arrêts et au rendement

CONTROLE DE PORTANCE DE PLATES-FORMES PAR ESSAI A LA PLAQUE

DATE: 04/08/2015
TECHNICIEN: C.PELLIER CHANTIER: RD454 GLICOURT / SAUCHAY

N° d'essai / PROFIL	Localisation	Détermination du module				
		S1 / 2 (mm)	EV1 (MPa)	S2 / 2 (mm)	EV2 (MPa)	EV2 / EV1
1						
2	Panneau Glicourt + 40m	0,59	45,7	0,33	90	1,42
3	+ 140m	0,59	45,7	0,33	90	1,42
4	+ 240m	0,59	45,7	0,33	90	1,42
5	+ 340m	0,93	63,2	0,56	136,4	1,43
6	+ 440m	0,75	60,5	0,41	90	1,76
7	+ 540m	1,25	75	0,41	90	1,42
8	+ 640m	0,66	45	0,53	108,8	1,62
9	+ 740m	0,71	62,7	0,53	84,9	1,13
10	+ 840m	1,00	78,2	0,40	81,8	1,82
11	+ 840m	0,62	56,3	0,46	112,5	1,38
12	+ 1040m	0,81	61,1	0,52	100	1,38
13	+ 1140m	0,85	69,4	0,54	98,5	1,28
14	+ 1240m	0,74	60,2	0,51	83,3	1,24
15	+ 1340m	0,74	60,2	0,51	86,2	1,38
16	+ 1440m	0,80	75	0,49	88,2	1,37
17	+ 1540m	0,85	70,3	0,49	91,8	1,33
18	+ 1640m	0,93	67,4	0,50	91,8	1,21
19	+ 1840m	0,9	60,5	0,51	90	1,31
20	+ 1840m	0,71	62,2	0,56	88,2	1,36
	+ 1840m	0,71	62,2	0,56	81,8	1,54
	+ 1840m	0,82	78,2	0,46	98,5	1,36
	+ 1840m	0,82	69,8	0,54	100	1,38
					83,3	1,21

OBJECTIFS A ATTEINDRE: EV2 > 80 Mpa
OBSERVATIONS / COMMENTAIRES: Age du traitement: points 1 à 6: 5 jours - Points 9 à 20: 5 jours
Conforme

RD 454 GLICOURT - SAUCHAY

Interface avec la couche de base en GE



A titre expérimental:

- Sur ½ chantier, pose d'une géogridde à base de fibre de verre, à la cheval entre l'élargissement en limon traité et la partie de chaussée conservée
- Mise en œuvre de GE sans géogridde sur l'autre moitié du chantier

Vérifier qu'une couche de base en GE
peut seule s'interposer aux remontées
de fissures

RD 454 GLICOURT - SAUCHAY

Couverture du limon traité
par la couche de base en
Grave-Emulsion
formulée avec 50% d'agrégats d'enrobés
appliquée au finisseur

