



**Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?**

**Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014**

# Travaux d'entretien de l'autoroute AMSKROUD AGADIR

## Plan

1. Historique sur le réseau autoroutier au Maroc
2. Situation du projet
3. Problématique de l'orniérage
4. Solution du marché
5. Etapes et études de formulation au laboratoire
6. Résultats de la formulation retenue





# 1- Historique

- ✓ Le réseau autoroutier marocain est en pleine expansion depuis quelques années.
- ✓ L'objectif du Maroc est d'avoir 1.800 km d'autoroutes à l'horizon 2015
- ✓ Le réseau autoroutier marocain est déjà long de 1.416 km à ce jour



Programme jusqu'au 2015

2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015

Casa - Rabat

Contournement de Rabat

Beni Mellal - Berrechid

Tit Mellil - Berrechid

El Jadida - Safi





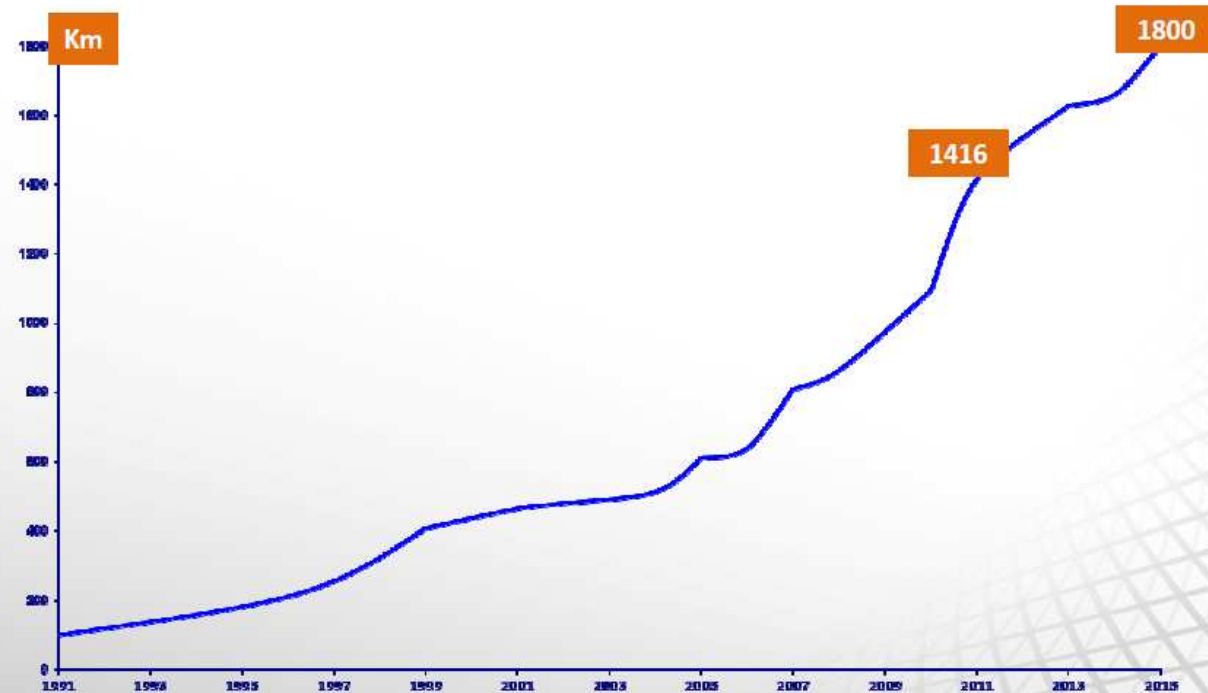
# Evolution du réseau Autoroutier



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

## ADM : Projets d'infrastructure



Evolution du réseau autoroutier





# Rythme de construction



1991 - 2000

Construction de 40 km / an & investissement de 650 Mdh / an

2001 - 2005

Construction de 100 km / an & investissement de 1 300 Mdh / an

2006 - 2011

Construction de 160 km / an & investissement de 4 200 Mdh / an

Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

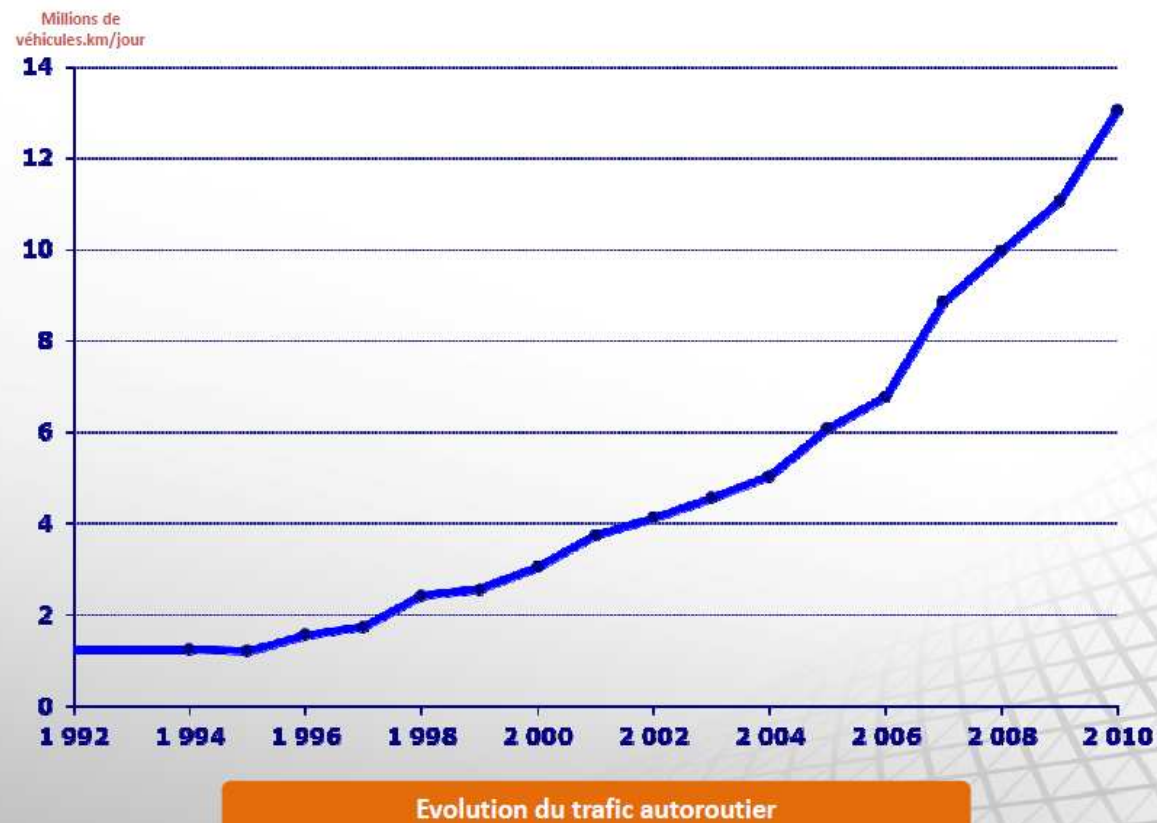


Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

# Évolution du trafic Autoroutier

## Autoroutes du Maroc







Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

- ✓ Il s'agit pour le Maroc de faire face à la nécessité d'augmentation de capacité de certains axes routiers majeurs et de contribuer ainsi à offrir des conditions économiques et sociales pour un développement harmonieux des échanges.
- ✓ **L'axe autoroutier Marrakech-Agadir fait partie de ce programme autoroutier réalisé et mis en service en 2010.**
- ✓ Le trafic est exceptionnel sur ce tronçon : lié aux échanges économiques Sud-Nord. Le poids lourd ( 2000 PL/J ) est canalisé VL rampes dépassant les 10% par endroit dans la région d'AMSKROUD





Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

# Localisation du Site





## 2-Situation du projet



Le projet d'entretien concerne le tronçon autoroutier d'AMSKROUD AGADIR sur une longueur d'environ 18.3 Km.



✓ Phénomène apparu  
orniérage précoce de  
la voie lente sens  
Agadir Marrakech.

Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014







### 3- Problématique de l'orniérage

Le phénomène d'orniérage est apparu après une exploitation d'environ trois années après l'ouverture de l'axe autoroutier Marrakech Agadir. Il commence à gêner fortement le bon fonctionnement de la route.

Cette section de 18.3 km , se caractérise par :

- une rampe assez raide
- la canalisation du poids lourd sur la voie lente
- fortes températures qui règnent l'été sur la région



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014







# Orniérage

- Il existe deux types d'orniérage pour les chaussées souples



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?



Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014



# Orniérage

## Orniérage du support (dit à grand rayon)



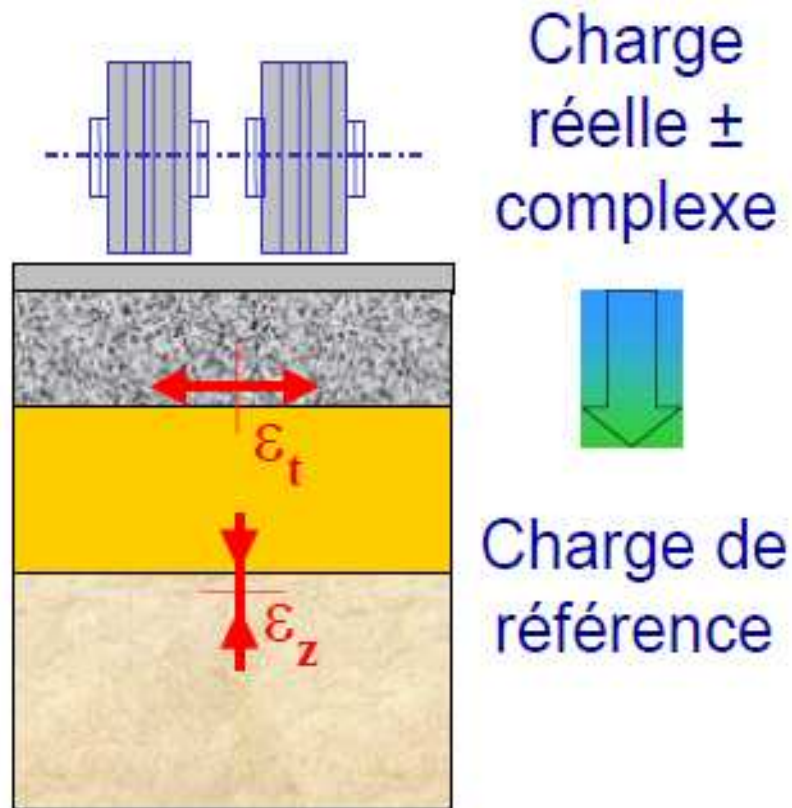
Orniérage à grand rayon - profondeur supérieure à 3 cm



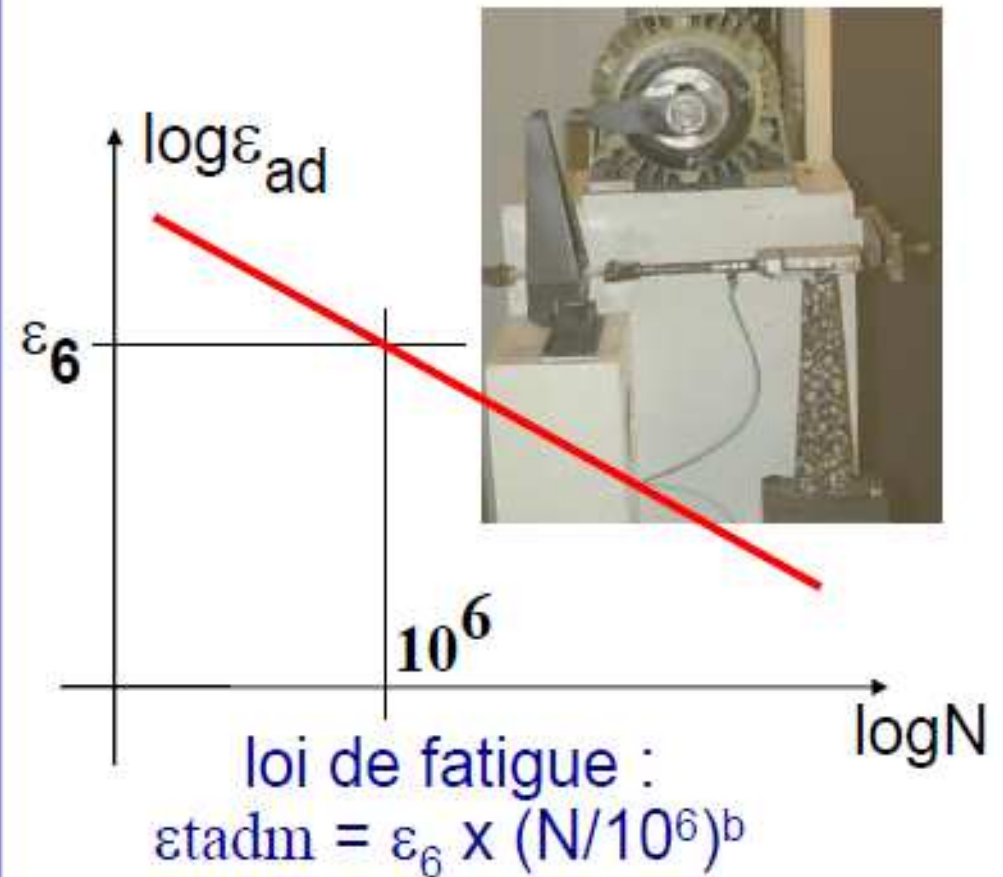


# Principe général du dimensionnement

## Modélisation mécanique



## Comportement en fatigue



$$\epsilon_t \text{ calculée} \leq \epsilon_t \text{ admissible} \text{ et } \epsilon_z \text{ calculée} \leq \epsilon_z \text{ admissible}$$







Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

# Orniérage

- Solutions
  - Utilisation de bitume durs : 20/30-15/25-10/20
  - Ajout de polyéthylène : efficace contre l'orniérage avec un dosage de 5 à 8 kg/t d'enrobés
  - Emploi de bitumes modifiés : Colflex S
  - Emploi de matériaux frottants : quand cela est possible



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

## 1) - Les paramètres liés au trafic

- Nombre de poids lourds
- Type et agressivité du véhicule lourd
- Charge à l'essieu
- Vitesse du véhicule

## 2) - Les paramètres liés à la route

- Présence de rampes
- Zones de ralentissement (feux, péages)
- Nombre et largeur des voies (canalisation du trafic)
- Vitesse moyenne des véhicules liée au débit horaire du trafic
- Voies réservées aux PL (3ème voie des autoroutes, voies bus, etc.)
- Difficultés de l'itinéraire





Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

### 3) - Les paramètres climatiques

- Intensité de l'été
- Durée de la période chaude
- Intensité et durée de l'ensoleillement

### 4) - Les paramètres liés à l'enrobé lui-même

- Epaisseur
- Granularité
- Teneur en bitume
- Dureté du bitume
- Angularité des gravillons
- Types de sable
- Compacité
- Type d'appareil de concassage
- Qualité des fines
- etc ...

# Quelques chiffres



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

L'orniérabilité est, en gros, multiplié par 4 entre le PL à 2 essieux jumelés (CU 19 T) et le PL à 5 essieux simples (CU 40 T)

## A) - L'effet des surcharges

Le passage de la charge de 40 à 46 T multiplie le risque d'orniérage par 5.

## B) - L'effet de la vitesse

La réduction de la vitesse de 90 à 30 km/h multiplie aussi le risque par 5,





Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

### C) - La température et le climat

Le premier graphique illustre le résultat obtenu avec l'orniéreur de laboratoire du L.C.P.C. Entre 45 et 60°C, l'orniérage est souvent multiplié par 3 à 5.

### D) - La classe de bitume utilisé



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

- La structure de chaussée réalisée au moment de la construction neuve est de :

**(10cm+11cm) EME2 0/14 +2.5 cm BBTM 0/10**

La résistance à l'orniérage de l'EME et BBTM n'a pas donné satisfaction vis à vis des sollicitations et conditions climatiques de la région.





## 4- Solution du marché

- L' AO d'entretien prévoit la solution suivante afin de remédier au phénomène d'orniérage apparu:
  - ✓ Rabotage sur 8 cm et 11 cm selon sections de la voie lente sens Agadir Marrakech.
  - ✓ Comblement par BBME 0/14 de classe 3 avec exigences spéciales sur l'orniérage du mélange
  - ✓ Spécifications plus contraignantes sur le bitume p/r aux bitumes classiques



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014





# Schéma des travaux d'entretien



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014



Rabotage de 8 et  
11 cm de la voie  
lente sens Agadir  
Marrakech

Rabotage + comblement  
8 à 11 cm BBME CL3

EME CL2  
(ancien corps de chaussée)

35 CF+25 cm GNT  
(ancien corps de chaussée)





## Exigences du marché sur le bitume

Le bitume doit répondre aux exigences de la norme NF EN14023 avec une TBA  $\geq 75^{\circ}\text{C}$ , un RE  $\geq 70$  et des caractéristiques après durcissement RTFOT plus contraignantes: Augmentation TBA  $< 8^{\circ}\text{C}$

| CARACTERISTIQUES                                         | METHODE        | EN14023 |                |
|----------------------------------------------------------|----------------|---------|----------------|
|                                                          |                | CLASSE  | SPECIFICATIONS |
| Pénétrabilité à 25 °C (1/10 mm)                          | NF EN 1426     | 2       | 10-40          |
| Température de ramollissement bille et anneau (TBA) (°C) | NF EN 1427     | 3       | $\geq 75$      |
| Point d'éclair Cleveland (°C)                            | NF EN ISO 2592 | 4       | $\geq 220$     |
| Retour élastique à 25°C (%)                              | NF EN 13398    | 4       | $\geq 70$      |
| Point de fragilité Fraass                                | NF EN 12593    | 5       | $< -10$        |
| Après durcissement RTFOT à 163°C                         | NF EN 12607-1  |         |                |
| Pénétrabilité restante (%)                               | NF EN 1426     | 7       | $\geq 60$      |
| Augmentation de TBA (°C)                                 | NF EN 1427     | 2       | $\leq 8$       |
| Diminution de TBA (°C)                                   | NF EN 1427     | 3       | $\leq 5$       |
| Variation de masse (%)                                   | NF EN 12607-1  | 3       | $< 0.5$        |



# Exigences du marché sur BBME CL3

Par dérogation à la norme le nombre de cycles pour essais d'orniérage est de **100.000** au lieu de **30.000** valeur usuelle pour les enrobés classiques. La valeur spécifiée est donc :

✓ Ornière à 100.000 Cycles < 5%



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014







Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

## Comparaison des exigences p/r aux enrobés classiques

| Exigences du marché                                  | Exigences classiques                                |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Sur bitumes                                          |                                                     |
| Retour élastique à 25°C<br>RE > <b>70</b>            | Retour élastique à 25°C<br>RE > 60                  |
| TBA > <b>75°C</b>                                    | TBA > 55°C                                          |
| $\Delta TBA \leq$ <b>8°C</b>                         | Sans exigence                                       |
| Sur BBME cl 3                                        |                                                     |
| Orniérage à 60°C et<br><b>100.000 cycles &lt; 5%</b> | Orniérage à 60°C et<br><b>60.000 cycles &lt; 5%</b> |

# 5- Etapes de l'étude au Laboratoire

**Choix du liant :** Plusieurs formules ont été déjà étudiées afin de répondre aux exigences suivantes:

Bitume modifié  
RE>70 classe4

Péné restante  
> 60 classe7

Impossible à atteindre  
sans Additif adéquat ad  
2

Augmentation TBA  $\leq 8^{\circ}\text{C}$   
Classe 2  
RTFOT

TBA > 75°C  
Classe 3

Diminution TBA  $\leq 5$   
Classe3  
RTFOT

9<sup>ème</sup> CONGRES  
NATIONAL DE  
LA ROUTE

✓ Sans ad 2

|             | AVANT RTFOT |     |            | APRES RTFOT |     | Delta TBA |
|-------------|-------------|-----|------------|-------------|-----|-----------|
| Bitume      | Péné        | TBA | RE (25°C°) | Péné        | TBA |           |
| 20/30       | 28          | 56  | -          | -           | -   |           |
| 20/30+ ad 1 | 25          | 65  | 72         | 22          | 77  | 12        |
| 20/30+ ad 1 | 24          | 71  | 81         | 19          | 81  | 10        |

Rabat [Skhirat]

11, 12 & 13 juin 2014

Sans ad 2:  $\Delta\text{TBA}$  après RTFOT ne répond pas aux exigences du CCTP





Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

|                                                   | AVANT RTFOT |     |               | APRES RTFOT |     | Delta TBA     |
|---------------------------------------------------|-------------|-----|---------------|-------------|-----|---------------|
| Bitume                                            | Péné        | TBA | RE<br>(25°C°) | Péné        | TBA |               |
| Formule 1 : 20/30+ad<br>1 + stabilisateur + ad 2  | 21          | 81  | 76            | 16          | 90  | 9             |
| Formule 2 : 20/30+ad<br>1 + stabilisateur + ad 2  | 23          | 87  | 78            | 20          | 83  | -4 (tangente) |
| Formule 3 : 20/30+ad<br>1 + stabilisateur + ad 1  | 20          | 87  | 84            | 16          | 81  | -6            |
| Formule 4 : 20/30+ ad<br>1 + stabilisateur + ad 2 | 22          | 81  | 80            | 19          | 79  | -2            |
| Spécifications CPS                                | -           | ≥75 | ≥70           | --          | -   | -5≤.≤8        |

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014



# Formule retenue

**Bitume modifié aux polymères**

Bitume : 55% de BP20/30  
Colka 10 : 45%

(dilution au 35/50 )

+

**Réticulation + Ad 2**



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

|                    | AVANT RTFOT |     |               | APRES RTFOT |     | Delta TBA |
|--------------------|-------------|-----|---------------|-------------|-----|-----------|
| Bitume             | Péné        | TBA | RE<br>(25°C°) | Péné        | TBA |           |
| Formule 4          | 22          | 81  | 80            | 19          | 79  | -2        |
| Spécifications CPS | -           | ≥75 | ≥70           | --          | -   | -5≤.≤8    |

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

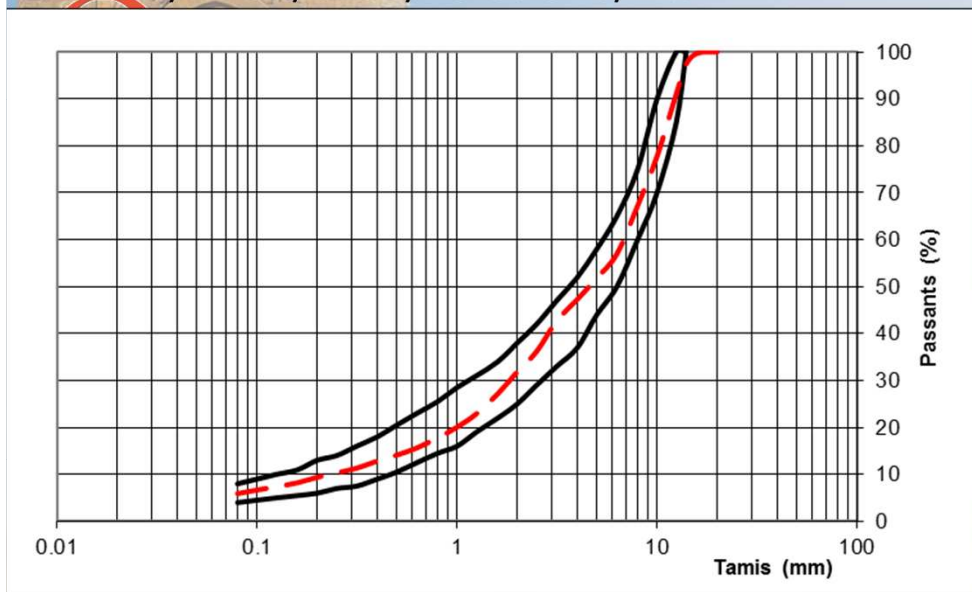




# Nature des granulats

- Les granulats choisis sont en provenance d'une ballastière d'oued Souss.

Les classe granulaires utilisés sont S0/4- G4/6-G6/10 et G10/14.



| G.10/14 | G.6/10 | G 4/6 | SC 0/4 | % bitume ppc |
|---------|--------|-------|--------|--------------|
| 25%     | 20%    | 15%   | 40%    | 5.6%         |







# Résultats des études non concluantes

| Type de liant                          | 35/50 | 20/30 | Colflex HP (ne répond pas en RTFOT ΔTBA) |
|----------------------------------------|-------|-------|------------------------------------------|
| % d'orniérage à 100.000 cycles et 60°C | 8%    | 4%    | 2 %                                      |
| Spécification CCTP                     | <5%   |       |                                          |



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014





BITUME PUR 40/50

8%

Quelle  
pour  
dévelo  
infra  
ro

Rab  
11, 12 &



BITUME PUR 20/30

4%

Quel  
por  
déve  
in

Ra  
11, 1





## 6-Résultats de la formule de BBME retenue

(BP 20/30 modifiée avec élastomère+ADDITIFS)

0.8%

| Exigences du marché                       | Formule retenue                               |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Sur bitumes                               |                                               |
| Retour élastique à 25°C<br>RE>70          | Retour élastique à 25°C<br>RE de 80           |
| TBA> 75°C                                 | TBA de 81°C                                   |
| $\Delta TBA \leq 8^{\circ}\text{C}$       | $\Delta TBA = -2^{\circ}\text{C}$             |
| Sur BBME cl 3                             |                                               |
| Orniérage à 60°C et<br>100.000 cycles <5% | Orniérage à 60°C et<br>100.000 cycles = 0.8 % |

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

# Les autres Caractéristiques du BBME CI3



Quelle gouvernance  
pour un meilleur  
développement des  
infrastructures  
routières ?

Rabat [Skhirat]  
11, 12 & 13 juin 2014

|                                                                                                                                    |       |            |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|-------|
| % Bitume(PPC)                                                                                                                      | 5.4   | 5.6        | 5.85  |
| Module de richesse                                                                                                                 | 3.40  | 3.53       | 3.73  |
| MVR                                                                                                                                | 2.439 | 2.432      | 2.456 |
| Duriez (NF P 98-251-1)                                                                                                             |       |            |       |
| MVA                                                                                                                                | 2.294 | 2.303      | 2.331 |
| Rh/Rs                                                                                                                              | 0.96  | 0.98       | 0.99  |
| Orniérage (NF P 98-141)                                                                                                            |       |            |       |
| A 100000 cycles et à 60°C<br>(% des vides entre 3% et 6%)                                                                          | -     | 0.8        | 2.0   |
| PCG (NF P 98-252)                                                                                                                  |       |            |       |
| % vides à                                                                                                                          |       |            |       |
| -10 girations                                                                                                                      | -     | 15.4       | -     |
| - 80 girations                                                                                                                     | -     | 8.5        | -     |
| Essai de module (NF P 98-260-2)                                                                                                    |       |            |       |
| Essai de module complexe<br>à 15°C et 10Hz                                                                                         | -     | 15 471 MPa |       |
| Essai de Fatigue (NF P 98-261-1)                                                                                                   |       |            |       |
| Déformation relative à 10 <sup>6</sup><br>cycles, 10 °C et 25 Hz et pour<br>un pourcentage de vides<br>compris entre<br>3 % et 6 % | -     | 133 µdef   |       |

Doit être ≥ 11000 MPa

Doit être ≥ 100 µdef





إنتباه!  
شاحنات بطيئة



ATTENTION !  
CAMIONS  
A FAIBLE VITESSE













ERROR: syntaxerror  
OFFENDING COMMAND: --nostringval--

STACK:

```
/Title  
(  
/Subject  
(D:20140607153703+00'00')  
/ModDate  
(  
/Keywords  
(PDFCreator Version 0.9.5)  
/Creator  
(D:20140607153703+00'00')  
/CreationDate  
(safir)  
/Author  
-mark-
```