

# Utilisation des sous-produits industriels

## Schistes houillers : chantier de Dourges

par Pierre ROSSI

*Docteur en géologie. Responsable géotechnique de l'unité « Grands Travaux de Terrassement (Razel) »*

Ludovic GAVOIS

*Directeur du service géotechnique (GTM Terrassement)*

et Guy RAOUL

*Ingénieur de l'École spéciale des travaux publics,  
Ancien directeur de GTM Construction, coordinateur de ce dossier*

M. Guy RAOUL assume actuellement la présidence de la Commission de normalisation « Terrassements ».

1. Plate-forme multimodale Delta <sup>3</sup> .....	C 5 372 - 2
2. Contexte géographique et historique.....	— 2
3. Fonctionnement de la plate-forme multimodale .....	— 3
4. Valorisation du schiste houiller par traitement au liant routier .....	— 3
5. Technique de traitement du schiste houiller au liant routier.....	— 5
Pour en savoir plus .....	Doc. C 5 371

**L**es schistes houillers sont des sous-produits de l'industrie minière de la houille. Dans un contexte visant à économiser les ressources minérales classiques, les terrils du Nord-Pas-de-Calais représentent une source importante de matériaux alternatifs pour les travaux publics. Toutefois, les schistes rouges et les schistes les plus durs se raréfiant, le recours aux schistes classiques, plus tendres, nécessite un traitement préalable au liant routier avant leur emploi en assises de chaussées à fort trafic. Avant la construction de la plate-forme multimodale de Dourges, aucune utilisation de grande ampleur de ce type n'avait été entreprise.

Pour les besoins du chantier de terrassements généraux de la plate-forme multimodale « Delta<sup>3</sup> » de Dourges (Pas-de-Calais), en service depuis décembre 2003, le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entreprise ont étroitement collaboré, en vue d'optimiser le réemploi des schistes houillers du terril autour duquel est construit l'ouvrage. Compte tenu du caractère évolutif des schistes de ce terril, l'entreprise a conduit une étude poussée de valorisation des schistes houillers par traitement au liant routier, développé une procédure originale de traitement, et réalisé le chantier en traitant en grande masse (environ 620 000 m<sup>3</sup>) le schiste, afin de constituer les remblais des zones humides, les arases de terrassement, les couches de forme routières et ferroviaires, ainsi que certaines sous-couches ferroviaires.

*Au niveau du chantier de Dourges, la réutilisation des schistes en remblai et en assise de plates-formes routières et ferroviaires a notamment permis d'optimiser les épaisseurs des structures de chaussées et de réaliser l'ouvrage dans les meilleurs critères de qualité, de délais et d'économie.*

*Au niveau régional, le réemploi de schistes du terril de Dourges a généré une économie de 5 millions de tonnes de matériaux de carrière, tout en préservant l'environnement. Cette expérience en vraie grandeur pourrait être renouvelée dans le cadre d'opérations routières de la région Nord-Pas-de-Calais.*

## 1. Plate-forme multimodale Delta<sup>3</sup>

### ■ Définition

Les plates-formes multimodales facilitent les échanges de produits entre les trois modes de transport routier, ferroviaire et fluvial, et contribuent au développement des modes alternatifs à la route.

### ■ Contexte

Le Nord-Pas-de-Calais est la deuxième région exportatrice de France et l'un des endroits d'Europe où la densité humaine est la plus forte. C'est une région industrielle, marchande, active. Elle génère un flux de marchandises de plus de 230 millions de tonnes par an transportées par route, rail ou voie d'eau. Ce trafic est caractérisé par la forte croissance du transport des marchandises conteneurisées et du trafic multimodal.

Face à cette progression, un investissement public de 130 millions d'euros a été décidé pour réaliser une plate-forme multimodale, combinaison rationnelle de l'utilisation de plusieurs moyens de transport complémentaires et d'espaces réservés aux activités logistiques.

### ■ Historique

- Création en 1999 du syndicat mixte pour la construction de la plate-forme multimodale d'intérêt européen de Dourges – dont Michel Delebarre, ancien ministre d'État, est l'actuel président – réunissant les partenaires publics du projet.

- Création en novembre 2000 de la société anonyme d'économie mixte Delta<sup>3</sup>.

- Le terminal de transport combiné de la plate-forme multimodale de Dourges est en service depuis le 15 décembre 2003. Parallèlement se poursuit la construction des entrepôts logistiques et du centre de service.

### ■ Intervenants

- Maîtrise d'ouvrage : SAEM Delta<sup>3</sup>.
- Maîtrise d'œuvre (groupement) : Scetauroute (mandataire)/Tractebel/Berim/Trace/Paysage.
- Entreprise : groupement Razel/mandataire/Siorat.

Cet article a été écrit d'après les extraits du rapport d'activité établi par l'entreprise.

## 2. Contexte géographique et historique

La plate-forme multimodale Delta<sup>3</sup> est idéalement implantée au centre d'un triangle formé de trois voies de communication majeures : l'autoroute A1 Paris-Lille à l'ouest, le canal de la haute Deûle au sud, les voies ferrées Paris-Lille et Lens-Ostricourt au nord-est.

Elle est localisée sur plus de 300 hectares, sur les terrains laissés vacants par la cessation d'activité de l'usine de boulets de charbon Agglonord, le long du flanc est du terril « 116/117 », dominant la plaine d'une soixantaine de mètres, et sur des terrains agricoles. Le site est implanté au cœur de l'histoire minière du Nord-Pas-de-Calais, à deux pas des anciennes mines de Oignies et d'Hénin-Carvin.

La présence de ce terril a eu une importance capitale dans la réalisation des travaux, car, par arrêté préfectoral, le maître d'ouvrage devenait exploitant pour les besoins de sa plate-forme, d'une zone tabulaire située au sud du terril, représentant environ 2 000 000 m<sup>3</sup> de schistes houillers.

La démarche choisie pour la réalisation de la plate-forme a en effet été de réutiliser les matériaux rebuts, issus de l'exploitation minière et des travaux de la plate-forme pour limiter les nuisances sur les populations voisines, tout en évitant la création de nouvelles carrières d'extraction.

La zone tabulaire, de 10 à 15 m de hauteur, d'où ont été extraits les schistes, avait été constituée naguère par apport de schistes houillers provenant de différentes fosses d'extraction, apportés sur le lavoir du site de la fosse 10, puis repris au dumper et mis en dépôt. Il s'agit de matériaux gris à noir, de granulométrie 0/300, à faible teneur en charbon résiduel (moins de 3 %).

Les photos des figures 1, 2, 3 montrent trois étapes successives du chantier. Les échelles et les prises de vue sont différentes sur chaque photo.



Figure 1 – Vue aérienne : les terrils du site de Dourges et la mise en place du chantier de construction (photothèque Razel)



Figure 2 – Vue aérienne : le site en cours de construction des plates-formes (photothèque Razel)

### 3. Fonctionnement de la plate-forme multimodale

La plate-forme s'articule autour de plusieurs zones interconnectées (figure 4) :

- La **zone d'accueil** du terminal (1) assure le contrôle des accès des camions et le traitement des formalités administratives.

- Les **zones de manutention et de stockage** (2) :

- Les **zones de manutention** permettent le chargement ou le déchargement des containers et caisses mobiles des camions au train ou à la barge ; zones équipées de voies ferrées de 750 m pour l'accueil de trains complets (les figures 5 et 6 représentent les équipements sur les voies de desserte ferroviaires et routières) :
  - une cour rail-route, équipée de deux portiques cadres, composée de deux voies ferrées de 750 m, deux voies routières, deux lignes de stock. Elle est destinée au trafic continental ;
  - une cour rail-route, équipée de deux portiques à bec composée de trois voies ferrées de 750 m, trois voies routières, deux lignes de stock. Elle est destinée à un usage mixte continental-maritime ;
  - la **zone fluviale**, équipée d'un portique à bec de grande capacité qui permet un levage, côté quai fluvial, de 10 m, offre sous portique deux voies ferrées de 750 m, deux voies routières, et quatre lignes de stock.

- La **zone de stockage trimodale** sur laquelle sont stockés les containers en attente de chargement. Les containers sont repris au moyen de grues mobiles et chargés sur camions, les barges ou les trains.

- Le **faisceau ferroviaire** (3), directement raccordé aux lignes Paris-Lille et Lens-Ostricourt du réseau ferré national, comprend douze voies et permet aux trains d'accéder et de sortir de la plate-forme tout en assurant une gestion dynamique du chantier.

- Le **centre des services aux transporteurs routiers** (4) (carburant, restauration, hôtellerie) est en cours de construction.



Figure 3 – Vue aérienne : le site en cours de finition des travaux (photothèque Razel)

- La **zone logistique ouest** (5), en bordure d'autoroute A1, proposera à terme 270 000 m<sup>2</sup> d'entrepôts. Une première tranche est en travaux.

- La **zone logistique est** (6), embranchée fer, disposera de 70 000 m<sup>2</sup> d'entrepôts sur 12 ha, à l'est du terri116/117.

Les échanges routiers se font directement à partir de l'autoroute A1, par le biais d'un échangeur uniquement dédié à la plate-forme. Par ailleurs, la création de la Delta<sup>3</sup> a induit le déplacement et le réaménagement sur plus de 4 km, avec création de quatre giratoires et de deux ouvrages d'art, de la route départementale RD 160 reliant Dourges et Oignies.

### 4. Valorisation du schiste houiller par traitement au liant routier

- Préconisation de l'avant-projet

Les solutions suivantes étaient prévues au stade de l'avant-projet des terrassements de la plate-forme multimodale de Dourges, à partir de l'exploitation autorisée sur le terri1 « 116/117 » :

- utilisation de schiste brut en remblai (critère AR1) et en couche de forme ferroviaire ;
- fabrication de formoschiste par criblage, mise en œuvre en couche de forme routière (critère PF2) et sous-couche ferroviaire.

- Conclusions de la campagne géotechnique du marché

Les études de projet préalables au démarrage des travaux ont conduit aux constatations suivantes, établies à partir d'un échantillon représentatif de sondages effectués dans le terri1 :

- une courbe granulométrique 0/150, avec 45 % de passant à 20 mm ;
- une teneur en eau variant entre 5 et 8,5 % ;
- des caractéristiques intrinsèques :
  - coefficient Los Angeles compris entre 38 et 70, avec une moyenne de 55,
  - coefficient micro-Deval compris entre 38 et 63, avec une moyenne de 46,
  - dégradabilité DG supérieure à 20,
  - fragmentabilité inférieure à 7.

Une pétrographie moyenne (figure 7) :



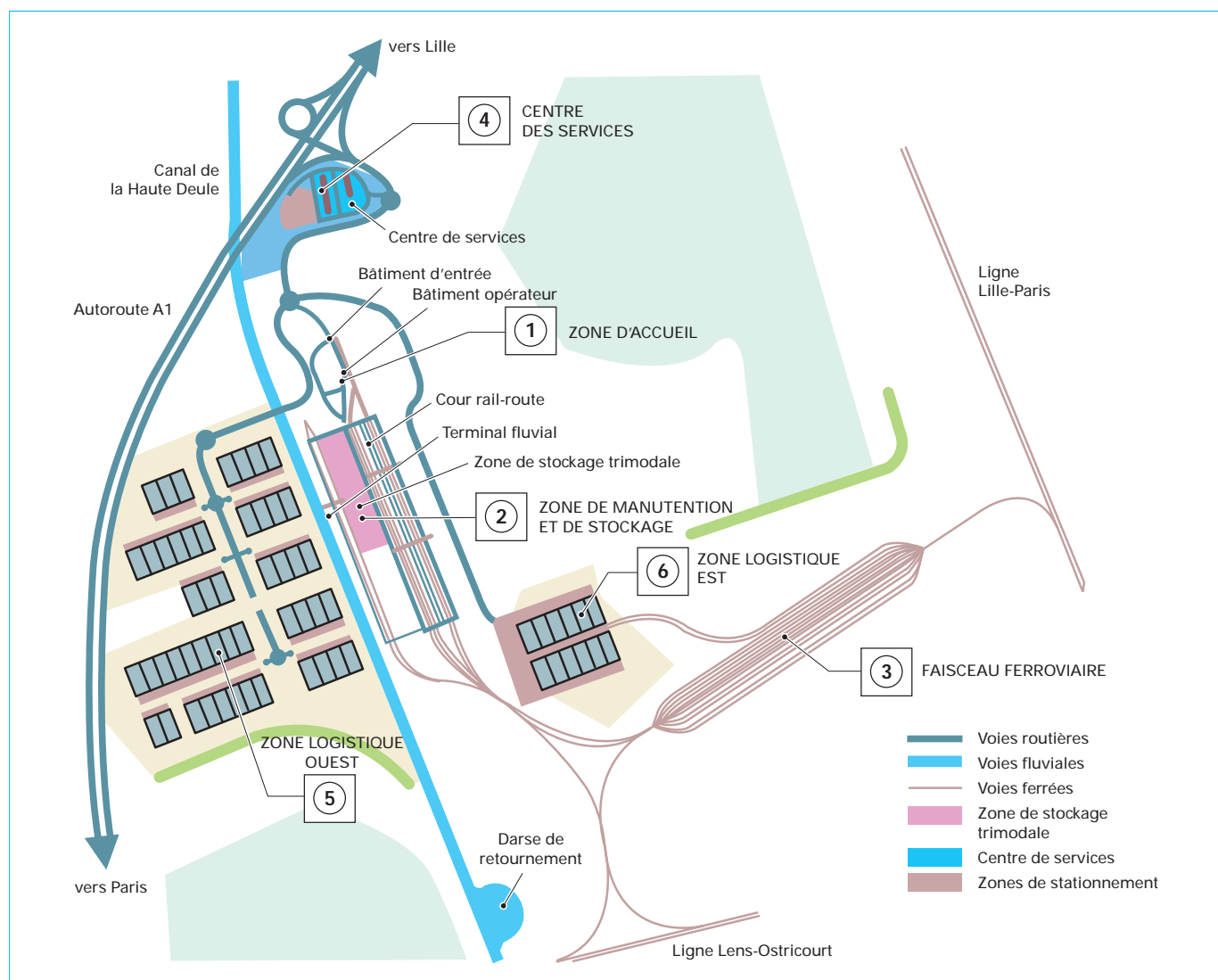


Figure 4 - Plan de la plate-forme multimodale (document Razel)



Figure 5 - Les équipements : les voies de desserte (ferroviaires et routières) et les portiques de manutention en cours d'épreuves (photothèque Razel)

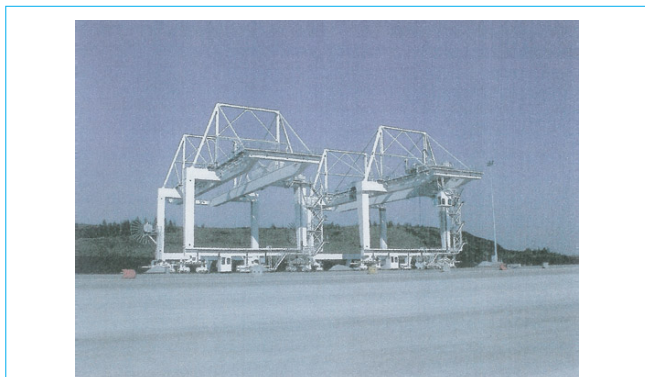


Figure 6 - Les équipements : la plate-forme de stockage et les portiques de manutention (photothèque Razel)

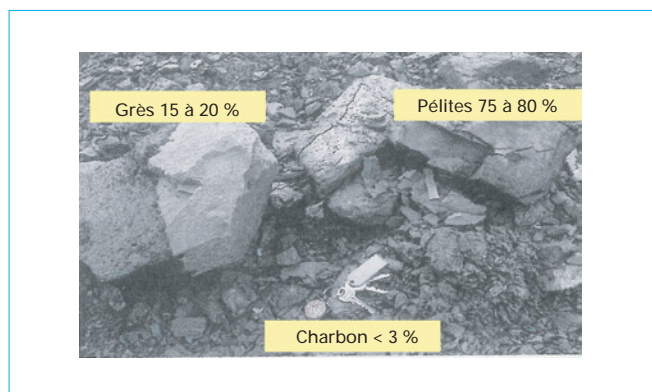


Figure 7 – Matériaux représentatifs des terrils (document Razel)

- taux de pélite (argile compacte) compris entre 75 et 80 % ;
- taux de grès compris entre 15 et 20 % ;
- taux de charbon inférieur à 3 %.

Selon la classification GTR, ce schiste est classé  $F_{32}$ . Les critères d'utilisation qui en découlent les font classer en  $C_2B_3/C_2D_3$ .

Les essais de traitement au ciment à un an mettent en évidence l'absence de gonflement.

L'analyse chimique effectuée sur un nombre important de prélèvements par sondages aléatoires montre un taux de soufre total inférieur à 0,5 %.

#### ■ Conclusion de cette étude

- Les schistes noirs du terril « 116/117 » sont évolutifs, du fait de leur dégradabilité en présence d'eau, et donc doivent être classés  $R_{31}/R_{32}$ .

- Ils ne peuvent être utilisés tels quels en remblai courant en présence d'eau (zones humides, substitution de purges...).

- Leur utilisation en remblai courant doit se faire dans des conditions atmosphériques favorables.

- Leurs caractéristiques intrinsèques ne permettraient d'obtenir un formoschiste qu'après diminution importante du taux de pélites de la fraction 20/160. Pour les volumes importants de couche de forme et de matériaux drainants requis par l'opération Delta<sup>3</sup>, aucune solution économique de ce type n'était envisageable dans les délais de réalisation de la plate-forme.

Ces conclusions, mettant en évidence la médiocre qualité des schistes constitutifs du terril « 116/117 », risquaient de remettre en cause la faisabilité de la plate-forme multimodale de Dourges. En effet, le recours à des matériaux extérieurs (grave en calcaire dur pour les remblais des zones humides, formoschistes pour les couches de forme...) était prohibitif en terme de coût autant qu'en terme de délai. Par ailleurs, les routes environnantes auraient difficilement supporté le charroi de plus de 4 millions de tonnes nécessaires à la construction.

Si des traitements en grande masse n'avaient jusqu'alors jamais été pratiqués, l'aptitude des schistes du terril « 116/117 » au traitement au ciment était reconnue, du fait d'essais effectués par le CETE (Centre d'études techniques de l'équipement) de Lille sur la fraction 0/20, avec un recul d'un an.

Nous avons fait pratiquer plusieurs études de traitement au liant sur les schistes du terril « 116/117 ». Ces études prouvent que les propriétés mécaniques du mélange schiste/liant routier sont bonnes, voire excellentes, et compatibles avec un usage en couche de forme de voirie lourde à très lourde. Le liant routier ROC AS, de la société Holcim, a été choisi pour des critères qualitatifs et économiques.



Figure 8 – Exploitation des terrils à l'aide d'ateliers de pelles hydrauliques et tombereaux et de décapeuses type CAT 631 poussées par des bouteurs type CAT D.10 (photothèque Razel)

Les critères retenus dans le projet final pour la réutilisation de ces schistes sont les suivants :

- utilisation de schiste brut en remblai courant au-delà de 1,50 m de hauteur, dans des conditions atmosphériques favorables (figure 8) ;
- traitement au liant routier à 3 % des schistes pour utilisation en remblai rasant, en substitution de purges et en zones humides ;
- traitement des arases routières et des couches de forme ferroviaires à 3 % de liant routier, permettant l'obtention d'une arase AR2 ;
- traitement des couches de forme routières et des sous-couches ferroviaires du faisceau ferroviaire à 6 % de liant routier, pour obtention d'une plate-forme PF3.

L'obtention de cette classe de plate-forme a permis de redimensionner l'ensemble des voiries lourdes de Delta<sup>3</sup>, et notamment la zone de stockage des containers du chantier multimodal (plus de 10 ha), engendrant ainsi une économie substantielle pour le maître d'ouvrage (cf. coupe type figure 9a).

Par ailleurs, les essais de perméabilité réalisés sur le schiste traité à 6 % de liant routier nous ont permis de satisfaire aux exigences d'étanchéité – anti-pollution accidentelle – de la plate-forme du faisceau ferroviaire. De ce fait, la fourniture et la pose d'une bâche d'étanchéité sur les 10 ha de la plate-forme ferroviaire ont pu être évitées (cf. coupe type figure 9b).

## 5. Technique de traitement du schiste houiller au liant routier

Les résultats obtenus sur les premières planches d'essai, réalisées par traitement au pulvimixeur, ont rapidement confirmé les études en laboratoire. Par conséquent, le recours à un traitement en centrale fixe, d'abord envisagé, a été abandonné au profit d'ateliers mobiles.

#### ■ Organisation des ateliers

Selon les usages, le traitement des schistes était réalisé :

- soit au déblai (transport des matériaux traités) ;
- soit au remblai (transport des matériaux bruts).

Pour la couche de forme de la plate-forme multimodale traitée au déblai à 6 %, l'atelier de traitement était organisé ainsi, par passe d'épaisseur 40 cm :

- passage d'un scarificateur, afin de décompacter le sol et de déceler d'éventuels déchets d'exploitation minière (boisement, ferrailles, bandes transporteuses...) ;

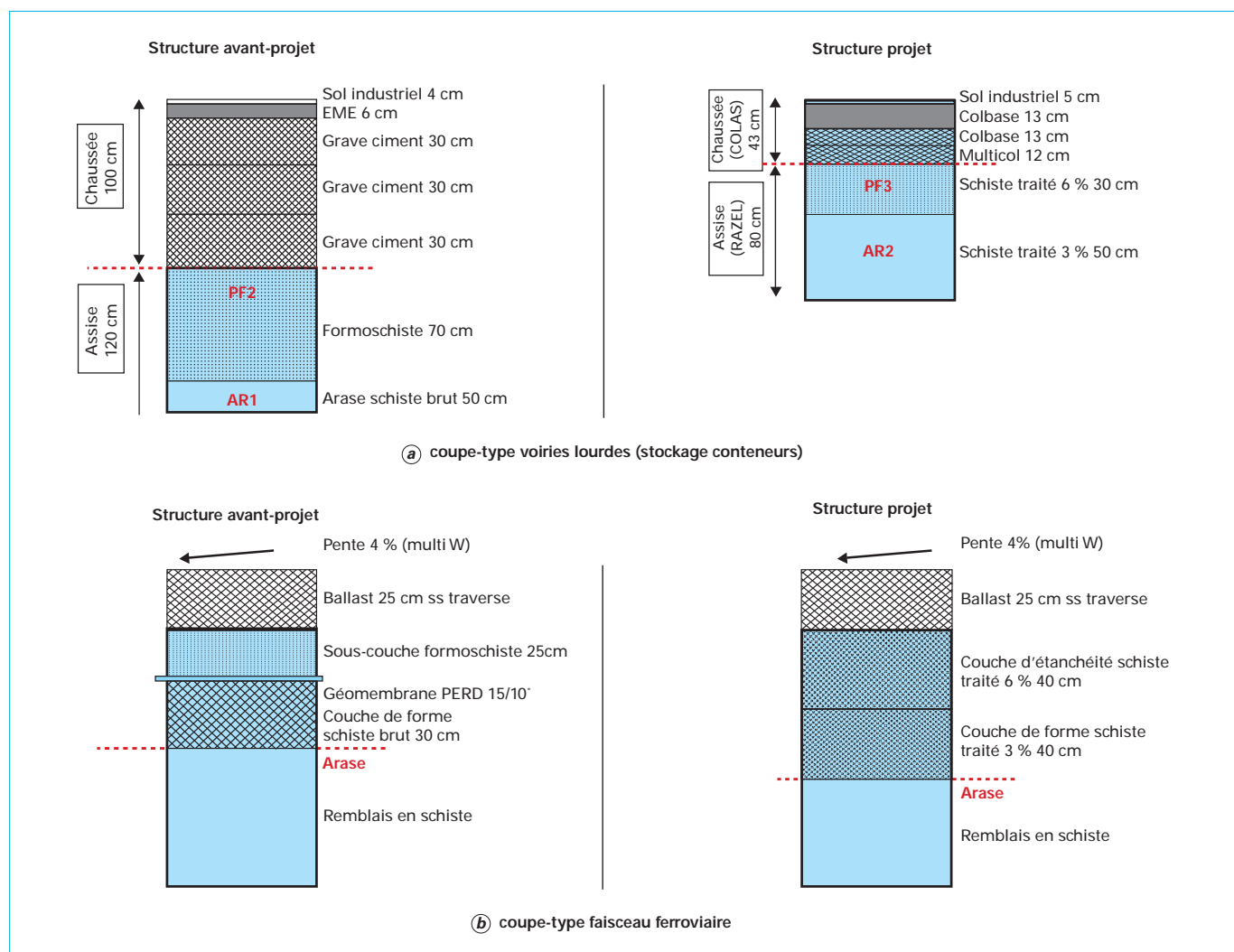


Figure 9 – Coupes types des infrastructures des plates-formes (document Razel)

- passage d'un broyeur de pierres monté sur tracteur 250 CV, afin de calibrer les plus gros blocs de schiste à 60 mm (figure 10) ;
- ajustement de la teneur en eau par le biais d'arroseuses à socs enfouisseurs (figure 11) ;
- épandage du liant par épandeuse type Panien 18 m<sup>3</sup> (figure 12) ;
- malaxage du mélange à l'aide de pulvimixeur type Wirtgen WR2500 de 610 CV (figure 13) ;
- gerbage du mélange au bouteur, chargement à la pelle, transport aux tombereaux articulés ;
- régalaie et préregalaie à l'aide d'un bouteur type CAT D6R asservi GPS ;
- compactage et ajustement de la teneur en eau de surface ;
- régalaie à la niveleuse type CAT 14H asservie DPS (figure 14) ;
- compactage final ;
- réalisation d'un enduit de protection gravillonné.

#### ■ Contrôle qualité

En plus des classiques opérations de suivi de dosage en liant, teneur en eau et compacité, un suivi journalier de la teneur en

soufre total était assuré par le laboratoire de chantier, pendant la réalisation des assises de chaussées, par analyse colorimétrique. Un prélèvement conservatoire de chaque jour de production a également été effectué.

Le contrôle géométrique était assuré au fur et à mesure de la réalisation des plates-formes, par mesure GPS.

#### ■ Performances obtenues

Portance (module EV2) :	supérieure à 250 MPa
Déflexion sur couche de forme :	inférieure à 15/100 mm
Résistance à la traction à 90 j/module $E$ : $R_T = 0,4$ pour $E = 4\ 800$	
Résistance à la compression à 7 j :	supérieure à 1 MPa
Tolérance altimétrique :	$\pm 3$ cm

■ À noter qu'en fin de travaux et d'utilisation des schistes houillers, il a été procédé au réaménagement paysager du terril et à la constitution d'impluviums à sa partie supérieure afin de recueillir les eaux de ruissellement (figure 15).





Figure 10 – Concassage *in situ* avec un broyeur sur tracteur (« casse-cailloux ») (photothèque Razel)



Figure 13 – Malaxage du mélange matériau-liant à l'aide d'un pulvimixeur type Wirtgen (photothèque Razel)



Figure 11 – Ajout d'eau avec une arroseuse à socs enfouisseurs (photothèque Razel)



Figure 14 – Régalage avec matériels asservis (photothèque Razel)



Figure 12 – Épandage du liant avec une épandeuse type Panien (photothèque Razel)



Figure 15 – Aménagement en partie supérieure des terrils (photothèque Razel)