

Routes

Ciments • Liants hydrauliques routiers • Bétons
Travaux et équipements routiers - Terrassements - Aménagements urbains - Aéroports



DOCUMENTATION TECHNIQUE

Le béton dans
les tranchées couvertes

LE POINT SUR

Pistes cyclables : le béton,
une solution qualitative
et durable

CHANTIER

Tourettes : bétons balayé
et désactivé haut de gamme

Sommaire

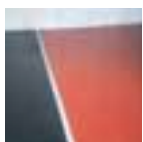
2 EDITORIAL

3-5 LE POINT SUR



Pistes cyclables : le béton, une solution qualitative et durable

6 SCIENCES ET TECHNIQUES



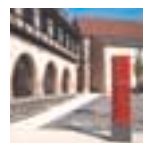
La minéralisation des sols en béton

7-14 DOCUMENTATION TECHNIQUE



Le béton dans les tranchées couvertes

15 REFERENCE



Obernai (Bas-Rhin)
Aménagement de la cour Athic

16-17 CHANTIER



Parc du Mercantour
Une piste durable et respectueuse de l'environnement

18-19 CHANTIER



Tourrettes (Var)
Bétons balayé et désactivé haut de gamme

20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : le domaine de Terre Blanche à Tourrettes (Var), complexe hôtelier de luxe qui fait appel au béton désactivé.

Editorial

Découvrez les deux nouveaux documents sur le BCMC édités par Cimbéton

La Communauté Urbaine de Strasbourg a fait récemment appel à la technique du Béton de Ciment Mince Collé "BCMC" pour l'aménagement d'un carrefour urbain fortement circulé. Ce chantier porte à quarante le nombre de références réalisées en France depuis l'introduction de cette technique en 1997.

C'est un réel succès et nous nous en réjouissons. Mais le chemin reste encore long pour convaincre les décideurs et asseoir définitivement cette technique. Maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre ont, à juste titre, besoin d'avoir suffisamment de recul et de garanties pour utiliser une technique innovante.

Un bilan des chantiers réalisés s'imposait donc et Cimbéton s'est attelé à cette tâche courant 2003. Nous sommes, aujourd'hui, en mesure de codifier la technique du BCMC avec ses domaines privilégiés d'application, ses règles de l'art, ses dispositions constructives et son dimensionnement.

Tous ces éléments vont nous permettre prochainement de mettre à jour et de rééditer la plaquette "Une solution

durable contre l'orniérage - Le Béton de Ciment Mince Collé - BCMC" (T60).

Parallèlement, pour permettre à chacun d'apprécier l'état et le comportement des différents chantiers réalisés, Cimbéton vient d'éditer un recueil des références (T61) où chacune est présentée sous forme de fiche synthétique, reprenant les principaux éléments techniques relatifs à la conception, au dimensionnement de la structure, à la formulation du béton ainsi que ses caractéristiques et aux différentes phases de mise en œuvre. Le recueil regroupe ces fiches de références par familles homogènes d'application :

- Les aires de stationnement aéroportuaires,
- Les aires industrielles,
- Les aires de repos de poids lourds,
- Les arrêts et dépôts de bus,
- Les aires de péage,
- Les carrefours giratoires,
- Les aménagements urbains,
- Les voies lentes d'autoroutes.

Nous espérons que ces deux documents répondront aux besoins des décideurs et contribueront au développement de cette technique.

Joseph ABDO

CIM *béton*

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense
92974 Paris-la-Défense cedex

Tél. : 01 55 23 01 00
Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cimbeton.net
Site Internet : www.infociments.fr

Pour tous renseignements concernant les articles de la revue, contacter Cimbéton.

Directeur de la publication : Anne Bernard-Gély
Directeur de la rédaction, coordinateur des reportages et rédacteur de la rubrique *Sciences et techniques* : Joseph Abdo - Reportages, rédaction et photos : Ludovic Casabiel, Romualda Holak, Jacques Mandorla, Gilles Nilsen - Documentation technique : Patrick Guiraud - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : mandorla@club-internet.fr - Conception maquette : Dorothee Picard - Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2004 - ISSN 1161 - 2053 1994

La piste cyclable offre des avantages techniques, économiques et esthétiques.



Pistes cyclables : le béton, solution qualitative et durable

Appréciée des concepteurs pour son aptitude à se fondre dans le paysage et à se différencier du réseau routier en agglomération, la technique béton séduit également les exploitants pour sa durabilité et l'absence d'entretien spécifique. Regard sur quelques références dignes d'intérêt.

La petite reine a le vent en poupe. Fort de 20 millions d'utilisateurs occasionnels, cet objet de loisir au service de la redécouverte des espaces naturels voit sa popularité augmenter depuis l'été 2003, comme en témoignent l'inversion puis la hausse des statistiques de vente des bicyclettes, et notamment du Vélo Tout Chemin, plus polyvalent que son aîné le VTT (Vélo Tout Terrain). En zone périurbaine et rurale, nombreuses sont les collectivités qui projettent et réalisent des itinéraires cyclables, fortes de l'expérience acquise dans le cadre de regroupements comme l'Association des Départements Cyclables (ADC). Au niveau national, l'usage de la bicyclette avait été relancé en 1994 par les ministres de l'Équipement et

de l'Environnement, notamment à travers la promotion du concept de Véloroutes et Voies Vertes (VVV), qui a débouché en 1998 sur la validation du schéma national des véloroutes. Ce dispositif s'intègre lui-même au niveau européen (schéma "Eurovélo") : ainsi, il sera possible de rallier Budapest à partir de Nantes, grâce à 2400 km d'itinéraires longeant la Loire, le Rhin et le Danube !

Ce mouvement de fond ne doit cependant pas masquer un paradoxe : le vélo peine à être considéré comme un mode de transport alternatif dans les villes, en tout cas en France (moins de 5 % des déplacements urbains). Les raisons ? Une offre d'équipements et d'infrastructures encore insuffisante ou inadaptée (réseau limité ou



Piste cyclable : confort, plaisir et sécurité.

discontinu, places de stationnement mal protégées contre le vol), tout comme l'intermodalité avec les transports en commun, encore mal organisée. Et ce malgré des PDU (Plan de Déplacements Urbains) prenant en compte la nécessité de rompre avec le tout automobile.

■ Mettre en valeur le patrimoine

Certaines agglomérations se démarquent toutefois grâce à une volonté politique affirmée. Comme Strasbourg, où un itinéraire d'une cinquantaine de kilomètres se met progressivement en place en périphérie de la ville, afin de mettre en valeur les particularismes de la région. *"Ce projet, implanté sur l'emprise d'anciennes fortifications militaires, est appelé à se ramifier petit à petit grâce à l'utilisation de chemins ruraux et de sentiers qui longent les petits canaux de la Marne au Rhin*, explique Colette Heckly, ingénieur territorial au Service Projets Espaces Publics Communes à la communauté urbaine de Strasbourg. *L'idée est de rendre le parcours attractif en l'organisant autour des sites remarquables sur le plan patrimonial"*.

Antoine Héry, chargé de la mise en œuvre du schéma départemental cyclable au sein du Conseil Général du Loir-et-Cher, confirme ce point de vue : *"Un itinéraire cyclable nécessite qu'il y ait quelque chose à voir ou à faire"*. Découvrir un panorama ou visiter un monument par exemple.



Sur l'île de Ré, la piste cyclable de 8 km s'intègre bien au cadre sauvage.

Si les chemins de halage accueillent souvent des itinéraires, la conversion d'anciennes voies ferrées est plus problématique. *"Certains terrains peuvent avoir été rétrocédés, ce qui compromet le projet, l'itinéraire étant interrompu*, poursuit Antoine Héry. *Un autre problème est la monotonie des paysages traversés"*.

■ De nombreux paramètres

Bien d'autres facteurs déterminent la réussite d'un projet, à commencer par la qualité des aménagements connexes (zones pique-nique, toilettes, commerces, relais dans le cadre de tourisme itinérant...).

La sécurité est également un élément très important, notamment pour un public familial en quête de détente, en particulier pour prévenir les risques liés aux conflits d'usages (coexistence de cyclistes, piétons, rollers, patinettes, personnes en chaise roulante, deux roues motorisés, engins agricoles...).

Ce volet suppose également une réflexion autour de la signalétique (comment annoncer un carrefour avec une route), mais aussi de certains dispositifs de contrôle d'accès. Comme sur l'île de Ré, qui totalise une centaine de kilomètres d'itinéraires cyclables, où des bornes ont été installées pour interdire l'accès aux automobiles en quête de chemins annexes.

Il faut dire que le caractère accidentogène est aggravé par des vitesses parfois excessives et par un important trafic (jusqu'à 5000 vélos par jour). *"Cette affluence impose de respecter une largeur minimale de 3 mètres pour les pistes bidirectionnelles"* précise Geneviève Palvadeau.

■ Le béton au cœur des préoccupations

Un autre point à considérer lors de la conception est la nature du revêtement. Si l'enrobé est apprécié pour son confort, des exigences d'intégration à l'environnement ou de différenciation du réseau routier plaident pour des matériaux clairs. *"La solution du stabilisé n'est pas idéale, car le matériau s'ornièrè et exige un entretien régulier"* explique l'architecte-paysagiste François Tribel, concepteur d'un important aménagement à Couëron en Loire-Atlantique (voir Routes n°83). Quant à l'enrobé clair, il reste handicapé par un important surcoût.



Piste cyclable assurant la sécurité des cyclistes le long d'une route existante.

Dans ce contexte, la solution du béton répond aux exigences des donneurs d'ordres. Exemple à Favières, ainsi qu'à Quend-Plage-Les-Pins, dans la baie de Somme près du Crotoy. Ces deux ouvrages, réalisés en 2001 et 2002, s'inscrivent dans un itinéraire de 70 km en Picardie reliant l'Authie à Mers-les-Bains. *"Le béton a été choisi pour ses qualités multiples : résistant aux charges et durable dans le temps, recyclable et neutre en comparaison avec les produits bitumineux, disponible localement et présentant des coûts d'entretien réduits"* explique le Conseil Général de la Somme dans la présentation qu'il en fait.

■ Un matériau tout terrain

Un point de vue que corrobore Anne-Laure Morit, chargée de mission de la politique cyclable du Conseil Général d'Indre-et-Loire, qui a réalisé durant l'été 2003 une piste de 6,5 km entre Villandry et Joué-les-Tours sur les bords du Cher, dans le cadre du projet "La Loire à vélo". *"L'entretien de la structure béton, un matériau insensible au gel, est quasi-nul sur la période de service, mais cette solution est surtout en mesure de supporter les inondations qui ont lieu régulièrement chaque année"*. Un argument qui a aussi été retenu pour l'aménagement des berges du Rhône (voir Routes n°61). *"La simplicité et la rapidité de la mise en œuvre, menée à la machine à coffrage glissant, a également compté dans le processus de décision*, reprend Anne-Laure Morit. *Enfin le matériau permet d'obtenir des textures et des teintes variées"*.

Sur le plan strictement esthétique, on citera l'exemple d'un béton désactivé coloré en jaune, choisi pour une piste cyclable de 980 m² réalisée à Niederbronn-les-Bains



La piste de 6,5 km sur les bords du Cher, dans le cadre du projet "La Loire à vélo".

dans le Bas-Rhin. À Bordeaux, la tonalité retenue pour la promenade des berges est l'ocre brun, "inspirée de la Garonne limonaise toute proche et du calcaire jaune du mur de pierre" qui borde le site. Une surface à la fois "lisse et confortable pour les cyclistes, mais légèrement grenue et donc moins glissante pour les promeneurs".

■ Le béton : économique et multifonctionnel

Esthétique, confortable et résistant, le béton sait aussi se positionner de façon compétitive, dès lors que l'on prend en compte différentes données. L'absence d'entretien milite pour une approche en coût global, qui relativise le surcoût immédiat face aux solutions hydrocarbonées classiques. Ensuite, le caractère monolithique du matériau lui confère d'autres avantages. "Le béton ne s'effrite pas en rive, ce qui permet de faire l'économie des bordures" explique François Tribel.

Jean Lemoine, architecte-urbaniste, associé du bureau Architecture Urbanisme Patrimoine à Nantes, va dans ce sens quand il évoque l'intérêt présenté par deux pistes unidirectionnelles : "Les deux pistes en béton stabilisent de part et d'autre la voie en enrobé en assurant la fonction de bordure, ce qui permet de faire d'une pierre deux coups. De plus le contraste des matériaux est intéressant, de même que celui du béton balayé avec le gazon".

Le caractère multifonctionnel du béton s'exprime également dans le domaine de la gestion des eaux de ruissellement et du respect de la loi sur l'eau. Exemple à Neuville-Chant-d'Oisel (Seine-Maritime), où

une chaussée-réservoir en béton poreux assure en une seule opération la structure, la couche de roulement (traitée par désactivation) mais aussi la captation des eaux de pluies et leur écoulement direct dans le sol sous-jacent (voir Routes n°77). Cette solution, qui lutte contre l'imperméabilisation des sols, n'est qu'une des composantes du béton en faveur d'un développement durable dont se réclament les collectivités et que revendiquent les acteurs de la société civile. De nombreuses références montrent que les bétons et les liants hydrauliques peuvent accompagner le développement des modes de transports alternatifs : la bicyclette, propre, silencieuse et très économique, en fait partie. ●



La Neuville-Chant-d'Oisel (76) : une voie mixte pour piétons et cyclistes.

■ UN PANEL DE SOLUTIONS ADAPTÉES

L'intérêt du béton est de pouvoir réaliser, en une opération, une assise et une couche de roulement résistant à de nombreuses sollicitations (trafic occasionnel de poids lourds ou engins agricoles, racines des arbres, gel, inondations...). La dalle peut être balayée longitudinalement ou transversalement, comme cela a été fait sur les bords du Cher par l'entreprise LBG (groupe Sfracco) et sur l'île de Ré, ou recevoir un traitement de surface révélant les granulats (désactivation, grenailage, bouchardage, sablage...). Parfois, le concepteur aura recours au béton armé continu, une technique choisie en Savoie (voir Routes n°69) et pour une section de la piste des Forts à Strasbourg (voir Routes n°82).

"Le BAC permet d'obtenir une surface exempte de joints de retrait et de garantir l'absence de battements de dalles sur le long terme en cas d'instabilité du terrain" souligne Serge Andonian, directeur du laboratoire de la communauté urbaine de Strasbourg, évoquant un risque de gonflement du sol en cas de gel.

La solution des pavés et dalles en béton est aussi une option intéressante, en particulier pour affirmer le caractère urbain d'un site, et parfois pour des raisons techniques. "Cette solution a été employée pour éviter les désordres en suivant les mouvements de terrain sur des zones très souples" souligne Geneviève Palvadeau.

Enfin, la solution du traitement de sol en place au ciment constitue une alternative simple, économique et parfaitement en phase avec le développement durable, car elle n'exige pas ou peu d'apport de matériaux. L'assise traitée est homogène, résistante et d'une réelle stabilité, sans concession sur la qualité de l'uni. De plus, l'aspect très naturel est un atout lors de contraintes d'intégration à l'environnement.

(voir, dans ce même numéro, l'article sur le Parc du Mercantour).

La minéralisation des sols en béton

La technique de minéralisation des sols en béton (parkings, entrepôts, locaux industriels, lofts...) permet de répondre à de nombreuses problématiques, notamment au farinage qui peut apparaître sur une dalle de béton qui n'a pas été protégée par un produit de cure.

La société Novopark a mis au point deux produits alcalins qui pénètrent tous deux dans la porosité du béton et minéralisent le support : l'un est incolore (Mineroc) et l'autre en couleur (Silroc).

■ Mineroc : pour les supports très farineux

Mineroc est une solution aqueuse qui, pénétrant dans les matériaux poreux (béton, pierres, enduits hydrauliques,...) par capillarité, provoque une imperméabilisation par minéralisation de ces supports. Sa fonction principale est de transformer, par réaction chimique, les ions de calcium du ciment (car la chaux libre est sensible à l'eau) en silicate de calcium (le rendant résistant et imputrescible comme le verre). Ce produit est utilisé principalement sur les supports très farineux : il renforce la résistance mécanique du béton (en bloquant le farinage), il permet de l'imperméabiliser (protection contre l'imprégnation des huiles et de l'eau en pression et en contre-pression) et il assure une résistance aux acides dilués et au chlorure de sodium des sels de déverglaçage.

■ RÉFÉRENCES

Lyon-Vaise : parkings des Docks Lyonnais (8 800 m² traités en Mineroc).

Paris : places de parkings de la régie Caumartin traités en Silroc.

Cassis : parkings anciens traités en Silroc.

Lyon : essais, pour la société EM2C, de Silroc en noir, gris, rouge, jaune sur places de parking neuves, sans produit de cure.

NOVOPARK

557 avenue Pierre Auguste Roiret,
ZA Les Tourrais, 69290 Craponne.
Tél : 04 78 57 35 58 - Fax : 04 78 57 31 87
E-Mail : novopark@online.fr



Sol de parking après minéralisation couleur.



Sol de parking avant minéralisation.

Les pneus et le phénomène de glisse, empêche la migration des produits gras, des hydrocarbures et de l'eau.

À noter que Silroc ne s'altère pas et se conserve à l'abri du gel.

À noter qu'après réalisation, le revêtement traité au Mineroc devient un anti-poussière définitif.

■ Silroc : une action oléofuge et hydrofuge

C'est un liquide incolore qui, par les pigments de couleur qu'il contient, permet de se substituer à une résine traditionnelle.

Ce produit réagit principalement avec l'humidité et le gaz carbonique. Il est utilisé sur des supports peu farineux et a surtout une action oléofuge et hydrofuge.

Il résiste à l'abrasion, évite de réaliser un grenailage le jour où il faut remettre du produit (car sol est minéralisé et non filmogène), empêche le cloquage et le farinage dans le temps, évite le crissement des

■ Conseils de mise en œuvre

Avant toute application de Mineroc, il est nécessaire de s'assurer qu'il n'y a aucun dépôt incrustant ou filmant, qu'il soit organique (hydrofuge, peinture) ou végétal (mousses, champignons,...) sur les surfaces anciennes, ou bien artificiel (produits de décoffrage, produits de cure...) sur les surfaces neuves.

Avant toute application de Silroc, il faut procéder à un nettoyage soigné en insistant sur l'élimination des salissures, des huiles, des taches et des efflorescences éventuelles. L'intervention se fait sans utiliser de produits de cure. Ces deux produits sont non solvantés et répondent, de ce fait, aux normes européennes en vigueur.

Ces traitements ne modifient pas l'aspect initial du béton. ●

Le béton dans les tranchées couvertes

La technique des tranchées couvertes consiste à réaliser une tranchée dans le sol, à exécuter l'ouvrage à ciel ouvert, puis à le recouvrir en général par un remblai. Elle s'applique pour tous types d'ouvrages routiers, autoroutiers et ferroviaires.



© Architecte : Philippe Fraileu

Tranchée couverte de la RN 12 à Pontchartrain (78).

Cette technique est employée chaque fois que le profil en long d'un passage souterrain ou d'un tunnel présente une faible couverture (20 à 30 mètres au maximum) à condition que la surface au sol soit libre de toute construction.

Les différentes techniques de réalisation sont fonction du mode de maintien en place des versants de la fouille et de la présence éventuelle de la nappe phréatique.

Plusieurs techniques de réalisation de soutènement permettent d'éviter la réalisation des terrassements dans l'eau. Certaines parois de soutènement peuvent constituer les piédroits de l'ouvrage définitif. La couverture de la tranchée permet de rétablir, si nécessaire, la circulation en surface ou d'aménager

des parkings ou des espaces verts ou éventuellement des constructions.

La plupart des techniques utilisées pour la réalisation des tranchées couvertes nécessitent l'utilisation de matériaux à base de ciment, en particulier sous forme de coulis ou de béton. Ces matériaux servent à la réalisation des soutènements des tranchées et constituent le revêtement définitif des tranchées couvertes.

Celles-ci sont essentiellement réalisées dans des zones fortement urbanisées ou en rase campagne, dans un environnement sensible ou d'intérêt touristique. Elles permettent de limiter les nuisances sonores induites par la circulation auprès des riverains.

■ Les différents types de structures

Les tranchées couvertes peuvent être réalisées selon différents types de structures dont le choix va dépendre de nombreux paramètres : caractéristiques géométriques, contraintes d'exécution et d'exploitation de l'ouvrage, contraintes environnementales, soucis d'intégration architecturale, caractéristiques hydrogéologiques et géotechniques du site...

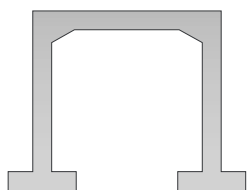
Les principaux profils réalisés sont :

- les portiques ouverts, simples ou doubles
- les cadres fermés
- les portiques et les cadres avec piédroits en parois moulées
- les ouvrages voûtes, simples ou doubles

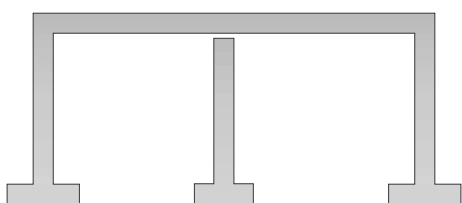
● Les portiques ouverts, simples ou doubles

Les portiques ouverts simples (PIPO) sont constitués d'une dalle supérieure en béton (épaisseur 50 à 80 cm) encastrée sur des piédroits verticaux fondés superficiellement. Les portiques ouverts double comportent un appui intermédiaire.

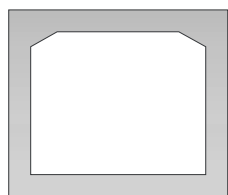
Ce type de structure est possible lorsque les sols présentent des caractéristiques géométriques permettant de fonder superficiellement l'ouvrage et, en général, s'il n'y a pas de nappe phréatique ou si le niveau de celle-ci ne dépasse pas le niveau de la chaussée. Il peut aussi être utilisé en présence d'une nappe phréatique, en réalisant préalablement une boîte étanche, constituée de parois étanches ancrées dans un substratum imperméable.



Portique simple



Portique double



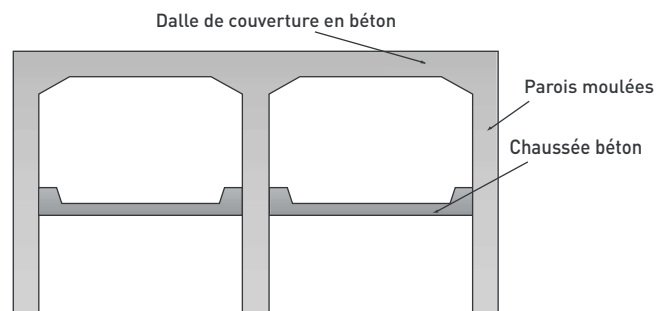
Cadre fermé

● Les cadres fermés

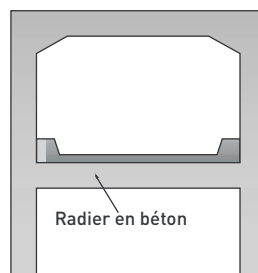
Les cadres fermés (PICF) sont constitués d'une dalle de couverture et d'un radier encastré sur deux piédroits. Ce type de structure est bien adapté en cas de présence de nappe phréatique.

● Les portiques et les cadres avec piédroits en parois moulées

Les piédroits de la structure peuvent être constitués de parois moulées ou de parois préfabriquées en béton, auxquelles sont associés soit uniquement une dalle de couverture pour constituer un portique, soit aussi un radier pour constituer un cadre fermé. Les parois assurent le soutènement de la tranchée en phase de travaux, puis sont intégrées à la structure définitive, en



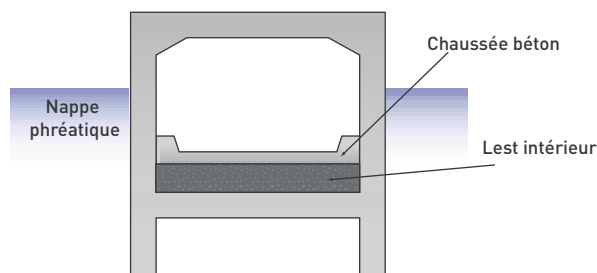
Portique double avec piédroits en parois moulées, dalle de couverture encastrée sur piédroits



Cadre avec piédroits en parois moulées, dalle de couverture et radier encastrés sur piédroits

général par encastrement avec la dalle de couverture.

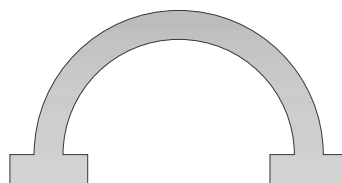
Dans le cas d'ouvrages construits dans la nappe phréatique, il est nécessaire de réaliser un radier qui sert de lest à l'ouvrage, résiste aux sous-pressions de la nappe et assure l'étanchéité. Le radier est, dans ce cas, encastré dans les piédroits. Selon l'importance des pressions d'eau, il peut être nécessaire de lester le radier par un lest intérieur ou de l'ancrer par des tirants dans le sol sous-jacent.



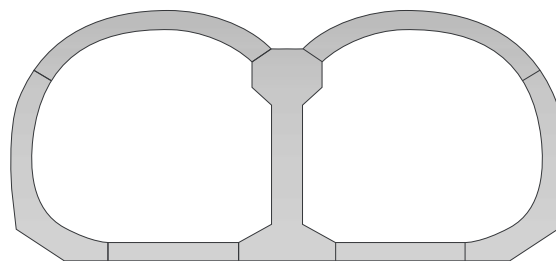
Cadre avec lest intérieur

● Les ouvrages voûtes, simples ou doubles

Les ouvrages voûtes sont constitués d'une couverture circulaire qui est encastrée ou articulée sur des piédroits. Ils sont réalisés soit en béton coulé en place, soit à partir de voussoirs préfabriqués en béton armé (les



Ouvrage voûte simple



Ouvrage voûte double en éléments préfabriqués en béton

divers éléments constituant la voûte sont, en général, autoportants et le montage ne nécessite aucun étaie- ment).

Ces ouvrages sont en général réalisés sur des fondations superficielles en béton coulé en place. Ils sont particulièrement adaptés pour supporter des hauteurs de remblais importantes. Ils peuvent être simples ou doubles.

■ Les principales techniques de réalisation

Le choix de la technique de réalisation de la structure dépend de nombreux paramètres dont, en particulier, l'emprise disponible pour réaliser l'ouvrage et les caractéristiques hydrogéologiques du site (présence éventuelle de la nappe phréatique) et du mode de maintien en place des terrassements.

● Tranchée en fouille talutée

Dans le cas d'un sol présentant de bonnes caractéristiques géologiques, en l'absence de nappe phréatique et sous réserve d'avoir l'emprise disponible nécessaire, la tranchée sera réalisée simplement par talutage et l'ouvrage sera réalisé à sec. La tranchée sera ensuite remblayée.

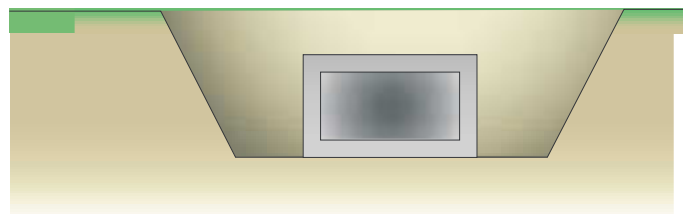
Cette technique est réservée aux ouvrages situés à faible profondeur, compte tenu de la large emprise des talus et des importants volumes de terrassements nécessaires.

Il est possible de travailler aussi à l'abri de la nappe en procédant, pendant toute la phase de travaux, à un rabattement de la nappe phréatique.

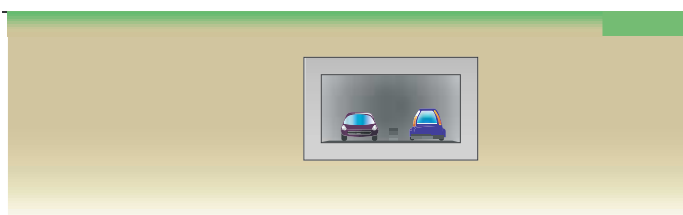
Les remblais contigus à l'ouvrage sont réalisés avec des techniques classiques de terrassement par couches élémentaires



Terrassement de la tranchée en fouille talutée



Réalisation de l'ouvrage dans la fouille



Tranchée couverte terminée



Coffrage et ferrailage de la tranchée dans une fouille talutée.

de l'ordre de 25 cm d'épaisseur. Le compactage est assuré par des compacteurs classiques jusqu'à environ un mètre des parements, puis à l'aide de compacteurs légers le long de l'ouvrage.

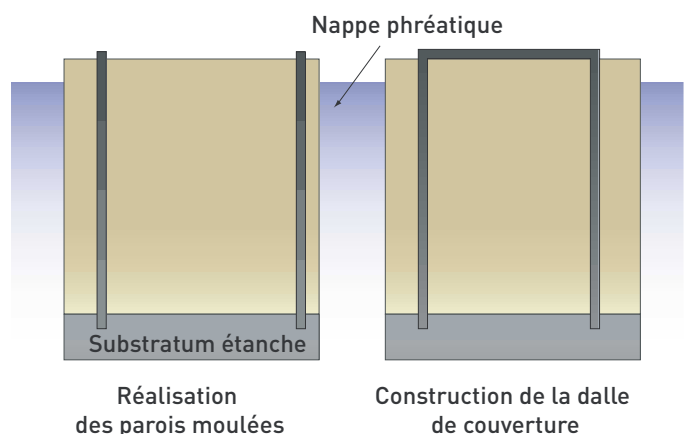
● Tranchée avec soutènement

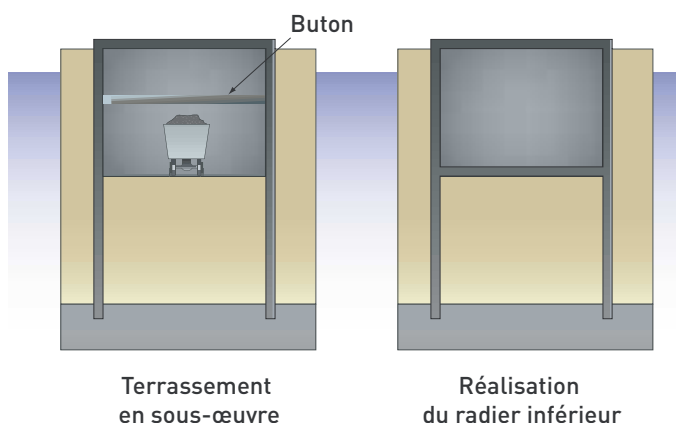
En cas de présence de la nappe, l'enceinte peut être protégée des venues d'eau soit à titre provisoire pendant les travaux, soit à titre définitif par diverses techniques de soutènement.

Très souvent, l'emprise restreinte disponible pour l'ouvrage impose la réalisation de soutènements verticaux dans des terrains de faibles caractéristiques géologiques.

Deux méthodes peuvent être utilisées pour réaliser le terrassement de la tranchée :

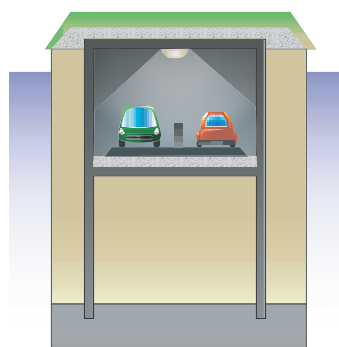
- soit à ciel ouvert, en déblayant l'emprise nécessaire entre les soutènements préalablement réalisés.
- soit en sous-œuvre (terrassement sous dalle ou en "taupe") après avoir réalisé les pénétrations et la dalle de couverture, et en excavant ensuite les sols situés à l'intérieur des parois, à l'abri de cette dalle. Cette technique est, en particulier, employée lorsque les pénétrations sont réalisées à l'aide de parois moulées. Elle permet de limiter l'impact du chantier en surface (mis à part la fenêtre d'accès, par laquelle sont évacués les déblais). Le radier en béton est coulé en fond de fouille, une fois le terrassement terminé. Cette technique est particulièrement intéressante en site





Terrassement en sous-œuvre

Réalisation du radier inférieur



Aménagement intérieur et extérieur

Réalisation d'une tranchée couverte en sous-œuvre avec pirois en parois moulées.



Ouvrage cadre mis en œuvre par "autoripage".



Ouvrage cadre mis en œuvre par "autoripage".

urbain. Elle permet de rétablir rapidement les aménagements de surface et de réduire l'impact environnemental du chantier.

● Ouvrages mis en œuvre par "autoripage" ou par "autofonçage"

Ces dernières années a été développée une technique particulière de réalisation de tranchées couvertes (méthodes brevetées). Elle consiste à construire préalablement un ouvrage cadre, à proximité de son emplacement définitif et à le mettre en place par "autoripage" ou par "autofonçage".

L'ouvrage destiné à permettre le franchissement d'une voie routière ou ferroviaire est réalisé sur une aire de travaux adjacente. Une fois la brèche excavée, il est déplacé par une technique de poussage hydraulique (le glissement de l'ouvrage est facilité par injection d'un coulis lubrifiant sous le radier du cadre. Le poussage, ou le tirage, est assuré par des systèmes de câbles et de vérins. Le positionnement de l'ouvrage est contrôlé par un guidage laser).

Cette technique de déplacement nécessite seulement quelques jours (parfois 24 heures), ce qui minimise les perturbations des trafics.

Dès que l'ouvrage est en position définitive, la brèche est remblayée et la continuité routière ou ferroviaire rétablie.

■ Les techniques de soutènement de la tranchée

Dans la grande majorité des cas, il est nécessaire de réaliser des ouvrages de soutènements verticaux de la tranchée. Il existe plusieurs techniques de soutènement dont les principales font appel aux solutions à base de béton :

- parois moulées
- écrans étanches
- parois berlinoises

- parois clouées
- parois en panneaux préfabriqués

Ces techniques permettent de réaliser soit des soutènements provisoires des fouilles, soit des soutènements permanents. Le choix de la technique d'exécution, de l'épaisseur de la paroi et des caractéristiques du matériau constituant la paroi, est fonction :

- de la nature du sol
- de la profondeur à atteindre
- de la présence de matériaux agressifs dans le sol
- du degré d'étanchéité à obtenir
- des délais d'exécution
- de la capacité de la paroi à maîtriser les déformations du terrain.

● Les parois moulées

Les parois moulées sont des ouvrages de fondations en béton armé, utilisées à titre de structure définitive. Ancrées dans une couche étanche, elles permettent d'excaver en toute sécurité sous la nappe phréatique.

Elles sont adaptées pour la réalisation des tranchées couvertes dans le cas d'emprise réduite, en particulier en milieu urbain, et elles assurent simultanément les fonctions de soutènement, portance et étanchéité. Selon les caractéristiques mécaniques du terrain en place et les caractéristiques géométriques de l'ouvrage, les parois moulées peuvent être, si nécessaire, butonnées ou ancrées.

La technique de réalisation de la paroi moulée comprend plusieurs phases :

- réalisation d'une pré-tranchée qui garantit le nivellement de la paroi, assure la stabilité des terres en surface et sert de guide à l'outil de perforation.
- perforation du sol sous boue bentonitique à l'aide de bennes suspendues à un câble ou à un Kelly, ou bien à l'aide de fraises hydrauliques. Les dimensions des panneaux vont de 0,5 m à 1,50 m d'épaisseur, quelques mètres de largeur (3 à 7 m) et de 10 à 100 m de profondeur. La boue ou fluide de forage (suspension à base de bentonite

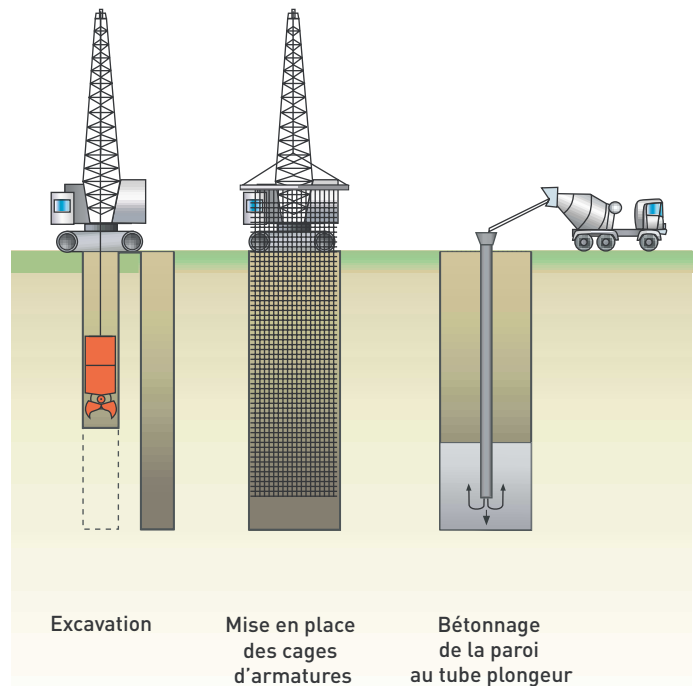


Schéma de réalisation d'une paroi moulée.

et d'eau) est produite par une centrale de fabrication installée sur le chantier. Elle est déversée en permanence dans l'excavation pour en assurer la stabilité.

On opère généralement par panneaux juxtaposés, en alternant panneau primaire et secondaire (panneau primaire perforé en terrain vierge, panneau secondaire perforé entre deux panneaux primaires déjà bétonnés) :

- curage du panneau par dessablage de la boue en circulation.
- mise en place des cages d'armatures et des dispositifs de joint (joint "waterstop").
- bétonnage au tube plongeur : le béton est mis en place en



Réalisation d'une paroi moulée.



Butons pour assurer la stabilité des parois moulées.



Matériel d'excavation.



Réalisation d'un écran étanche.

continu à l'aide d'un tube plongeur à partir du fond de la tranchée. Le tube plongeur est remonté au fur et à mesure du remplissage. La boue est simultanément extraite par pompage et recyclée.

Si la hauteur de la tranchée est faible, la stabilité de la paroi est assurée par son encastrement dans le sol. Sinon, après exécution des parois moulées, au fur et à mesure de l'excavation du terrain, sont mis en place des butons ou des tirants d'ancrage. En général, les parois moulées constituent les piédroits de l'ouvrage. Le radier et la couverture se substituant, après l'excavation, au butonnage pour la reprise des poussées.

● Les écrans étanches

Les écrans étanches sont des structures enterrées destinées à réduire, empêcher ou détourner, à titre provisoire ou définitif, des écoulements souterrains ou à établir une coupure imperméable pour isoler un site. Ancrés dans un substratum imperméable, ils permettent d'assurer l'étanchéité complète du site.

L'écran peut-être situé au niveau des talus : l'ouvrage sera alors réalisé à sec dans une fouille talutée.

Si l'emprise disponible est réduite, l'écran peut être réalisé au droit des futurs piédroits de l'ouvrage. L'écran est, dans ce cas, renforcé par des profilés métalliques butonnés au fur et à mesure des terrassements de la tranchée, sur un ou plusieurs niveaux, en fonction des caractéristiques géotechniques du sol et de la profondeur de la fouille. L'écran sert ensuite de coffrage côté extérieur aux piédroits en béton armé de la structure.

Les écrans étanches sont réalisés à l'aide de coulis autodurcissables à base de bentonite et de ciment, dans des terrains généralement alluvionnaires (sols meubles de faible compacité, hétérogènes, perméables) en présence d'une nappe aquifère. Ils doivent être étanches, résistants tout en étant déformables (afin de suivre les mouvements de terrain sans se fissurer) et pérennes sous l'action de l'eau de la nappe phréatique.

La technique consiste à réaliser une tranchée en continu, en utilisant comme fluide de perforation le coulis bentonite-ciment qui, en se substituant au sol, formera après durcissement l'écran définitif.

Les coulis autodurcissables destinés à la réalisation d'écrans étanches sont constitués d'un mélange de ciment, de bentonite spécialement adaptée pour la stabilisation de suspension comportant du ciment et d'eau, avec ajouts éventuels d'adjuvants (afin d'adapter le coulis aux conditions particulières de chantiers, fluidification, retard de prise, réduction de l'essorage...).

Le coulis autodurcissable joue un double rôle :

- boue stabilisatrice à l'état frais assurant la stabilité de la tranchée pendant son creusement.
- matériau rigide et peu perméable constituant la paroi après le durcissement du coulis.

Les coulis sont fabriqués dans des centrales spécifiques de chantier.

La tranchée est creusée à l'aide de matériels utilisés en travaux de fondations spéciales (benne à câble ou fraises hydrauliques). L'excavation peut être réalisée soit par tron-



Centrale de fabrication du coulis bentonite-ciment.

çons alternés (écrans constitués de panneaux creusés alternativement), soit en continu (panneaux creusés les uns à la suite des autres). Elle descend, en général, jusqu'à un substratum imperméable (par exemple une couche argileuse). Le coulis est introduit par déversement gravitaire dans la tranchée simultanément à l'excavation (en se substituant au sol prélevé). Cette technique permet d'obtenir une continuité parfaite de l'écran et donc de l'étanchéité.

● Les parois berlinoises

Cette technique de soutènement provisoire (en l'absence de la nappe phréatique) consiste, avant excavation de la tranchée, à sceller dans le terrain des profilés métalliques (espacement de 2 à 4 mètres) le long du périmètre ceinturant la future fouille, puis à terrasser en blindant le parement de la fouille, au fur et à mesure, au moyen de plaques s'appuyant sur les profilés. Ceux-ci sont mis en place dans des forages de gros diamètres creusés à la tarière et scellés avec du béton ou avec un coulis de ciment jusqu'à un niveau situé sous le fond de fouille future.

Le blindage est constitué de dalles en béton ou de béton projeté mis en place progressivement entre les poteaux.

Dès que la hauteur du soutènement dépasse quelques mètres, la stabilité de la paroi est assurée en ancrant les profilés métalliques par un ou plusieurs lits de tirants ou par butonnage.

Les parois berlinoises sont des ouvrages provisoires.

Lorsque la fouille a atteint la profondeur voulue, on réalise le radier en béton, les piédroits et la voûte de l'ouvrage à l'abri de la paroi qui assure sa fonction de soutien du terrain pendant l'exécution de l'ouvrage et est ensuite abandonnée dans le terrain.

NOTA : Il existe diverses variantes de cette technique, notamment la paroi "parisienne", dans laquelle le profilé est un poteau préfabriqué en béton avec des armatures en

attente, qui peuvent être ultérieurement déployées et liaisonnées au soutènement. On peut ainsi réaliser une paroi à caractère définitif.

● Les parois clouées

Des barres d'acier (clous) sont scellées dans des forages quasi horizontaux, préalablement creusés dans le terrain au moyen d'un coulis ou d'un mortier de ciment.

Des treillis soudés sont fixés au parement de la fouille et renforcés au droit des clous. Un voile de béton, d'une épaisseur courante de 15 à 20 cm, est ensuite réalisé en béton projeté. L'excavation de la fouille se fait de haut en bas, par phases successives correspondant à quelques mètres de hauteur. Cette technique, souple d'emploi et économique, permet d'assurer un soutènement provisoire des fouilles dans tous les types de terrains en l'absence d'eau.

● Les parois en panneaux préfabriqués en béton

La technique consiste à mettre en place des éléments résistants (panneaux préfabriqués en béton) dans une saignée remplie d'un coulis liquide à base de bentonite ou autodurcissable à base de bentonite-ciment.

Cette saignée est réalisée avec des matériels identiques à ceux utilisés pour les parois moulées. La continuité de la paroi est assurée par des joints de type "waterstop" interposés entre chaque panneau. Les parois en panneaux préfabriqués constituent des soutènements définitifs (d'épaisseur réduite compte tenu des performances mécaniques du béton des éléments préfabriqués) présentant, côté intérieur à la tranchée, un aspect de parement homogène et régulier.

■ Les couvertures des tranchées

Le choix de la dalle de couverture de la tranchée est fonction du type, de la hauteur et de la charge de remblais qu'elle devra supporter, et de la nature de l'aménagement qui sera réalisé en surface.



Couverture d'une tranchée couverte en poutres précontraintes.

La dalle peut être en béton armé ou précontraint coulé en place ou constituée de poutres préfabriquées par pré-tension (de type PRAD ou en forme de T inversé mise en place de manière jointive). Pour les ouvrages simples supportant de

faibles charges, la dalle est simplement appuyée sur les piédroits. Dans la majorité des cas, elle est encastrée et constitue avec les piédroits un portique ou un cadre.

Les piédroits de la tranchée sont souvent équipés dans les zones d'entrées et de sorties par des panneaux acoustiques permettant de limiter l'impact du bruit des trafics routiers ou ferroviaires. ●

■ LA CHAUSSEE BÉTON : LA SOLUTION ADAPTÉE AUX TRANCHÉES COUVERTES

Claire, sûre, durable, écologique et compétitive, la chaussée béton renforce la sécurité en phase de construction et d'exploitation, et respecte l'environnement.

Plusieurs techniques sont disponibles :

- dalle épaisse
- dalle goujonnée
- béton armé continu (BAC)



© Architecte : Philippe Fraieu

Tranchée couverte de la RN 12 à Pontchartrain (78).



Tranchée couverte équipée de panneaux acoustiques.

Documents de référence - Sources d'information

- Guide pour la conception générale du génie civil des tranchées couvertes (SETRA 2003)
- Dossier-pilote génie civil, tranchées couvertes (CETU 1998)
- Tunnels routiers et tranchées couvertes : les solutions chaussées béton (CIMBÉTON T96)
- Les coulis et les bétons pour les fondations spéciales (CIMBÉTON T97)

CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense 92974 Paris-la-Défense cedex - Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cimbeton.net - Site Internet : www.infociments.fr

Aménagement de la cour Athic à Obernai (Bas-Rhin)

Situées au cœur de la ville d'Obernai (Bas-Rhin), la cour et la rue Athic constituent une desserte privilégiée de l'espace culturel et de la nouvelle maison de la Musique, de la Danse et des Associations.

La Ville d'Obernai a pris la décision d'y réaliser un programme de réaménagement devant répondre à quatre objectifs : affirmer l'image du lieu en signalant les équipements, accueillir des événements extérieurs dans le cadre des programmes d'animation estivale, améliorer l'éclairage public et maîtriser le stationnement. La solution retenue par le Service Technique de la Ville prévoit le renforcement du caractère de cour par l'apport de végétaux et l'emploi de matériaux naturels, et l'intégration d'un plateau central facilitant les usages scéniques. Cela s'est traduit par la réfection des sous-couches, l'essouchement des arbres, le réaménagement des sols et leur assainissement.

Le mariage des différents matériaux (béton désactivé, pierres naturelles,...) donne incontestablement à la cour Athic une ambiance chaleureuse, tout en mettant en valeur le patrimoine historique constitué par la maison natale de Sainte Odile, qui héberge aujourd'hui la Maison de la Musique, de la Danse et des Associations.

- **Lieu** : Cour Athic à Obernai (Bas-Rhin)
- **Maître d'ouvrage et maître d'œuvre** : Ville d'Obernai - Direction de l'Aménagement et des Equipements
- **Conception** : Yann Jovelet
- **Suivi des travaux** : Alfred Schreiner
- **Entreprise** : Espaces verts (Geispolsheim)
- **Fournisseur de béton** : Holcim Bétons Alsace (Obernai)



● **Objectifs des travaux** : affirmer l'image du lieu, signaler les équipements, accueillir des événements extérieurs, maîtriser le stationnement

● **Bétons mis en œuvre** :

En sous-couche : béton Routroc® à 330 kg avec granulats 0/16

En surface : béton Granuroc® à 350 kg avec granulats calcaires Mathay 10/14, plastifiant et colorant rouge

● **Surface de béton utilisé** : 840 m² (sur 10 cm d'épaisseur pour chacune des deux couches)



Parc du Mercantour (Alpes-Maritimes) : les exigences d'intégration ont imposé le traitement de sol au ciment.

Mercantour : une piste durable et respectueuse de l'environnement

Pour sauvegarder le caractère naturel d'un itinéraire très sensible, tout en lui conférant des qualités de confort et de résistance à toute sollicitation, les donneurs d'ordres ont opté pour la solution du traitement de sol en place. Une technique d'avenir qui préserve les ressources en matériaux et la beauté du paysage.

Seul un œil averti pourrait faire la différence avec un banal chemin de terre. Pourtant, cette piste offre des qualités d'uni et de résistance que pourraient lui envier beaucoup de routes départementales. Il est vrai que cet axe forestier, qui serpente entre pins sylvestres et mélèzes dans les Alpes-Maritimes, s'inscrit dans un contexte particulier. Située dans le Parc National du Mercantour, cette route de montagne culmine à 2000 m et

reste enneigée tout l'hiver. L'itinéraire, d'une longueur de 14 km, part du village du Boréon, non loin de la commune de Saint-Martin Vésubie et de la station de sports d'hiver et d'été Valdeblore – La Colmiane, pour s'achever en altitude au hameau pastoral de Mollières (1600 m), une petite localité aujourd'hui constituée de résidences secondaires.

“Notre objectif était de restaurer la piste, rendue en certains points impraticable à cause du ravinement causé par la fonte des neiges et les violents orages d'été” explique Fernand Blanchi, maire de Valdeblore et conseiller général du canton de Saint-Sauveur-sur-Tirée. Si le trafic reste limité aux touristes et aux résidents de Mollières, ainsi qu'à quelques convois de débardage, il n'en fallait pas moins réhabiliter cet axe de communication très dégradé par endroits, limitant la vitesse à 10 km/h, malgré de régulières campagnes

d'entretien. “La situation au sein d'un parc national nous imposait de choisir une solution dont l'impact soit minimal sur le paysage, la faune et la flore” précise Fernand Blanchi, évoquant un encadrement réglementaire très contraignant.

■ Intégration au paysage

Après avoir fait l'expérimentation d'un enrobé de couleur claire sur une section de 200 m, le Conseil Général des Alpes-Maritimes, co-maître d'ouvrage et maître d'œuvre, a finalement opté pour la solution du traitement de sol en place. “Cette approche est garante de la bonne intégration au site, d'un niveau de confort suffisant et répond à la préoccupation du Parc National du Mercantour de ne pas encourager la circulation”, souligne Jean-Marie Fabron, chargé du suivi de chantier à la subdivision du Conseil Général des Alpes-Maritimes,

■ PRINCIPAUX INTERVENANTS

- **Maîtrise d'ouvrage** : Conseil Général des Alpes-Maritimes, Parc National du Mercantour
- **Maîtrise d'œuvre** : Conseil Général des Alpes-Maritimes
- **Entreprise** : SARL Polonio
- **Fournisseur du ciment** : Vicat



La pelle mécanique permet d'homogénéiser les agrégats et de niveler le terrain.

secteur Montagne. Autre avantage : une rapidité d'exécution et un prix de revient très compétitif, du fait de la simplicité du mode opératoire et de l'absence de transport de matériaux.

Mise en œuvre par différentes entreprises sur des tranches successives, cette technique a de nouveau été employée en septembre 2003 sur une section de 2 km, soit 6 100 m² ce qui porte le linéaire réalisé en traitement de sol en place à 11 km. *“En partenariat avec les Ciments Vicat et après consultation des donneurs d'ordres, nous avons choisi de traiter la piste sur une épaisseur de 10 cm, avec un dosage de 15 kg de ciment par m²”* explique Jean-Marc Polonio, gérant de l'entreprise du même nom, titulaire du marché. Menés en l'espace de 6 jours par une équipe de 5 personnes, les travaux sont loin de se limiter au passage d'un malaxeur ou, dans le cas présent, d'un concasseur Steumaster. Également muni d'un rotor, mais équipé de marteaux en lieu et place de dents, ce matériel tracté permet de traiter des sols rocailloux (y compris les granits) sans dommage pour l'équipement, mais sur une profondeur moindre. *“Ce matériel, qui présente*



Le liant est épandu à raison de 15 kg par m², soit 150 kg par m³ de matériau.

l'avantage de pouvoir raboter les têtes de rocher, s'apparente plus à un broyeur qu'à un malaxeur” précise le chef d'entreprise.

■ Traitement au ciment

“Nous avons dû préparer le terrain à la pelle, afin d'extraire les plus gros blocs, niveler le sol et homogénéiser la teneur en granulats dans la couche à traiter” explique François Braconnier, conducteur de travaux. Après un premier passage du concasseur, tiré par un simple tracteur agricole, l'entreprise a scarifié la piste (scarificateur Cheizel), opération qui a aussi permis d'aérer et d'humidifier le matériau, grâce au passage d'un camion-citerne équipé d'une rampe d'arrosage. *“Nous avons eu la chance que le site, après la canicule de cet été, profite de nombreuses pluies nocturnes, sans nous gêner lors des interventions. L'apport en eau a donc été minimal”* précise Jean-Marc Polonio.

Cette préparation effectuée, le ciment (CEM II/A LL 42,5 R) a été répandu à l'aide d'un épandeur Trimaster, en respectant le dosage précis grâce à un système d'asservissement à la vitesse d'avancement. Une nouvelle passe du concasseur mélange intimement le sol, les agrégats et le ciment qui, en faisant sa prise, constituera une structure homogène. Enfin, une mise en forme à la pelle mécanique puis un compactage achèvent de donner à la piste, d'une largeur de 3 à 3 mètres 50 selon les endroits, le profil et l'uni désirés.



Le traitement de sol, réalisé par un concasseur, est suivi d'un compactage.

■ Une technique en plein développement

“Outre l'économie en matériaux et en transport, l'avantage du traitement de sol est de tirer profit de la qualité et de la régularité du compactage des matériaux présents sur le site, fruit d'années de tassement naturel du terrain, souligné de concert Jean-Marc Polonio et François Braconnier. C'est pourquoi 10 cm de matériaux traités en place équivalent à 60 cm de graves rapportées”. Des qualités qui expliquent l'intérêt porté par les maîtres d'ouvrage à une technique d'avenir, en phase avec les exigences d'un développement durable (meilleure gestion des ressources, limitation de la pollution et des nuisances causées par le transport), en particulier au sein d'environnements naturels sensibles.

Mais pas uniquement. *“Le traitement de sol, dont le coût reste circonscrit dans une fourchette de 7 à 10 euros du m², apporte un avantage décisif dans la gestion des chantiers routiers, conclut Jean-Marc Polonio. Nous avons réalisé, à plusieurs reprises, des traitements d'accès de chantier qui se sont traduits par des gains de temps important (jusqu'à 30 %) du fait de la difficulté d'accès des poids lourds dans des pistes orniérées ou détrempées. Enfin, un chantier propre, sans émission de poussières, permet de répondre à la préoccupation de donneurs d'ordres de plus en plus nombreux à se soucier des impacts sur l'environnement”*. ●

Toutes les photos de cet article ont été réalisées dans le Parc national du Mercantour, avec l'autorisation de la Direction du Parc.



L'aspect de la voie terminée est très proche d'une piste naturelle.

■ LE CHANTIER EN BREF

- **Lieu** : Parc du Mercantour (Alpes-Maritimes)
- **Projet** : réfection d'une piste forestière très dégradée
- **Objectifs** : intégration à l'environnement, confort de roulement, durabilité et maîtrise du budget
- **Solution** : traitement de sol au ciment
- **Linéaire réalisé** : 11 km, dont 2 km pour la dernière tranche
- **Durée des travaux** : 6 jours (dernière tranche)
- **Budget** : 67 000 € pour la dernière tranche (retraitement et travaux annexes)



Hôtel Four Seasons à Tourrettes (Var) : 7 500 m² de béton désactivé très qualitatif pour les accès, ruelles et placettes.

Bétons balayé et désactivé haut de gamme

Clientèle fortunée oblige, la réalisation du domaine de Terre Blanche, un complexe hôtelier de luxe dans l'arrière-pays varois, a fait appel aux solutions les plus qualitatives pour garantir l'intégration au site naturel.

C'est au sein d'un paysage vallonné proche de Faïence, à moins d'une heure de route de Cannes, Nice et Saint-Tropez, que l'industriel allemand Dietmar Hopp a décidé d'édifier un complexe hôtelier 5 étoiles, destiné à une clien-

tèle fortunée. Etabli sur une propriété rachetée à l'acteur Sean Connery, cet ensemble géré par la chaîne Four Seasons comprend deux bâtiments principaux et 45 résidences dans le plus pur style provençal, abritant des suites de très grand luxe, et disséminées sur une vingtaine d'hectares. Mais ce domaine s'inscrit dans un programme bien plus étendu, totalisant 266 hectares, du fait de l'implantation de deux parcours de golf 18 trous et d'une

centaine de villas. "Le gérant de l'hôtel Four Seasons ne voulait pas reproduire un projet calqué sur d'autres programmes, mais mettre en valeur le vernaculaire provençal, explique Patrice Marchal, directeur du bureau d'études CEPM, maître d'œuvre du projet hôtelier à l'exception des bâtiments. Nous avons affaire à une clientèle très exigeante, qui vient en Provence pour retrouver le caractère de la région, et non pas des clichés".

LE CHANTIER EN BREF

- **Lieu :** Tourrettes (Var)
- **Projets :** réalisation d'une voirie dans un ensemble hôtelier et de chemins piétonniers dans les golfs
- **Objectifs :** respect de l'identité provençale du site
- **Solutions :** un béton désactivé (villas) et un béton balayé (golfs)
- **Linéaires réalisés :** 3,7 km pour les allées du complexe hôtelier et 20 km pour les chemins piétonniers des golfs



L'exiguïté des lieux impose l'utilisation d'une moto-pelle.



Le béton est mis en œuvre à la main par du personnel spécialisé pour chaque tâche.

■ PRINCIPAUX INTERVENANTS

- **Maîtrise d'ouvrage :** Golf Resort Terre Banche
- **Maîtrise d'ouvrage déléguée :** Drees Sommer
- **Maîtrise d'œuvre :** Cabinet d'Etudes Patrice Marchal
- **Entreprises :** Duc & Preneuf (titulaire), MB Constructions (béton désactivé), SCCB et 2F Littoral (béton balayé)
- **Fournisseur BPE :** Béton Chantiers Nice

■ Authenticité et qualité

Une attention toute particulière a été portée au choix de la végétation, ainsi qu'aux matériaux de construction employés. Ainsi, les dallages, les murets, mais aussi les allées qui desservent l'ensemble des résidences ont dû répondre à cette exigence d'authenticité du donneur d'ordres. Sans compter les études d'impact environnemental très soignées, toute modification au projet ayant été minutieusement étudiée. *“Quatre années d'études ont été nécessaires avant de pouvoir passer au stade de la mise en œuvre, ce qui ne s'était encore jamais présenté en dix années d'activité de mon cabinet”* souligne Patrice Marchal.

Cette exigence de qualité et d'harmonie avec les teintes locales a milité pour des allées en béton désactivé, au détriment d'un enrobé coloré. *“Le critère était surtout esthétique”,* explique Jean-Jacques Balpe, président de l'entreprise titulaire Duc & Preneuf. *“L'option du dallage à base de matériaux naturels a été écartée pour des raisons économiques”.*

■ Structure rigide

Ces allées, qui avoisinent un linéaire de 4 km, sont uniquement destinées à un trafic piéton, aux personnes en fauteuil roulant et à la circulation de voiturettes électriques confiées aux clients après avoir laissé leur voiture sur le parking.

Pour Jean-Jacques Balpe : *“Cette solution rigide nous apparaît plus pérenne compte tenu de la nature de l'assise”.* En effet, cette voirie, d'une épaisseur de 12 cm, présente la particularité de reposer non pas sur le sol naturel, mais sur un étonnant réseau de galeries techniques souterraines permettant une



Après lavage, le désactivant révèle les granulats locaux, choisis pour leur respect du caractère provençal.

maintenance rapide et aisée des nombreux fluides alimentant les résidences (eau, électricité, chauffage, climatisation, fibres optiques...). À noter que la largeur de ces galeries (2 m) est inférieure à celle de la voirie (2,50 m, auxquels s'ajoute l'emprise du caniveau). *“Contrairement à un enrobé, une insuffisance localisée de compactage en marge de la galerie ne risque pas de provoquer de désordre dans la dalle béton souligne Jean-Jacques Balpe. Enfin, la rugosité du revêtement paraît plus indiquée pour prévenir les risques de glissades en cas de gel”.*

■ Granulats sur mesure

Encore fallait-il choisir les granulats les plus en accord avec le site. *“Par principe, je suis partisan de l'utilisation de granulats locaux”,* explique Christian Genet, gérant de l'entreprise MB Constructions, à qui a été sous-traité le béton désactivé. *“Je me suis donc orienté vers une carrière de pierres de taille située à quelques kilomètres. Nous lui avons demandé de produire un granulats qui a permis de formuler un béton fibré, limitant le retrait et répondant aux attentes de la maîtrise d'œuvre”.* Ce qui a demandé la réalisation, à partir de juin 2003, d'une douzaine de planches d'essais ! Le chantier s'est achevé fin février 2004, respectant la date de mise en service de l'hôtel au 1^{er} mars. Près de 900 m³ ont été livrés pour alimenter le chantier, à raison de 60 m³ par jour. *“À l'exception du granulats qui est inhabituel, la formule est classique”,* explique Frédéric Delpy, Chef de centre du Var, Béton Chantiers Nice. *“Comme tous nos bétons désactivés, elle inclut un plastifiant et un entraîneur d'air”.*

Les travaux menés en l'espace de huit mois

ont été articulés en plusieurs phases en fonction de l'avancement des autres corps d'Etat. *“Pour assurer la régularité de la mise en œuvre, et en particulier de la finition, nos équipes sont constituées d'ouvriers spécialisés réalisant toujours les mêmes tâches”,* explique Christian Genet. *“Nous privilégions la qualité : notre démarche est attestée par les nombreuses villas réalisées dans l'arrière-pays”.*

■ Coordination poussée

Pour Patrick Gault, chargé de mission chez CEPM : *“Les problèmes auxquels nous avons été confrontés relevaient surtout de la difficulté à coordonner un très grand nombre d'intervenants, y compris les personnes chargées de l'aménagement des locaux et du personnel hôtelier qui n'ont pas l'habitude d'intervenir dans un contexte de chantier. Nous avons donc dû mettre sur pied un phasage extrêmement précis du béton pour permettre à tout le monde d'évoluer de concert”.* ●

■ GOLFS : 20 KILOMÈTRES DE BÉTON BALAYÉ

La technique béton a également été mise à profit pour desservir les parcours de golf situés en périphérie des résidences. Destiné à épargner les pelouses, ce réseau a été réalisé en béton balayé, un traitement plus sobre mais toujours en harmonie avec l'environnement. Près de 8 000 m³ de béton ont été nécessaires pour les 20 km de voirie réalisés à la machine à coffrage glissant.



Remue-ménages

Voici, pour vous détendre... ou pour vous irriter, une énigme à résoudre. Réponse dans le prochain numéro de *Routes*.

■ Histoire de billes

Soient 100 billes identiques d'aspect, mais qui peuvent différer par leurs poids. Les plus légères, au nombre de 10, pèsent chacune 10 grammes. Les normales, au nombre de 90, pèsent chacune 20 grammes. Ces 100 billes sont triées

selon leur poids et placées dans 10 boîtes numérotées : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Les dix billes légères se trouvent ainsi placées ensemble dans une des boîtes.

Question : comment peut-on, en effectuant une seule pesée à la balance, reconnaître la boîte contenant les dix billes légères ?

Solution du Remue-ménages de Routes n°86 : Mélange étonnant

Rappel du problème posé : vous disposez de deux solutions d'eau oxygénée : l'une à 30 % et l'autre à 3 %.

Question : dans quelle proportion devez-vous les mélanger pour obtenir une solution d'eau oxygénée à 12 % ?

Solution : on peut résoudre ce problème par la méthode arithmétique, mais l'algèbre mène au but de façon plus rapide et plus simple.

Pour avoir une solution à 12 %, il faut prendre "x" grammes de la solution à 3 % et "y" grammes de la solution à

30 %. On obtient (x + y) grammes d'une solution qui doit contenir : 0,12 (x + y) grammes d'eau oxygénée pure.

D'autre part, on a "x" grammes de la solution à 3 % qui contient 0,03 x grammes d'eau oxygénée pure, et "y" grammes de la solution à 30 % qui contient 0,30 y grammes d'eau oxygénée pure. Au total, on a : (0,03 x + 0,30 y) grammes d'eau oxygénée pure.

Ce qui donne l'équation :

$$0,12 (x + y) = 0,03x + 0,30y$$

$$0,12x - 0,03x = 0,30y - 0,12y$$

$$0,09x = 0,18y$$

$$D'où : x = 2y$$

Il faut donc mélanger deux volumes d'eau oxygénée à 3 % avec un volume à 30 %.



AGENDA

24 - 26 octobre 2005

Symposium TREMTI

Suite au succès du premier Symposium International qui s'est tenu en 2001 à Salamanque (Espagne), la France a été chargée d'organiser la deuxième édition.

Celle-ci aura lieu à Paris du 24 au 26 octobre 2005 et a été confiée à Cimbéton et à la Chambre Syndicale de la Chaux, sous les auspices de l'AIPCR. Thème retenu : **Traitement et**

retraitement des matériaux pour infrastructures de transport.

Le Comité scientifique est dirigé par Daniel Puiatti (Syndicat de la Chaux) et le Comité d'organisation par Joseph Abdo (Cimbéton).

Contact :

tremti2005@club-internet.fr

9 - 11 juin 2004

Salon AITF (Perpignan)

Cimbéton sera présent (stands 122 et 123) au Salon des équipements et des techniques territoriales, organisé par l'Association des Ingénieurs Territoriaux de France (AITF), qui se tiendra au Palais des Expositions de Perpignan (Pyrénées-Orientales).



VIENT DE PARAÎTRE



Le Béton de Ciment Mince Collé (BCMC)

Recueil de références

Ce document présente, sous forme de fiches en couleurs, une trentaine de réalisations en BCMC, sélectionnées dans toute la France et classées en huit applications différentes : aires de stationnement aéroportuaires, aires industrielles, aires de repos de poids lourds, arrêts et dépôts de bus, aires de péage, carrefours giratoires, aménagements urbains et voies lentes d'autoroutes.

Édition 2004. Référence : T61

Ce document est disponible gratuitement auprès de Cimbéton, soit par fax au 01 55 23 01 10, soit par email : centrinfo@cimbeton.net



7, Place de la Défense

92974 Paris-la-Défense cedex

Tél. : 01 55 23 01 00 - Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cimbeton.net - Site

Internet : www.infociments.fr



GROS PLAN

Traverses en béton à la SNCF

Pour protéger les forêts primaires menacées, notamment celles fournissant le bois azobé africain destiné à la construction des traverses du réseau ferré, la SNCF a décidé de réduire sa consommation de bois exotiques.

Cela va se traduire, à l'avenir, par une stratégie diversifiée :

- privilégiant les traverses en béton sur les axes principaux du réseau,
- utilisant du bois de chêne
- recherchant des solutions nouvelles par innovation technique : des essais en laboratoires sont en cours pour vérifier la pertinence de la solution utilisant des bois indigènes polymérisés et tenant compte des aspects environnementaux de la fin du cycle de vie.

Source : www.sncf.com/co/communiq/communiq226.htm