

<b>Zeitschrift:</b>	Les intérêts du Jura : bulletin de l'Association pour la défense des intérêts du Jura
<b>Herausgeber:</b>	Association pour la défense des intérêts du Jura
<b>Band:</b>	30 (1959)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Considérations sur l'évolution des techniques de construction de routes forestières et réalisation d'un type forestier moderne dit "Compactage aux Composols"
<b>Autor:</b>	Schaltenbrand, W.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-824840">https://doi.org/10.5169/seals-824840</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

PDL

# LES INTÉRÊTS DU JURA

Bulletin de l'Association pour la défense des intérêts du Jura  
CHAMBRE D'ÉCONOMIE ET D'UTILITÉ PUBLIQUE DU JURA BERNOIS

XXXe ANNÉE

Parait une fois par mois

No 2. Février 1959

## SOMMAIRE

Considérations sur l'évolution des techniques de construction de routes forestières et réalisation d'un type forestier moderne dit « Compactage aux Composols »

Marché du travail — Chronique économique

Annexe (Requête pour l'amélioration de l'horaire des chemins de fer dans le Jura bernois pour la période du 31 mai 1959 au 28 mai 1960)

## Considérations sur l'évolution des techniques de construction de routes forestières et réalisation d'un type forestier moderne dit « Compactage aux Composols »

par W. Schaltenbrand, ingénieur forestier à Porrentruy

### A. Du sentier à la route d'empierrement

Dans le patrimoine forestier public non desservi, nous rencontrons encore souvent des sentiers et des chemins à glisse liés à un mode d'exploitation forestière d'un temps passé qui diffère beaucoup de celui d'aujourd'hui. Le transport du bois de feu et du bois de papier se fit sur ces chemins à glisse tandis que les bois de service furent très souvent tout simplement dévalés aux abords des chemins carrossables pour être acheminés à une scierie ou à une gare, sans se préoccuper du dommage à causer au massif restant et aux plantes descendues.

La méthode d'exploitation forestière d'aujourd'hui, par contre, doit s'appuyer, en général, sur un réseau de chemins carrossables permettant le transport du bois de la forêt au lieu de consommation par traction automobile.

L'on sait que la construction d'un réseau de sentiers s'avère parfois nécessaire pour rendre le périmètre forestier accessible et dans lequel certains travaux importants doivent être exécutés.

Le sentier, s'il n'est pas construit spécialement, peut aussi se dessiner petit à petit par le passage du gibier et de l'homme, deviendra un jour un chemin primitif.

L'utilisation du chemin primitif de terre avec chars ne peut être envisagée que par temps sec ou gelé, mais recouvert d'une couche de gravier d'une certaine épaisseur, ce qui constitue déjà une amélioration notable.

Selon nos historiens, la construction des premières routes remonte dans le passé à une époque très lointaine. Les différents profils en travers furent exécutés selon l'époque et les pays.

Les Romains construisirent — selon l'importance — des routes d'une jusqu'à quatre voies, c'est-à-dire de 1 m. 77 à 7 m. 65 de largeur, avec des épaisseurs variant de 1 à 1 m. 40 (combinaison de dallage en pierres plates au fond noyé dans le mortier, avec pierres cassées, marnes et graviers, etc. et même des routes pavées).

Ces épaisseurs furent par la suite modifiées et réduites à 50-70 cm.

L'ingénieur français Trésaguet inventa, en 1775, une nouvelle méthode de construction de routes qui consista à faire exécuter des

Cliché ADIJ No 399



Profil classique : 25 cm. empierrement + 10 cm. gravier : usure exagérée.  
Ramassage des pierres d'empierrement au milieu, par compression du camion.

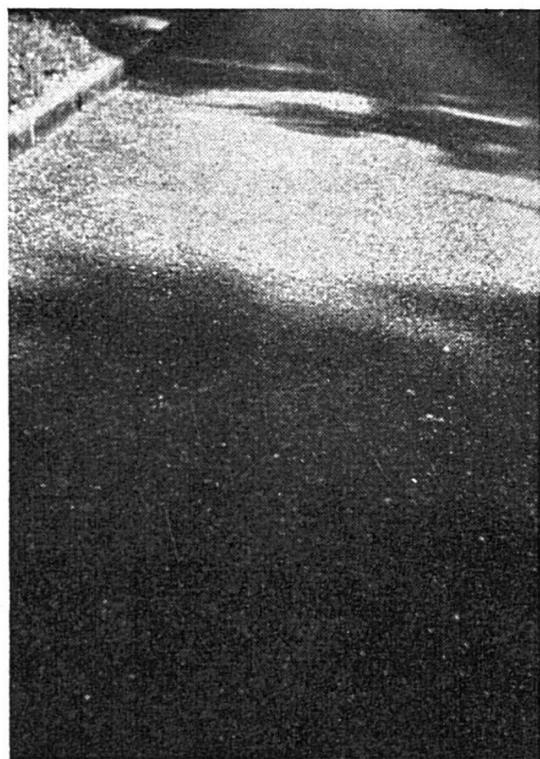
fossés latéraux plus profonds que le niveau de la chaussée dans le but d'assainir le sous-sol. Ensuite, la pose d'un empierrement de 15 à 25 cm. à la main, non pas à plat, mais de champ bien calé et bloqué. Cet empierrement fut recouvert de pierres battues, cassées à la masse, et d'une couche de 7,5 cm. de pierres dures, cassées de la grosseur d'une noix.

C'est seulement vers la fin du XVIII<sup>e</sup> et au début du XIX<sup>e</sup> siècle que l'on construisit systématiquement des routes. Sous Napoléon, la France devint le champion, le pays classique du génie routier, construisant « les routes nationales ». En Angleterre, en 1820, l'ingénieur John MacAdam édicta des prescriptions pour la construction de routes sans empierrement, processus appelé en son honneur « Macadam-Mortier ». Ses données préconisèrent d'employer en couches successives

ves des pierres concassées de 60 mm. propres et compactées pour former des chaussées résistantes qui furent stabilisées au liant hydraulique, routes qui, à la campagne d'Angleterre, ont conservé jusqu'à présent toute leur valeur.

Le système dit « classique », avec empierrement de 15 à 25 cm. recouvert d'une couche de gravier de montagne ou de pierres concassées avec esquilles plus ou moins épaisses ou sable marneux, fut employé jusqu'à ces jours dans nos forêts.

Cliché ADIJ No 400



Bout d'essai, âgé de sept ans, construit selon système  
« Compactage aux Composols », pas d'usure, supporte  
une charge de 30 tonnes

## B. Du hérisson à la route moderne

L'on prétend que l'empierrement de nos chemins forestiers constitue une voûte bien liée, cependant, ce sont alors les piliers qui font défaut. La charge du véhicule est transmise au sous-sol de fondation seulement par une étroite bande d'empierrement correspondant à la largeur des bandages des routes (cercles métalliques, pneumatiques). C'est la raison pour laquelle la pression par  $\text{cm}^2$  exercée par le poids transporté est relativement élevée. Une usure exagérée de nos routes d'une largeur de 3 m. en résulte de chaque côté de l'axe en vue du fait que le véhicule à moteur à charge n'a presque pas la possibilité de croiser.

Les pierres d'empierrement se ramassent à la longue, sous l'effet d'une surcharge momentanée du camion sous la bande de roulement, au milieu et des deux côtés du chemin, modifiant son profil normal qui est la cause d'une accumulation des eaux de surface en cas de précipitations.

Cette eau pluviale, au lieu de s'écouler transversalement, est canalisée dans les deux cuvettes longitudinales formées dans le profil, augmente sa puissance d'érosion au prorata de la pente de la chaussée.

C'est après une période de pluies prolongées et aussi pendant celles du dégel que ces chemins à hérisson, détremplés jusqu'au sous-sol et plus, ne sont plus carrossables, au risque de provoquer des enfoncements sous le passage des charges roulantes et répétées du véhicule transporteur qui exerce une pression unitaire trop élevée. Ce sont précisément les vides, les interstices de l'empierrement avec son gravier perméable dont la qualité et la quantité insuffisantes en matériau fin approprié, laissent percoler les précipitations. Par conséquent, ces routes forestières ne peuvent être employées qu'avec des restrictions, c'est dire que leur utilisation dépendra manifestement des intempéries. La défense de ne pas les fréquenter en ces moments-là, dans le but de les ménager, ne diminue en rien leur soi-disant défectuosité. Le défoncement complet des pierres d'empierrement sous la surface de roulement doit être considéré comme une rupture de liaison avec le restant du hérisson et pourrait être de moindre importance sur des fondations pierreuses, plus conséquent alors sur un terrain dépourvu de pierres comme dans les terres brunes profondes et dans l'argile. Dans ces sols, des remontées de marne sont à craindre lors de grandes précipitations, pouvant rendre ces voies de dévestiture quasi impraticables jusqu'à leur assèchement normal. Aussi, les frais de restauration résultant de cet état de chose sont en général assez grands.

Les chemins à hérisson sont à peu près inconnus aux Etats-Unis, car les ingénieurs routiers ne veulent pas de chaussées dans lesquelles puissent exister des vides et aussi parce que la pose d'un empierrement à la main serait trop onéreux.

En France, l'empierrement fut remplacé dans les sous-sols mauvais à très mauvais (très argileux) par des couches épaisses compactées de gravier, en particulier sur des routes à trafic lourd et rapide. Les expériences faites avec cette méthode se sont révélées comme bonnes et concluantes, et si ces routes étaient encore stabilisées avec des produits hydrocarbonés les rendant imperméables, elles acquerraient alors une force portante extraordinaire. Le gravier comprimé, vu sa supériorité technique et économique, peut très avantageusement remplacer le hérisson. Les ingénieurs français estiment qu'en terrain argileux l'exécution d'un empierrement n'eût pas fait ses preuves parce qu'il donna suffisamment de mécomptes et exigeant la plupart du temps sa démolition. L'on était alors tenu de placer au-dessous une couche de gravier dite « assainissement » et de remplacer le hérisson au-dessus, ce qui entraîna un prix de revient de la chaussée très élevé. Par contre, l'emploi de couches de gravier compactées et suffisamment résistantes présente une solution plus rationnelle et économique dans un mauvais sol que les pierres dressées.

Aussi, en Suisse, sur les routes cantonales, dans la plupart des cas,

le hérisson est remplacé par une ou plusieurs couches de chaille, procédé ayant fait ses preuves et étant le plus économique. Depuis quelques années déjà, de nombreux chemins forestiers carrossables, munis de chaille compactée à la place de l'empierrement, furent construits chez nous. Ce système économique est caractérisé par une plus grande résistance à l'usure et à la désagrégation.

Un autre processus, employé depuis un certain temps dans le canton d'Argovie, consiste à compacter des graviers siliceux d'une épaisseur de 35 cm. (50 cm. avant cylindrage) en remplaçant le hérisson. Le compactage se fait avec un rouleau vibrateur. Il s'agit ici d'utiliser en quelque sorte du gravier tel quel (départ paroi d'une gravière et mis en place dans le caisson d'un chemin forestier pour être comprimé). Cette couche de gravier vibrée remplace très avantageusement le hérisson avec son gravier parce que la proportion de vides et la teneur en eau sont telles que la densité sèche du sol est maximum.

Ces deux modes de faire — quoique étant supérieurs au système classique — possèdent cependant un désavantage incontestable, celui consistant à recouvrir d'une couche de gravier plus ou moins fin en mélange avec une portion variable de particules d'argile devant servir comme soi-disant liant. Le gravelage de toutes ces routes forestières étant perméable, ne résistant pas à l'érosion, se désagrège assez vite aux mouvements d'arrachement des pneumatiques des voitures motorisées à cause du manque de cohésion.

Le gravier plus ou moins gras ne joue le rôle de liant que lorsqu'il est humide (ni trop sec, ni détrempé). Sa fonction de liant devient alors très problématique.

Après la première guerre mondiale, le trafic automobile se développa très rapidement, des camions de provenance américaine circulèrent dans les forêts publiques, transportèrent d'abord du bois de feu et de papier, complétés par des remorques, ils essayèrent de véhiculer des grumes. Leurs bandages pleins étaient en ce moment encore modernes. Les camions furent par la suite transformés, modernisés, les bandages pleins firent place aux pneumatiques, les attelages de vaches, de bœufs et de chevaux avec leurs voitures à bandages métalliques furent vigoureusement concurrencés.

Les organes de surveillance réagirent à l'usure exceptionnelle de nos routes cantonales et intercommunales due au poids et à la vitesse de ces véhicules à moteur par un compactage de couches de pierres liées à l'eau, dit : « Macadam-Mortier ». L'on se rendait cependant bien-tôt compte que cette technique, malgré la limitation de la charge, était loin de donner satisfaction et l'on poursuivit la lutte contre la désagrégation et la poussière des routes soumises à des efforts mécaniques considérables par l'emploi de bandages pneumatiques des automobiles.

Le développement de la circulation routière, l'industrialisation croissante du pays, l'extension rapide des villes, la densité accrue du trafic routier, la vitesse des véhicules, toujours plus grande, posèrent de nouveaux problèmes dans la construction des routes.

Cette évolution exige une adaptation de la route aux conditions routières au point de vue du profil en long, profil en travers, de la largeur de la chaussée et des virages.

Nous devons constater par la suite que le trafic routier s'était

profondément modifié depuis 1919 grâce au développement rapide des moyens de transport par traction automobile.

Aujourd'hui, il est rare de constater que les produits forestiers soient chargés sur wagons, à l'exception peut-être du bois de papier, aussi partiellement du bois de feu, tandis que les bois d'œuvre sont transportés par camions aux centres de consommation jusqu'à des centaines de kilomètres. De cette façon, on évite des frais de manutention résultant du déchargement et rechargement du bois, etc., travaux supplémentaires qui renchérissent le prix de revient du bois.

Finalement, l'on est arrivé au système de compactage stabilisé par des liants hydrocarbonés de nos chaussées intercommunales. L'on avait compris qu'il fallait protéger le sol contre les infiltrations des précipitations et contre la remontée de l'eau par capillarité, pour en obtenir une résistance accrue et une force portante maximum de la chaussée. Ce but ne peut être atteint que par une imperméabilité de la chaussée et du sous-sol. Ce sont les procédés de stabilisation bitumineux qui nous ont permis de réaliser ces propriétés de la chaussée moderne.

Les techniques de construction de routes ont rapidement évolué tandis qu'en forêt, jusqu'en 1951, aucun progrès notable ne fut réalisé. Dans les milieux forestiers, on assista à la modernisation des routes publiques, sans réaction d'abord et sans se soucier si la construction de nos chemins forestiers ne devait pas être également modernisée et adaptée aux nouveaux efforts mécaniques néfastes exercés sur la bande de roulement par des véhicules à moteur. Nos lecteurs ne devraient pas oublier que nos routes forestières ne jouissent en général pas des mêmes conditions que les routes intercommunales, parce que la présence de la forêt conditionne une aération mauvaise, un ombrage important et, en hiver, un enneigement pouvant durer des semaines. On peut cependant améliorer quelque peu cet état de chose par un large dégagement de nos artères forestières.

En 1950, nous avions pris la décision d'abandonner le système classique de construction de routes vu qu'il n'était plus en mesure de résister aux efforts mécaniques néfastes provoqués par l'action d'arrachement des pneumatiques des véhicules motorisés.

L'entretien de ces routes classiques était devenu trop coûteux, nous obligeant à avoir recours à un autre type de construction nous assurant un entretien futur plus économique.

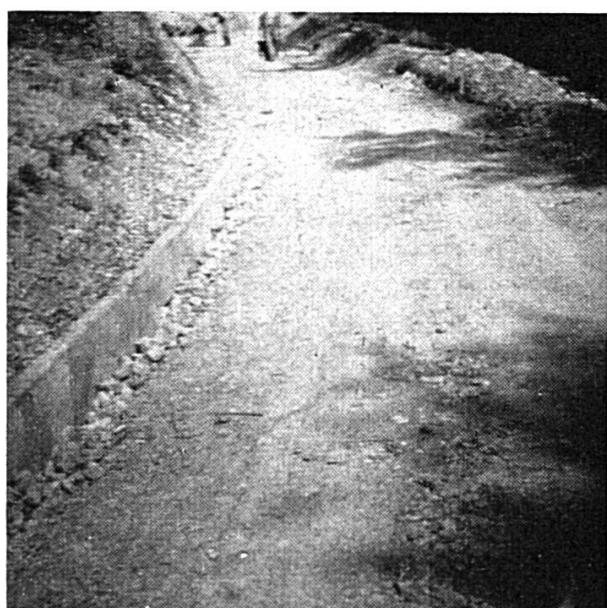
Nous nous sommes alors mis à étudier si des fondations compactées pouvaient remplacer l'empierrement dont la densité sèche est fort inférieure à celles des couches de pierres stabilisées. Un des principes fondamentaux des études des propriétés mécaniques des sols nous enseignait que les fondations en pierres cylindrées, support de la chaussée, devaient avoir une compacité très élevée et être absolument à l'abri de toutes infiltrations d'eau de surface pour rendre la route indéformable. D'autre part, il fallait chercher un « modus vivendi » pour assurer une étanchéité absolue de la bande de roulement tout en empêchant une ascension capillaire d'humidité pouvant provoquer une remontée de marne, cas échéant et par conséquent, une plastification de la route.

Par la suite, nous nous sommes orientés vers les liants hydrocar-

bonés en laissant de côté la route en béton, ceci à cause des frais de construction considérables et avons mis sur pied un type de construction qui fut expérimenté sous le ciel d'Ajoie en 1951 et baptisé par nous : « Compactage aux Composols ». Ce type de construction fut modifié ensuite en abaissant la portance de 30 tonnes à 22 tonnes environ pour des raisons d'économie de construction.

En 1953, nous écrivîmes dans le « Journal forestier suisse » que « le bout d'essai a bien supporté les intempéries et les rigueurs de l'hiver. Aucune désagrégation ni décollage ne s'est produit malgré la non-utilisation de la route par l'Administration forestière communale ».

Cliché ADIJ No 401



Coffre avec pierres de bordure en béton armé

Nous pouvons affirmer que le tronçon d'essai, qui aura sept ans d'existence cet automne, s'est merveilleusement comporté et nous permet de propager ce système sans restrictions.

L'emploi de liants bitumineux se pratiqua d'abord dans les villes, pour améliorer l'écoulement de l'eau de surface, pour combattre la poussière et peut-être aussi dans une certaine mesure pour diminuer le bruit des bandages métalliques des voitures hippomobiles.

### **Etude des propriétés mécaniques des sols**

C'est une science relativement récente, établie sous la pression de certains problèmes du génie civil, qui est à résoudre. Pour tenir compte de tous les facteurs nouveaux lors de la conception de voies, de communications modernes et ensuite de leur réalisation, les ingénieurs routiers se virent imposée l'étude des propriétés mécaniques des sous-sols, support de la chaussée, pour connaître sa force portante.

Rappelons qu'un sol contient, en proportions variables trois éléments :

1. des matières solides ;
2. de l'eau ;
3. de l'air.

Il va de soi que l'eau et l'air remplissent les interstices entre les matières solides et dont les proportions des éléments peuvent être mesurées au laboratoire et même plus ou moins facilement sur le terrain.

Les ingénieurs déterminent la teneur en eau, la porosité, l'indice des vides, les densités absolues et apparentes et la granulométrie des sols. Cette dernière est fixée par les dimensions des matières solides, car les proportions des grains de chaque dimension déterminent cette granulométrie.

Suivant la teneur en eau, le sol est classé dans les catégories comme suit :

- a) sol en état liquide ;
- b) sol en état plastique ;
- c) sol en état solide.

« Les limites d'Atterberg » sont les limites séparant ces divers états et ce sont les teneurs en eau correspondant au passage d'un état à l'autre. Des essais standardisés permettent de déterminer expérimentalement la « limite de liquidité », la « limite de plasticité » des éléments fins (mortier) d'un sol. L'écart entre ces deux limites est appelé l'indice de plasticité.

Il y a beaucoup de systèmes qui sont basés sur la valeur d'un ou plusieurs des critériums mentionnés plus haut résultant des essais pratiqués.

Toutes ces classifications sont en mesure de déterminer rapidement moyennant quelques essais simples, la catégorie des sols-types dans laquelle un sol doit être inséré, catégorie permettant d'en déduire ses propriétés naturelles. Les cas nouveaux sont rattachés à toute une somme d'expériences antérieures. C'est ce qui fait toute la valeur de ces méthodes.

L'étude de laboratoire consiste à entreprendre les travaux suivants :

1. analyse de matériaux ;
2. étude de la fondation de la route considérée comme son support ;
3. détermination de l'épaisseur de la chaussée ;
4. exécution de l'imprégnation de l'agrégat et du tapis de revêtement.

Nous devons nous abstenir de faire suivre ici le développement des trois premiers problèmes étant donné que cela dépasserait de loin le cadre de cette étude.

L'analyse granulométrique se fait par tamisage du sol desséché pour les éléments de grosseur supérieure de 0,5 mm. et par décantation ou encore par d'autres méthodes, pour les éléments plus fins.

Les résultats de l'analyse du sol étudié se traduisent par une courbe granulométrique, qui pourtant ne suffit pas à déterminer les

La bicyclette



appréciée pour sa bienfature

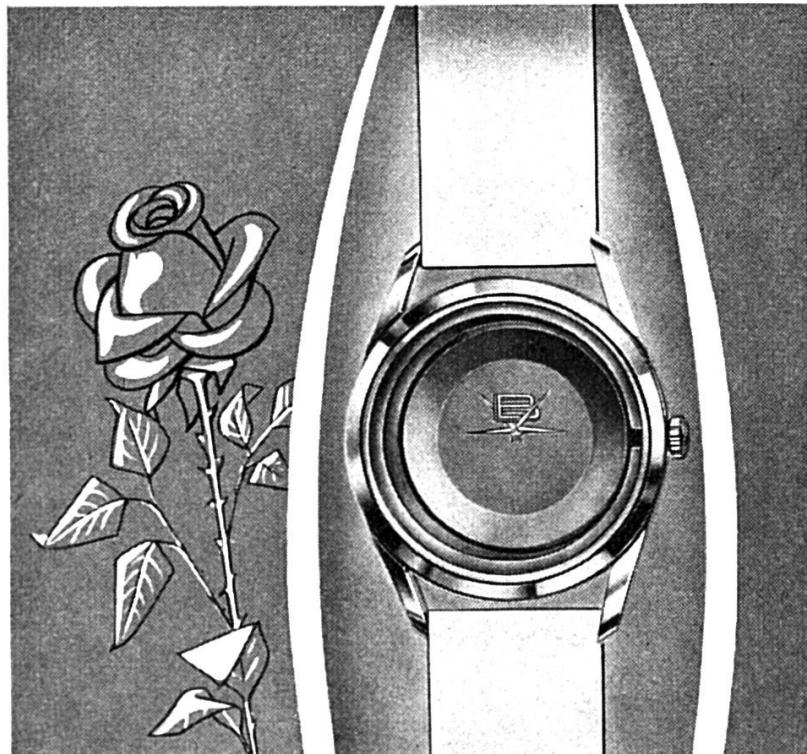
Pour tous renseignements et prospectus, s'adresser aux

**Usines CONDOR S.A. à Courfaivre**

Tél. (066) 3 71 71

Agents dans les principales localités

886



**BOURQUARD S.A. BOÈCOURT  
BLANCHES FONTAINES S.A. UNDERVELIER**

FABRIQUES DE BOITES DE MONTRES

889

Tuiles et briques  
Carreaux en grès  
Mosaïque en grès  
Carreaux en faïence  
Appareils sanitaires  
Porcelaine  
électrotechnique



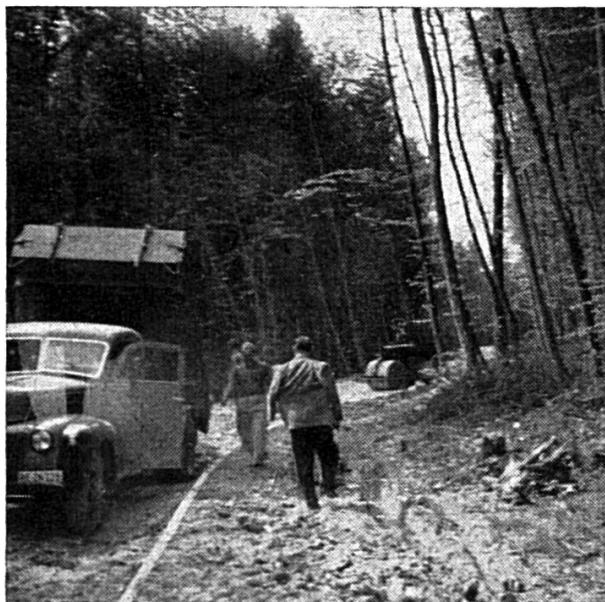
**Tuilerie Mécanique de Laufon S. A.  
S. A. pour l'Industrie Céramique Laufon**

propriétés mécaniques d'un sol brut, qui peuvent être modifiées selon les variations de la teneur en eau. Cette eau joue un rôle de premier plan dans la cohésion des éléments solides fins. Les techniciens routiers, dans le but de la classification des sols en bon sol, sol passable, mauvais sol et très mauvais sol, doivent étudier en plus les « indices de groupe » des prélèvements du sous-sol (système américain), etc.

Ces brèves indications doivent vous donner un tout petit aperçu sur cette méthode permettant de déterminer la portance des sous-sols.

En général, cette étude des sols paraît être moins importante chez

Cliché ADIJ N° 402



Camion déchargeant de la chaille dans le coffre

nous, en forêt, parce que les sous-sols sont, dans la plupart des cas, bons à passables, sauf l'argile compacte, les marécages et les endroits où nous devons constater l'absence totale de matériaux pierreux.

L'étude des terrains de fondation poursuit le but de fixer leur aptitude à supporter les charges de la circulation transmises par l'intermédiaire de la chaussée, en tenant compte de la circulation (charge maximum et intensité) et des conditions locales, comme climat, drainage, etc.

A l'exception de la Pennsylvanie (U.S.A.) où aucune étude de sols n'est faite, ceci en vue de l'abondance de matériaux de bonne qualité, dans les autres Etats de l'Amérique du Nord, au contraire, où les techniques de chaussées en sol sont largement développées à cause du manque de matériaux de bonne qualité dans de vastes zones, l'étude du terrain de fondation est opérée systématiquement pour chaque chantier.

La portance, c'est-à-dire les épaisseurs de chaussées, déterminées par l'une ou l'autre méthode en vigueur, s'entendent toujours sur une fondation parfaitement compactée.

Il ne faut pas oublier que la portance d'un sol est fonction de son angle de frottement interne dû à la présence de gros matériaux qu'il possède et que l'on appelle « agrégat » ou « squelette » et de sa cohésion due à l'existence de matériaux fins appelés « mortier ». Selon la teneur en eau, la cohésion est variable, tandis que l'angle de frottement reste presque constant. C'est le motif pour lequel des couches de pierres compactées étant à l'abri de l'infiltration des eaux pluviales et dont l'assise reste à l'état sec, auront toujours approximativement la même force portante surtout si nous allons les doter encore d'un revêtement imperméable. L'ingénieur expérimenté sait que depuis un certain temps déjà le sol acquiert le maximum de résistance mécanique par les techniques de stabilisation physiques et chimiques qui consistent à diminuer dans le sol la proportion des vides et la teneur en eau. Ce degré doit être tel que la densité sèche du sol soit maximum.

### Exécution du caisson

Les terrassements doivent se faire selon les règles de l'art, indépendamment du choix du type de construction. Il faudra veiller surtout à l'extraction de toutes les souches afin d'éviter les mouvements de la chaussée au moment de la transformation chimique de ces débris végétaux. Les entonnoirs provenant de l'extraction de troncs de souches sont à combler tout de suite avec du gravier et non pas avec de la terre, en particulier lorsqu'il s'agit des sols contenant une certaine proportion d'argile, car l'eau de pluie s'y rassemble et pénètre dans l'argile sous la compression des véhicules et donne une zone ramollie qui persiste longtemps, enlève à l'argile toute portance et empêche ainsi le compactage des pierres.

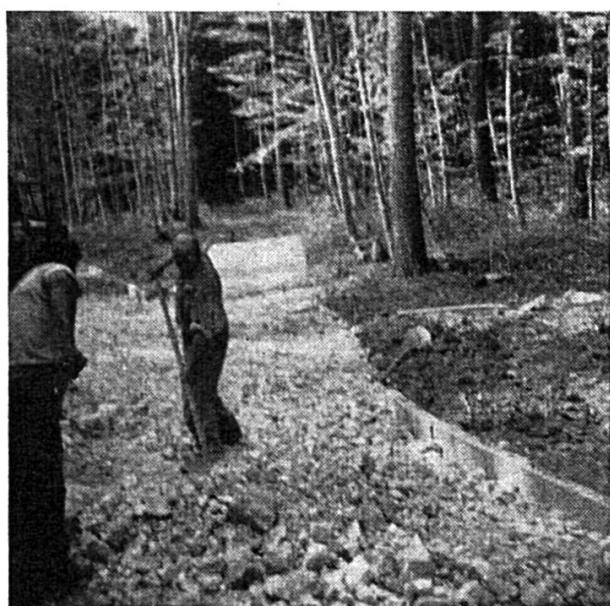
En ce qui concerne les terrassements dans le caisson, l'on peut dire que les déblais seront, vis-à-vis du profil classique, abaissés (35 à 16 cm.) de 19 cm. se traduisant par mètre courant à une économie de  $1 \times 0,19 \times 3 = 0,57 \text{ m}^3$  de déblais pour une largeur de 3 m. Une économie du même ordre est réalisée avec la fourniture des pierres à cylindrer.

Aujourd'hui, en une époque de la mécanisation, le piquetage de routes devait subir une modification aux endroits où l'on envisage la mise en action des engins motorisés, comme des tracteurs, pelles excavatrices, des camions transporteurs, des rouleaux compresseurs, etc., étant donné que les piquets fixant le profil en long sont situés dans le tracé même ne pourront pas être conservés. Le contrôle des déblais et remblais en raison des piquets-talons arrachés ou enfoncez par l'utilisation de ces véhicules deviendra par le fait difficile, sinon impossible. Pour que l'ingénieur chargé de la surveillance des travaux à exécuter puisse les contrôler en tout temps, il sera alors nécessaire de fixer le profil en long et d'autres points en repère encore par une ligne polygonale à proximité immédiate du chantier.

Par ailleurs, un contremaître expérimenté prendra, dès le début des travaux, ses dispositions pour que les points essentiels du profil en long soient transportés et fixés à côté du tracé de route ; ce travail bien intentionné est souvent inexact et devrait être exécuté au préalable par le technicien surveillant.

Si la nature du terrain de construction permet la mise en œuvre d'une pelle excavatrice plus ou moins grande, selon la configuration du terrain, celle-ci accomplira le terrassement très rapidement mais seulement d'une manière grossière, conservant une planie inégale et exigeant pour une finition impeccable selon les règles de l'art, une main-d'œuvre qualifiée. Cette dernière s'occupera outre la planie aussi du réglage des talus et banquettes conformément au profil normal, des aqueducs, chambres d'orifice, pierres de bordure, etc.

Cliché ADIJ No 403



Épandage de la chaille à la pelle

Il est incontestable que par le passage répété d'une pelle mécanique, camion et rouleau, etc. le matériel déposé dans les remblais subit un compactage successif.

L'encaissement est à nouveau dérangé lorsqu'on amènera sur le chantier des pierres (chaille) faisant partiellement ou totalement défaut pour réaliser la fondation, suivant la nature du sous-sol et le temps, un enfouissement éventuel de la planie doit être corrigé non pas avec de la terre mais avec de la pierre (gravier). De nouveau, nous devons avoir recours à notre polygonale pour être fixés quant à la hauteur des couches de pierres avant et après le compactage. Cette ligne polygonale nous semble idéale, nous renseignant en tout temps. Voilà de multiples raisons qui plaident en faveur de cette polygonale réunissant le maximum de points de repère et pouvant donner satisfaction au technicien à n'importe quel moment de la construction.

Le technicien scientifique sait depuis un certain temps déjà que la construction de routes rencontre de grandes difficultés dans les mauvais sols (terre brune, marne compacte, etc.). Ce fait est dû à la structure de ces sous-sols qui à l'état sec ayant une portance très élevée.

vée comparable à celle du rocher, tandis que cette condition physique subit un changement radical dès l'apparition des pluies.

Sur ces sols lourds et imperméables, les eaux de pluies sans écoulement imbibent l'argile lors du passage répété des chariots à jantes ferrées, des camions transporteurs, des tracteurs, pelles, etc. sous leurs pressions unitaires fortes, l'argile est malaxée et de l'eau y est incorporée. Ces engins détruisent la structure physique des mauvais sols, les particules minuscules de l'argile sont pétries et brassées possédant en ce moment une résistance au cisaillement bien inférieure à celle de l'argile en place non touchée par ces véhicules. La présence de l'argile fluidifiée sous le gravier ayant perdu toute portance à la suite de la chute rapide de sa résistance donne naissance à une remontée de marne. De ce fait, il faut en tirer la conclusion que pendant la mauvaise saison, il faudrait remuer l'argile le moins possible pour que le chantier ne se transforme pas en bourbier par l'utilisation des camions approvisionneurs de pierres en cas de mauvais temps et que la marne ne réapparaisse pas en surface du gravier répandu sur l'encaissement, il y a lieu d'attendre le beau temps et laisser sécher l'argile, tous ces engins doivent être arrêtés.

En plaine et en terrain légèrement incliné, en terre brune et en terrain argileux, un autre mode de faire pourrait être envisagé pour que la planie brute ne soit pas éventrée par l'utilisation des véhicules à moteur chargés du transport de matériel (pierres, tuyaux, pierres de bordure, gravillons, émulsions, etc.) nécessaires à la construction de la chaussée et où les pierres manquent. C'est l'installation d'une voie « Décauville » avec wagonnets à proximité immédiate du chemin à construire permettant le transport et la répartition du matériel pierreux dans le coffre sans dérangement, même par mauvais temps. Cela nécessiterait alors une ou plusieurs places de dépôts de pierres à la fin de la trajectoire du camion. La mise en œuvre de ces précautions est absolument nécessaire car la stabilisation physique et chimique des pierres de la chaussée enrobées par l'argile deviendra illusoire.

Une manutention supplémentaire accompagnée d'un renchérissement des frais de transport en résultera mais permettant même pendant une période de pluies de continuer certains travaux ce qui est important pour l'entreprise chargée de la construction.

Il est compréhensible qu'en cas de précipitations la remontée de marne au centre de la voie et de chaque côté est due à la déformation plastique du sous-sol sous-jacent par perforation de la couche supérieure et ceci sous l'action de la charge roulante. Cette masse plastique est refoulée dans les zones qui sont en surface le moins soumises à l'effet de la compacité par des engins transporteurs.

Il convient d'insister sur la nécessité de créer préalablement dans le coffre des drains transversaux en pierres sèches assez rapprochés à une pente de 3 à 4 % pour évacuer l'eau de pluie dans les fossés provisoires ruisselant sur la forme d'argile avant et pendant la confection de la fondation en pierres compactées. Les fossés d'assainissement définitifs plus profonds que le niveau du coffre seront confectionnés après l'achèvement de tous les travaux, ceci pour des motifs bien plausibles.

L'avantage de ce « modus vivendi » est d'empêcher la remontée de marne.

Il s'était avéré aussi nécessaire dans des terrains ayant tendance au marécage après les avoir assainis convenablement de répandre une couche de sable ou du machefer de 15 à 25 cm. d'épaisseur au fond du caisson avant d'étendre la chaille.

Ces terres brunes mûres ou plus ou moins dégradées sont en Ajoie, par exemple, une minorité vis-à-vis des sols carbonatés humiques ou les rendzines très répandus, mais caractérisés par une grande activité biologique étant synonyme de productivité manifeste des mas, offrent — comme nous l'avons vu — pour la construction de routes les difficultés mentionnées ci-dessus.

Le manque de pierres entraîne un renchérissement des frais de construction qui — par l'application du type de construction ultra-moderne « Compactage aux Composols » sont plus économiques que le type classique vieilli.

Pour le cas où le sous-sol contiendrait très peu de pierres et beaucoup de terre marneuse, il est recommandé, par beau temps, de cylindrer légèrement l'encaissement (5 t.) afin de rendre lisse la surface empêchant ainsi la pénétration de l'eau.

### Bombement du profil normal

Si les travaux de construction sont exécutés par une pelle mécanique, aucun bombement du coffre ne pourra être observé.

Etant donné que le rouleau possède une largeur supérieure à 1 m. 50, le milieu du chemin sera roulé deux fois pendant que les bords le seraient une fois. Par conséquent, le bombement donné au coffre s'écrase et disparaît par la suite presque complètement. Il est alors indiqué de donner à la planie une seule pente uniforme transversale de la banquette à la pierre de bordure de l'ordre de 3 à 4 %, ce qui est plus que suffisant, vu que la pluie s'écoulera très rapidement sur le tapis imperméable. Une banquette surelevée et d'une largeur de 40 cm. au moins, comme protection contre un dérapage éventuel des véhicules, aura toute son utilité et fortifiera en même temps talus et chaussée.

L'amélioration des propriétés physiques du sol se fait par les techniques de la stabilisation mécanique. La principale opération de ce traitement est le compactage qui n'est possible que si le sol répond à certaines conditions physiques.

### Les nouvelles techniques dans la construction moderne de routes forestières, les liants goudron et bitume, la stabilisation chimique

Il y a beaucoup d'indices qui nous montrent déjà maintenant que la construction future de la route forestière se développera selon toute probabilité sur la base des principes du processus « Compactage aux Composols ».

Les propriétés mécaniques des sols et les liants hydrocarbonés ont été très étudiés dans leur granulométrie, dans la régularité de leur concassage, dans la qualité des matériaux utilisés, dans la perfection du dosage en liant, dans la mosaïque de la bande de roulement anti-

dérapante ; tous ces facteurs nous assurent un maximum de durabilité, un minimum d'entretien, une qualité et une portance exceptionnelles des routes munies de revêtements bitumeux.

Nombreux sont encore les techniciens scientifiques qui hésitent d'employer ce système ultra-moderne de construction de routes dans leurs forêts. Cette hésitation paraît un peu compréhensible quant on pense qu'il s'agit d'une nouvelle discipline dans le cadre des constructions récentes de routes et dont la réalisation semble occasionner quelques malaises parmi les vieux semestres en vue du fait que cette discipline n'a pas encore été enseignée en détails à l'école forestière. On peut aussi s'imaginer que la méconnaissance chimique des émulsions de goudron et de bitume crée une ambiance de complexe d'infériorité et manifeste, par conséquent, quelques craintes de non-réussite en cas d'application de ce mode de construction.

L'intérêt qu'excite — à juste titre — le compactage aux composols, nous a fait penser qu'il ne serait pas inutile de faire le point des nouvelles techniques appliquées dans la construction moderne de routes mettant ainsi les hésitants à leur aise.

Les nouvelles techniques comprennent les agrégats, la granulométrie des squelettes, la stabilisation physique, la composition des liants goudron et bitume, les caractéristiques des émulsions routières, leur fonction, leur mécanisme de rupture et la technique de répandage étant synonyme de la stabilisation chimique.

### Les agrégats

Il importe de donner ici quelques indications sur le classement des agrégats dont la granulométrie est aussi importante que leur dureté et nature.

Fillers . . . . .	= sables de 1/10 mm.
Sables . . . . .	= graines de 2 mm.
Grain de riz . . . . .	= 2,5 à 5 mm. = très gros sable
Gravillons, petits . . . . .	= 6,3 à 8 mm.
Gravillons, moyens . . . . .	= 10 à 12,5 mm.
Gravillons, gros . . . . .	= 16 à 20 mm.
Pierres cassées, cailloux . . . . .	= 25 à 80 mm.
Blocs et moellons, petits et gros	= 100 à 315 mm.

En ce qui concerne la nature des agrégats, il est à noter que pour les liants hydrocarbonés, **les sables de calcaire sont à proscrire** car ils ont tendance à s'écraser sous le poids des véhicules lourds et de former ensuite des pellicules de poussière très glissantes en temps de pluie.

Les gravillons et pierres provenant de concassage sont, quant à leur compacité et stabilité sous charge supérieure aux gravillons roulés parce que l'angle de frottement interne dépasse celui du gravillon rond et leur cassure fraîche donne une meilleure adhésivité au liant.

Quant à la technique de répandage et pour ne pas s'exposer à des mécomptes, il est indispensable de répandre d'abord le gros gravillon, puis cylindrer légèrement et ensuite placer le fin ou le gros sable.

Les expériences nous ont montré que pour l'usager de routes stabilisées aux liants hydrocarbonés, aussi la forme des gravillons

joue un grand rôle, car les gravillons en plaquettes ou en aiguilles sont les destructeurs des pneumatiques. La meilleure forme est la forme cubique. Exiger de votre fournisseur des gravillons cubiques. Une autre exigence est de pouvoir disposer du gravillon propre, sec, sans poussière et exempt d'argile ; sa répartition dans l'espace doit être régulière et la quantité ne pas dépasser nos indications au mètre carré, ceci pour garantir une bonne adhérence et une résistance suffisante à la déformation. Il va de soi que pour assurer une bonne durée des revêtements, il faut que le sous-sol soit bien drainé, solide et stable.

Cliché ADIJ No 404



**Compactage de la chaille avec cylindre**

Les gravillons poreux ne sont parfois secs qu'en surface et au contact du liant, l'humidité occluse peut exsuder et empêcher une bonne adhérence, c'est-à-dire un bon enrobage.

Il s'avère souvent nécessaire de nettoyer le coffre de la boue et de l'argile remuée pour ne pas les laisser pénétrer dans les pores de minéral (remontées de marne).

### **La granulométrie des squelettes**

Pour assurer une compacité élevée, la granulométrie de l'ossature de la chaussée future doit réaliser des possibilités de certains mélanges homogènes d'éléments. Le compactage des pierres est bon lorsque sa densité atteindra 94 à 95 %, cela veut dire que les vides existants dans le squelette représentent encore 5 à 6 %. D'ailleurs, ces interstices diminueront encore dans le courant de quelques années sous l'effet de la compression du trafic jusqu'à 1 à 2 %.

Selon la pratique, la granulométrie discontinue, réalisée moyennant l'utilisation d'agrégats où les gros calibres sont nettement distincts

des calibres qui les suivent, donnera la plus grande probabilité pour obtenir une compression convenable.

Nous avons obtenu une bonne densité des agrégats pour la route lorsque le mélange homogène des éléments était le suivant :

environ un tiers de gros matériel de la fondation (chaille) : 14-16 cm. Ø	
environ un tiers de matériel moyen : 8-12 cm. Ø	
environ un tiers de fin matériel : 2- 5 cm. Ø	

Le fin matériel remplira les vides, augmentera la mobilité des éléments, ce qui facilitera la compression du squelette.

Un maximum de la résistance à la désagrégation et une grande portance nous sont assurées lorsque le **sous-sol, support de la chaussée, est rigide et stable ne montrant aucune tendance à la plastification due à l'existence d'argile**. Si vraiment l'infrastructure du sous-sol ne possède pas une stabilité en tout temps, il est alors indiqué, à part la recherche à une résistance maximale à la compression de prévoir une augmentation du liant d'environ 500 grammes de la teneur donnant le maximum de résistance pour rendre au revêtement une souplesse accrue et une faculté d'autoréparation et d'adaptation complète en cas de fissuration du tapis.

Cette plastification du sous-sol provient du fait que le bitume vieillit et que son étanchéité n'était plus assurée, permettant aux précipitations de pénétrer dans le sous-sol. Il aurait fallu répandre à titre d'entretien une nouvelle couche de bitume pour lui donner sa plasticité primitive.

### **Technique de compactage : stabilisation physique**

Nous avons vu tout à l'heure que le sol sous-jacent de la chaussée doit répondre à certaines conditions physiques pour être compacté.

#### **Rôle du rouleau compresseur**

Le cylindre ou vibrateur a la faculté de mettre les pierres de fondation en place. Il n'est pas nécessaire que les pierres soient écrasées ou trop serrées, la compression des pierres est obtenue par le coincement des éléments et la compacité de l'ensemble remplace la résistance individuelle des pierres.

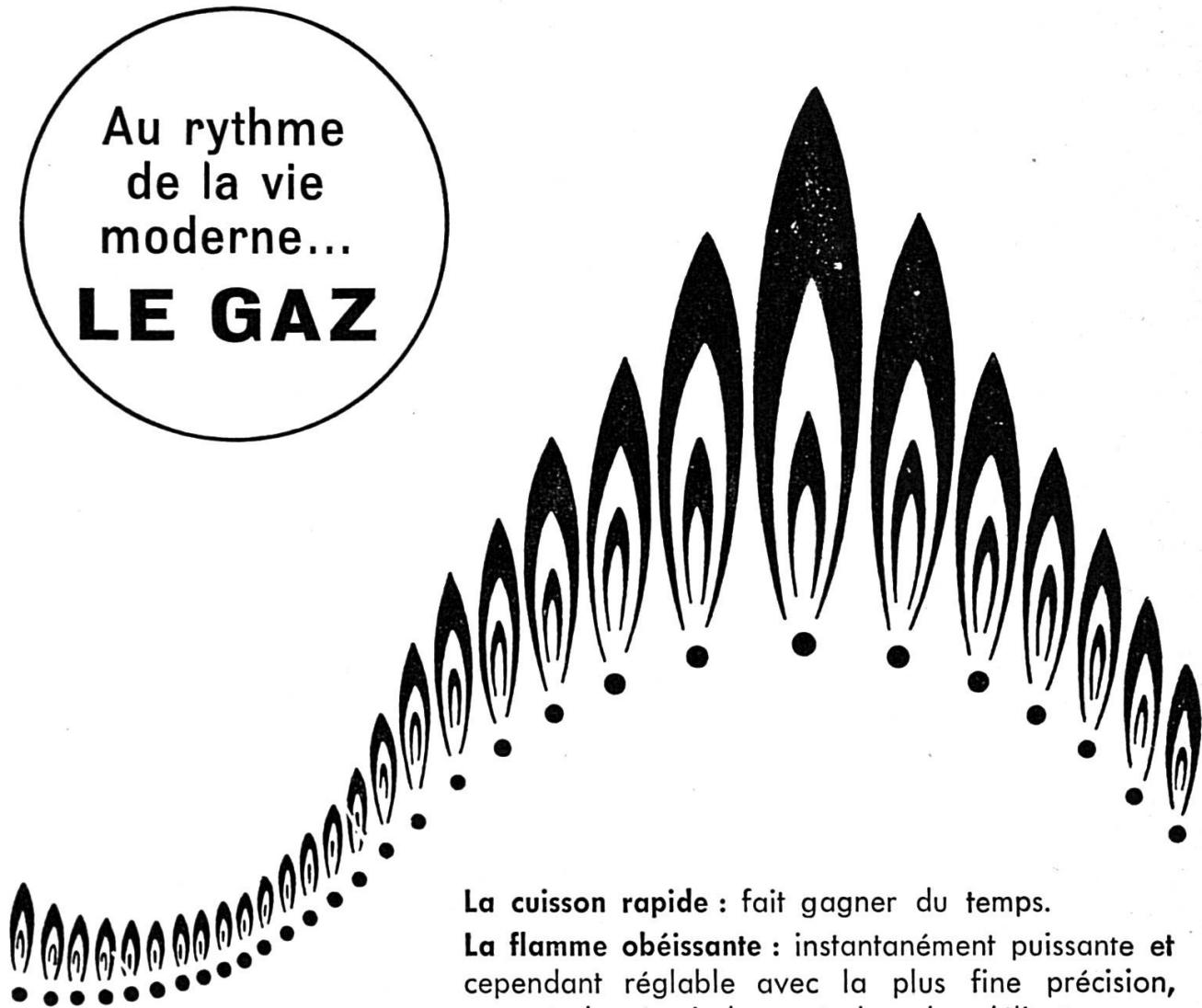
Le sol sous-jacent (coffre) de la chaussée doit répondre à certaines conditions physiques pour supporter un compactage des pierres formant les fondations. Ces conditions dépendent dans une large mesure de la composition du « mortier » de l'encaissement et de la présence d'un squelette plus ou moins nombreux. Si ce mortier est fortement argileux et que le « squelette » fait pour ainsi dire défaut, ce sol peut être qualifié de difficile pour le cylindrage.

En cas de précipitations prolongées, il faudrait laisser sécher le mortier avant de commencer le compactage. Ce séchage demande — selon l'intensité et la durée des précipitations — un certain laps de temps suivant la température et la ventilation de l'atmosphère. C'est au surveillant de juger lorsque le moment du cylindrage de la chaille est arrivé.

Un sol détrempé et soumis au compactage se plastifie et donne

Au rythme  
de la vie  
moderne...

## LE GAZ



**La cuisson rapide :** fait gagner du temps.

**La flamme obéissante :** instantanément puissante et cependant réglable avec la plus fine précision, permet de réussir les mets les plus délicats.

Les usines à gaz jurassiennes de

**Biènne**

**Delémont**

**Granges**

**Moutier**

**Porrentruy**

**Saint-Imier**

**Tavannes**

# **LOSINGER & C° S.A.**

ENTREPRISE DE TRAVAUX PUBLICS  
**DE LÉMONT**  
Téléphone (066) 2 12 43



**Travaux publics  
Travaux de routes  
Béton armé**

908

**La bière  
le champion  
des désaltérants**



909

naissance à des remontées de marne qui pénètrent dans le minéral devenant ainsi impropre à l'imprégnation chimique.

Dans ces conditions, le poids du rouleau ne doit pas excéder 5 à 6 tonnes, même lorsque le mortier est devenu à nouveau sec.

Le rouleau de 5 t. paraît suffisant en terrain dépourvu de pierres, tandis qu'en sous-sol pierreux, le cylindre devrait avoir 10 à 12 t. (sol carbonaté humique).

Le rouleau compresseur « Ammann », d'environ 5 à 6 t., possède une largeur de 1 m. 55 ; d'autres rouleaux ont une largeur variant de

Cliché ADIJ No 405



Première couche de chaille compactée

1 m. 80 à 2 m. et plus avec un poids de 10 t. et davantage. Ces engins peuvent augmenter de poids en remplissant les roues d'eau (l'est à varier).

Suivant nos expériences acquises, l'utilisation des cylindres moins larges est préférable aux larges, surtout sur nos artères forestières ayant, à l'exception des places d'évitement, une largeur carrossable de 3 m. seulement. Le conducteur du rouleau doit marcher toujours à la même vitesse (première), les démarriages et les arrêts ne doivent jamais être brusques mais lents en croisant les endroits. Cette technique nous aidera à éviter les dépressions, c'est-à-dire des ondulations dans les pierres à compacter. Les roues arrière assurent le compactage tandis que la roue avant (tricycle) répartit le matériau. L'homme conduisant le rouleau se base toujours sur les roues arrière pour effectuer les croisements des pierres à cylindrer.

Ayant constaté que bien des routes intercommunales s'étaient, au bout de vingt ans, gonflées par l'humidification des poches marneuses en formant des bas-fonds et des bourrelets à côté de la bande de roulement, provoquant ainsi la fissuration du revêtement et nécessitant le

déblaiement des couches argileuses et la construction à neuf de la route. Cet état de chose est en somme dû à la présence de la marne n'ayant pas été enlevée dans le coffre lors de la construction de la route.

A quel moment peut-on considérer le compactage comme étant terminé, c'est-à-dire combien de passes faudrait-il pour comprimer une ou plusieurs couches de pierres ?

On peut compter avec une vitesse du rouleau de 1 km/h. ; un cylindre de 10 t. marchant à 1 km/h. produit un travail de  $10 \times$

Cliché ADIJ No 406



Deuxième couche de chaille compactée

1 km. = 10 tonnes/km. Cette notion de **tonnes/km.** est fondamentale.

Exemple : L'épaisseur des pierres compactées en trois couches (22 cm. avant la compression),  $16 \text{ cm.} = 0,16 \text{ m}^3$  par  $\text{m}^2$ . A chaque passe de 1 km. le rouleau compacte  $1550 \text{ m}^2$  ( $1000 \times 1 \text{ m.} 55$ , largeur du rouleau).

L'intensité du compactage au  $\text{m}^2$  par passe sera de :

$$\frac{10 \text{ t.} \times 1 \text{ km.}}{1550} = 0,00645 \text{ t/km.}$$

Pour compacter 1  $\text{m}^3$  de matériau, il faudra environ 2 à 5 t/km. Supposons qu'il y a  $480 \text{ m}^3$  à compacter pour 1 km. ( $1000 \times 0,16 \times 3$ ), il faudra pour les mettre en place entre :

$$0,16 \times 2 \dots = 0,32 \text{ t/km.}$$

et

$$0,16 \times 5 \dots = 0,80 \text{ t/km. au } \text{m}^2.$$

Pour obtenir le compactage total, il faudra entre :

0,32 t/km. : 0,00645 = 49 passes

et

0,8 t/km. : 0,00645 = 124 passes

ou par couche de pierres entre :

$$\frac{49}{3} \dots = 16 \text{ passes}$$

$$\frac{124}{3} \dots = 41 \text{ passes}$$

Cliché ADIJ No 407



Couche de gravier dur 15/25 mm. compacté

Le cylindrage peut se faire ou bien avec un rouleau compresseur assez lourd selon la nature et les conditions physiques du sol au moment de compactage (5 à 12 t.), ou bien avec un rouleau vibrateur. Ce travail de compression est calculé par m<sup>2</sup>. En cylindrant des couches de pierres d'environ 16 cm. d'épaisseur en trois fois (avant compactage : 22 cm.), il faudrait compter pour une journée de dix heures environ 150 à 200 m<sup>2</sup>. La location d'un cylindre vibrateur se monte à environ 12 fr. à l'heure et celle d'un rouleau de 7 à 12 t. de 12 fr. à 14 fr. 50 à l'heure. La surface cylindrée par jour est à peu près semblable pour les deux genres de rouleau. Le temps aller et retour enregistré pour se rendre au chantier est compris dans la location.

Le compactage ne stabilise qu'une seule couche de pierres plus ou moins épaisse selon le poids de l'engin utilisé. La stabilisation des pierres sur une grande profondeur exige le cylindrage par couches successives (ne pas dépasser 12 cm. de profondeur par couche) ceci pour éviter que le matériau soit poussé en ondulations et que le compactage soit insuffisant.

Suivant la nature et les conditions physiques du sous-sol, l'on peut

varier la composition et l'épaisseur des couches de fondation pour l'obtention d'une force portante suffisante. Sur le rocher, par exemple, la couche de chaille (petite 2-5 cm.  $\phi$ ) peut être réduite à 4 cm.

La surveillance des travaux doit avoir un œil vigilant sur les grandes pierres dans la couche de pierres tout-venant à compacter qui, une fois en place, doivent être concassées pour empêcher de basculer plus tard sous la charge des véhicules. Nous devons faire observer que les matériaux de rivière trop ronds et employés dans l'agrégat doivent être cassés avant de les répandre sur l'encaissement car ils peuvent

Cliché ADIJ No 408



Epandage de « Composol A » à chaud

provoquer des déformations, se décompacter et aussi l'enrobage en goudron se fait moins bien. S'il s'agit de gravier de rivière, au moins le 50 % en poids devra avoir une surface anguleuse.

L'épandage à coups de pelle du matériau pierreux tout-venant dans le coffre provenant des déblais et des carrières doit se faire en deux couches successivement compactées  $2 \times 9 \text{ cm.} = 18 \text{ cm.}$  avant compression pour arriver à une épaisseur de 12 cm. comprimée.

Si le coffre est dépourvu de pierres et se compose de l'argile, il peut se présenter certaines difficultés attribuées au fait que l'eau de pluie chemine longitudinalement dans les ornières creusées dans la marne par les camions transporteurs de pierres, ne s'écoule pas latéralement, détrempe l'argile et entraîne des remontées de marne. Il faut alors arrêter les transports, attendre le beau temps et laisser sécher le caisson.

Sur les deux couches de pierres comprimées à 12 cm. on répandra une nouvelle couche de pierres très dures et propres concassées de 4 cm. d'épaisseur, de l'ordre de grandeur de 15 à 25 mm. Ces pierres cassées, avec des surfaces anguleuses ne doivent pas se mâcher sous le poids du cylindre. Si tel devait être le cas, l'enrobage des pierres pourrait être compromis, car ce serait cette poussière qui absorberait

les émulsions destinées à enrober ces éléments individuels des fondations.

Une fois le compactage terminé et contrôlé, avant de passer à la phase suivante, un travail de surfacage doit être effectué pour obtenir de bons profils en long et en travers (tolérance en profils en travers = 1 cm. sur une règle de 3 m.). Il est inévitable qu'entre le moment de fin compactage et le moment d'application des couches d'imprégnation, qu'il y ait quelques désagrégations à réparer en raclant les parties ayant du gravier roulant de l'ordre de 2 à 4 cm. de profondeur

Cliché ADIJ No 409



Gravillonnage du « Composol A » 15/25 mm.  
avant cylindrage

et en rapportant du gravier dans les flâches. Le tout cylindré pour incorporer ce gravier d'apport au restant de la masse.

Les techniques modernes de construction de chaussées en sol stabilisé au bitume sont très nombreuses et leur choix dans chaque cas pose un problème.

### Caractéristiques des émulsions routières

Ce sont les bitumes de pétrole et les goudrons de houille qui forment la base des émulsions du système « Compactage aux Composols ».

Les goudrons employés dans la technique routière sont des produits obtenus par distillation de la houille et les bitumes du pétrole sont tirés des produits naturels ou encore obtenus par la distillation des produits extraits du pétrole.

Une émulsion routière est un mélange, une dispersion de deux constituants non miscibles l'un dans l'autre ; elle sert à disperser surtout les substances hydrophobes dans des liquides hydrophiles.

Une émulsion est donc un complexe à deux phases qui diffère des suspensions grossières par la finesse des globules ou des granules dispersés et par la stabilité du complexe obtenu.

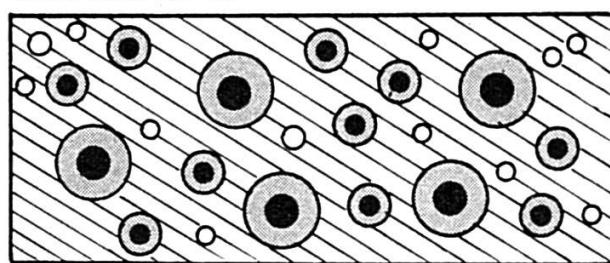
La plupart des globules d'émulsions routières ont une grandeur d'ordre 1 à 5  $\mu$  ; donc beaucoup supérieure à un millimicron.

La surface énorme des globules développée par les émulsions d'un gramme de bitume dispersé sous forme d'une émulsion à 50 % contiendra dans ses 2 cm<sup>3</sup> plus de 15 milliards de globules d'un diamètre moyen de 5 μ, c'est-à-dire la surface totale de ces globules sera de 12 000 cm<sup>2</sup> pour 1 g. de bitume.

Par l'application de l'émulsion, il est devenu possible, grâce à la dispersion très grande des granules du liant, de répandre ce dernier à chaud et à froid sur le squelette en un film très fin mais homogène, à condition toutefois que l'adhérence au minéral, qui est d'ordre chimique, se fasse. Les émulsions rendant possible dans la technique routière de répandre à froid les liants très visqueux en arrière-saison et

**Emulsion directe de bitume Oil-Water  
fortement grossie**

Cliché ADIJ No 410



Une gouttelette d'eau possède dans son intérieur un globule de bitume

époque précoce et de les faire adhérer à des matériaux légèrement humides et sans inconvénient si l'évaporation de l'eau d'émulsion se fait dans un temps non excessif.

Il y a deux types d'émulsions :

1. **Les émulsions directes, ou O-W** appelées émulsions « Oil-Water » constituées par le bitume dispersé dans l'eau, c'est-à-dire une gouttelette d'eau extrêmement fine possède dans son intérieur une gouttelette de bitume.
2. **Les émulsions inverses (indirectes) ou W-O** appelées : « Water-Oil » constituées par des globules d'eau dispersés dans le liant, c'est-à-dire une gouttelette de liant possède dans son intérieur un globule d'eau.

Ces émulsions, conductrices de l'électricité, doivent être stabilisées pour ne pas s'altérer chimiquement. Cette stabilisation est réalisée moyennant l'adjonction **d'un corps protecteur** appelé **émulsif**. Beaucoup de corps émulsifs sont des électrolytes. Le rôle de cet émulsif consiste à abaisser la tension interfaciale entre les deux phases et à empêcher la soudure directe des globules venant accidentellement en contact.

Le phénomène de soudure de plusieurs éléments entrant en contact en formant un globule plus volumineux est appelé « coalescence » qui réalise finalement la rupture de l'émulsion, une séparation franche et complète des deux phases.

## **Les savons sont des émulsifs.**

Les émulsions peuvent être classées en deux catégories :

- a) en émulsif ionisable ;
- b) en émulsif non ionisable.

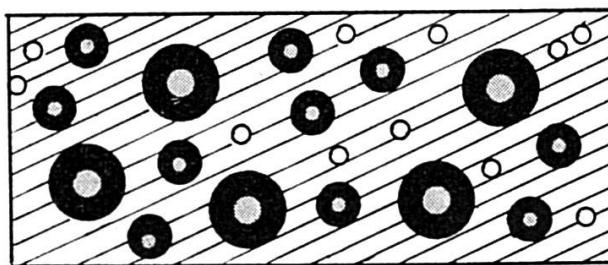
L'émulsif ionisable est constitué par des électrolytes qui se dissolvent dans l'eau en deux fractions électrisées, l'une **l'anion = électricité négative, l'autre le cation = électricité positive.**

Les globules d'émulsions sont chargés d'électricité, cette charge étant un facteur de stabilité.

D'après la règle de « Coehn » qui est la suivante :

**Emulsion indirecte de goudron Water-Oil  
fortement grossie**

Cliché ADIJ No 411



**Une gouttelette de goudron possède dans son intérieur un globule d'eau**

« Si une substance est dispersée dans une autre, la substance qui a la constante diélectrique supérieure est chargée positivement par rapport à l'autre », **la phase aqueuse d'une émulsion a une charge positive et la phase bitumeuse a une charge négative.** Autrement dit : les granules bitumeux d'une émulsion directe O-W sont chargés négativement, les globules d'eau dans une émulsion inverse W-O sont chargés positivement à l'exception des émulsions à pH acide.

Nous distinguons alors des émulsions basiques (pH 7 et plus) à savon alcalin (savons anioniques) et des émulsions acides (pH 7 et moins) savon cationique (savons métalliques, etc.).

**Les émulsions bitumeuses basiques** (émulsions directes et courantes) et les émulsions acides (émulsions inverses de bitume ou de goudron) jouent un très grand rôle dans la technique routière pour des raisons de bonnes adhérences chimiques aux divers types de squelette, tantôt anionique en phase aqueuse (silex) etc. et tantôt cationique de toute nature).

**Le minéral calcaire étant alcalin (basique), il possède une armature électrique positive tandis que les gravillons siliceux, silex, quartzites étant acides ont une charge électrique négative.**

Tous les liants adhèrent bien aux minéraux hydrophobes (calcaires) et mal aux matériaux hydrophiles (siliceux).

Nous ne devons pas perdre de vue qu'une bonne plasticité du revêtement dépend de la présence d'une certaine quantité d'huiles

lourdes. Ces phénomènes ne seront réalisables que lorsque les températures et la ventilation sont bonnes.

La perte d'huile d'un liant plastique entraîne son durcissement et un accroissement de cohésion, de viscosité et de dureté bien entendu jusqu'à une certaine limite. Cette limite passée, la cohésion diminue à mesure que la dureté augmente, le liant devient fragile et se fissure superficiellement.

Un liant hydrocarboné, goudron et bitume, étant un liquide colloïdal complexe, doit répondre au critérium suivant :

L'aptitude de garder une dureté adéquate, mais inférieure à la dureté limite et de la conserver vis-à-vis des variations de la température aussi constante que possible.

### Mise en œuvre des émulsions de bitume

La chaussée est à nettoyer le mieux possible des poussières qui empêchent l'adhérence en cas de rénovation de routes bitumées existantes ; elle doit être séchée, soit légèrement humide. Ne pas brosser contre les vents (enlèvement de la boue de l'encaissement des routes à construire).

Une nouvelle couche doit être répandue seulement lorsque la précédente est bien rompue (quelques heures) sinon, on a des remises en émulsion intérieures très nuisibles, l'émulsion qui a pénétré étant à l'abri de l'évaporation et la rupture est par conséquent retardée. La mosaïque bitumeuse du revêtement doit être rendue indéformable en utilisant le minimum de liant compatible avec une résistance à la cohésion. Lorsque l'émulsion est coagulée, ce processus est annoncé par un changement de couleur du brun au noir. D'autre part, il y a lieu de faire la preuve du pouce pour savoir si le liant adhère bien chimiquement au minéral.

A plusieurs reprises déjà, nous avons dû constater que pendant les périodes humides et froides de l'arrière-saison et aussi lorsque la température baisse au-dessous du point de congélation de l'eau, qu'il n'y a pas d'adhérence aux squelettes parce que la rupture de l'émulsion est déficiente. Il se forme aux pierres alors une petite peau superficielle renfermant de l'eau arrêtant sa vaporisation et par conséquent empêche le bitume d'adhérer au minéral chimiquement.

Les émulsions mises en œuvre et soumises au séchage produisent — après un certain temps une certaine concentration — par l'évaporation de l'eau d'abord, des huiles légères fluidifiantes et volatiles ensuite, en entraînant en même temps celle des huiles plastifiantes plus lourdes en quantité suffisante afin d'assurer une bonne adhérité. Ce processus appelé aussi prise du liant en couche mince et homogène ne demande que quelques heures par jour ensoleillé et chaud ; elle peut se prolonger au-delà d'une semaine en cas de mauvais temps.

Comme nous le voyons, les conditions de rupture de l'émulsion sont influencées par les phénomènes d'évaporation et de capillarité, la rupture est retardée de plusieurs heures par la pluie et le brouillard et accélérée par le temps sec, chaud ou par temps de vent.

Si l'émulsion stockée est exposée aux gelées blanches, sa stabilité compromise par la congélation de l'eau entraîne l'élimination du

complexe hydraté, ne pouvant plus se refermer au dégel et l'émulsion tranche.

Pour la technique routière, il importe que l'adhésivité du liant aux minéraux soit maximale et résiste au décollement par l'action mécanique et par conséquent à la détérioration du revêtement, surtout en présence de l'eau.

Le surveillant des travaux doit veiller à ce que le squelette soit

Cliché ADIJ No 412



Artère forestière aménagée au système : « Compaction aux Composols »

propre et sec et que le mouillage du liant ne soit pas empêché par l'interposition de matières fines de poussières colloïdales humiques ou argileuses. Un minéral propre et sec donnera toutes les assurances pour que certaines fractions de résines du goudron soient adsorbées à sa surface.

Pour réaliser une soudure convenable des globules de liant à l'ossature de la route (calcaire et siliceux) qui est **d'ordre chimique**, il faut que l'évaporation de l'eau de l'émulsion se fasse vite, sinon le liant n'adhère que d'une façon insuffisante.

Nous distinguons deux modes de rupture (coagulation) des émulsions routières :

1. rupture par contact et
2. rupture par évaporation de la phase aqueuse.

1. Au contact du squelette de la chaussée, l'émulsion se rompt immédiatement parce que l'adsorption de l'émulsif — corps protecteur

des granules de liant — par la capillarité de la surface de l'ossature — entraîne un appauvrissement de la protection des globules qui conduira à la rupture de l'émulsion.

2. Par l'évaporation rapide de la phase aqueuse de l'émulsion, la coagulation se fait, elle consiste en une séparation franche des deux phases en présence.

Nous savons que la tendance à la rupture est accrue lorsqu'il y a concentration de liant dans les émulsions. Cette concentration est atteinte par l'évaporation de l'eau. Lorsque cette concentration de liant atteint 75 à 82 %, les émulsions à rupture rapide se rompent. D'autres émulsions à rupture semi-lentes exigent 90 à 92 % et les lentes 92 à 95 % de concentration pour se séparer.

Il est à retenir que le comportement d'un tapis d'une chaussée très fréquentée est meilleur que celui d'une route peu circulée. Les craquelures éventuellement superficielles se referment sous l'action mécanique de la circulation et à l'aide d'une température adéquate. La vitesse d'évaporation des huiles du liant est fonction de l'atmosphère qu'il entoure, mais on doit aussi tenir compte que cette vaporisation d'huiles légères entraîne mécaniquement une partie des huiles lourdes. Il est alors clair que la perte d'huiles d'un liant plastique provoque son durcissement, accroît sa viscosité et sa dureté tout en augmentant sa cohésion.

Nous savons aujourd'hui que les revêtements d'une chaussée sont protégés contre le vieillissement par la présence des huiles **anthracéniques moyennes et lourdes** distillant entre 300 à 360° C.

Les liants contenant ces huiles en quantité suffisante (pas plus que 60 %) seront fournis par les industries routières spécialisées, nous donnant ainsi la garantie contre un vieillissement prématué.

### **Technique des répandages = stabilisation chimique**

Les répandages d'émulsions peuvent être exécutés à chaud ou à froid. Ce sont les émulsions directes de bitumes à froid et les émulsions indirectes de goudrons à chaud qui nous intéressent.

Différents calibres de gravillons sont utilisés :

Des gravillons de dimensions 15/25, 10/15, 5/8, 3/5.

On peut utiliser deux calibres de gravillons successifs, éviter alors de répandre d'abord le fin gravillon, puis ensuite le gros, il faut au contraire, placer d'abord le gros, puis le cylindrer légèrement et ensuite épandre le fin ou du gros sable.

Quant à l'émulsion de goudron, il ne faut pas la surchauffer (60 à 65° C). La surchauffe détruit l'émulsion, fait partir des huiles légères et diminue le pouvoir d'enrobage.

Il faut respecter les directives données quant à la quantité des émulsions à répandre (voir traitements de base et supérieur).

Un excès de liant au mètre carré risque du ressuage, des ondulations et des chaussées glissantes parce qu'il y a remontée du liant au-dessus de la mosaïque par l'influence thermique du soleil et de la circulation.

Une insuffisance par contre provoque une cohésion déficiente des gravillons et le revêtement manque d'étanchéité et de tenue.

Selon nos expériences, il y a lieu d'étendre la couche à chaud de

l'émulsion de goudron d'une seule fois soit 1,2 kg. au mètre carré (monocouche), tandis que les émulsions de bitume sont à répandre en couches triples (traitement supérieur).

La résistance des gravillons doit être uniforme et exempte de matériaux tendres (proscrire l'emploi de gravillons mélangés à des matières chisteuses, gypseuses et calcaires) et son état doit être sec.

Les récents progrès dans la technique des liants résident non seulement dans le dosage du liant au prorata de sa viscosité, de la circulation, de la grosseur des gravillons mais aussi dans la granulométrie des revêtements dans le sens d'une augmentation de leur durée tout en accroissant la sécurité (antidérapant) par la suppression des glissades.

### **Influence climatologique**

Le succès final résultant de l'application des liants hydrocarboneés en technique routière dépend des conditions — limites d'ambiance et de climat.

Sous le régime du beau temps, une bonne réalisation est assurée.

Des pluies violentes ou prolongées empêchent l'adhésivité du liant aux minéraux. Le degré hygrométrique de l'air ainsi que des brouillards ont une influence de retardement sur le mécanisme de rupture et sur l'adhérence du liant aux pierres. Cette adhésivité est réalisée seule avec un temps suffisamment sec et chaud. La condition principale est alors l'accroissement rapide de la viscosité du liant avant l'apparition des pluies prolongées ou averses violentes. La vaporisation rapide des huiles en excédent de l'émulsion provoque une augmentation de la viscosité et par conséquent la faculté d'enrobage des pierres s'accroît. Cet accroissement de viscosité conduit à une bonne cohésion interne du liant tout en accélérant sa résistance au décolllement des gravillons par l'eau de pluie. **L'épandage du liant se fait sur sur une surface sèche et le gravillonnage suit d'aussi près que possible le répandage pour que la surface du gravillon sec soit bien mouillée par le liant encore fluide.**

Un excès d'huiles plastifiantes dans un liant répandu sur la chaussée donnerait naissance à un produit sans cohésion et sans tenue, facteurs étant dus à une mauvaise prise dans des conditions d'évaporation et de capillarité insuffisantes.

Ces huiles moyennes et lourdes donnant au tapis la plasticité recherchée sont appelées « anthracéniques ».

### **Le cylindrage doit suivre aussi vite que possible le gravillonnage**

Il semble prudent d'éviter de répandre ces liants au-delà du 30 septembre ; ne pas dépasser le 20 octobre.

Une supériorité des émulsions de bitume sur les liants à chaud réside précisément dans la faculté de pouvoir être répandues sans chauffement préalable et aussi de pouvoir les utiliser sur chaussée et agrégats humides.

L'avantage de ces émulsions à froid en arrière-saison ou saison précoce est de donner une viscosité suffisante. L'émulsion ne se fige pas instantanément comme le liant répandu à chaud et le liant peut

adhérer sans risques. La raison de cette faculté étant basée sur le mécanisme correct du produit lorsque l'évaporation de l'eau a atteint un certain degré. En automne, la vaporisation est — à la suite de l'abaissement de la température — retardée ou même arrêtée par l'existence d'un degré hygrométrique élevé de l'air, par l'absence d'une bonne ventilation, par la présence des brouillards, etc.

Passé le délai du 20 octobre, dans notre pays en général, la rupture de l'émulsion ne se fait plus correctement et au lieu que le bitume se soude à la paroi des pierres, il se forme une peau de bitume en surface, arrêtant le processus de séchage.

### Influence du trafic

Il est connu que si la granulométrie de l'ossature de la route est correctement composée, les vides existant après compactage et enrobage du liant sont à peu près comblés.

Le squelette stabilisé d'abord physiquement et ensuite chimiquement ne doit non seulement être rigide mais aussi être en même temps plastique pour pouvoir supporter les efforts mécaniques provoqués par les lourdes charges et par l'action d'arrachement néfaste des pneumatiques modernes.

Il est alors compréhensible qu'une artère soumise à un trafic intense et lourd doive être munie d'un revêtement suffisamment épais qui répartit mieux les pressions. Un tapis trop mince risque sous les fortes charges, durant l'été, de subir le cisaillement ou de se fissurer pendant l'hiver, suivant les variations ambiantes thermiques.

**De son côté, le sous-sol doit être absolument stable et rigide et avoir une stabilité en tout temps.** Si cela n'était pas le cas, il nous faudra chercher la résistance maximale à la compression et une certaine richesse en liant donne toutefois plus de souplesse et de faculté d'autoréparation et d'adaptation complète. Cette richesse en bitume ne doit cependant pas dépasser 500 grammes de la quantité prévue si l'on ne veut pas courir le risque que l'angle de frottement interne tombe de 35° à une valeur inférieure de 20°. Pour parer à une fissuration du tapis provoquée par des mouvements très lents du sous-sol, une autoréparation par cette richesse en liant, est donc réalisable. Ces mouvements du sous-sol peuvent se dessiner aux fondations importantes et récentes ayant été comprimées d'une manière incomplète. Il faut laisser se tasser les grands remblais pendant l'hiver pour éviter des mouvements subséquents.

Les revêtements bitumeux possèdent un facteur de dilatation plus élevé que celui des roches et empierrement et par suite de rétraction thermique par temps de grands froids, on peut observer **des fissurations d'un tapis trop pauvre en liant ou encore exécuté avec un bitume trop dur.**

On sait que le bitume vieillit très lentement et la science cherche à ralentir ce procédé en lui incorporant en faibles quantités certaines additions.

Les propriétés mécaniques des sols et des liants hydrocarbonés nous assurent un maximum de durabilité, un minimum d'entretien et une qualité exceptionnelle des revêtements de routes.

Cette étude traitant tous les aspects des nouvelles techniques à

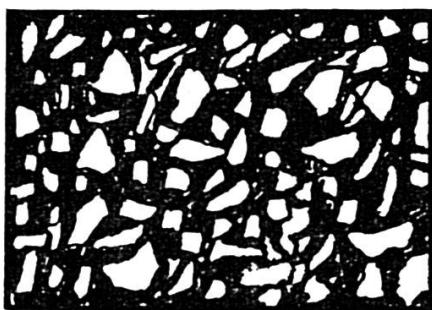
appliquer dans la construction moderne de routes forestières se fixait le but d'en orienter les ingénieurs forestiers, de créer une ambiance de confiance leur permettant de s'engager sans hésitation dans cette nouvelle voie de réalisation.

La nouvelle route correctement exécutée selon les techniques du type « Compactage aux Composols » ne demandera pendant vingt ans aucun entretien dû à l'usure de la bande de roulement par la fréquentation des véhicules transporteurs et **c'est cet entretien futur quasi inexistant qui est d'une importance capitale pour notre économie forestière.**

Toutes ces questions ayant été résolues pour vous, si bien du côté

**Mortier bitumeux gros de la bande de roulement  
gros grains siliceux 1 à 3 et 3 à 5 mm.  
type : papier de verre**

Cliché ADIJ No 413



**Vue dessus**

scientifique que du côté pratique, de sorte que l'application du système « Compactage aux Composols » deviendra pour les entreprises routières et aussi pour les intellectuels chargés de la surveillance, un jeu d'enfant.

### **La stabilisation chimique s'exécute comme suit :**

La stabilisation chimique s'exécute au moment où la stabilisation physique est complètement terminée. Cela veut dire après l'achèvement du compactage des trois couches de pierres (deux couches de chaille et une couche de gravier spécial dur) et des travaux de surfaçage éventuels.

#### **a) Traitement de base**

Une émulsion spéciale de goudron (indirecte W-O) appelée « Composol A », chauffée préalablement à 60-65° C. sera épandue en monocouche sur l'agrégat compacté à raison de 1,2 kg/m<sup>2</sup>, suivie de suite d'un répandage d'un gravillon calcaire de 15/25 mm. en quantité de 10 litres/m<sup>2</sup>, suivie de près d'un léger cylindrage.

Le procédé d'enrobage peut durer selon la vitesse de l'évaporation de l'eau, étant fonction du temps et des températures — une à plusieurs heures. Les éléments de pierres doivent être complètement noircis avant de continuer le processus (preuve du pouce).

## b) Traitement supérieur

Après avoir constaté que l'enrobage du « Composol A » est terminé, c'est-à-dire que la prise du liant est chose réalisée, la phase suivante doit commencer.

On épandra maintenant une émulsion spéciale de bitume à froid, appelée « Composol B » (émulsion directe O-W) d'une quantité totale de 2,4 kg/m<sup>2</sup> en couches triples successives. De suite après l'épandage de la première couche de bitume de 0,800 kg/m<sup>2</sup>, il faut épandre du gravier siliceux de 10/15 mm. à raison de 5 litres/m<sup>2</sup>, suivi de près d'un cylindrage léger. La prise du liant se manifeste ici par un changement de couleur du brun foncé au noir. Le répandage du gravillon suivra immédiatement la mise en œuvre du bitume, suivie de près par le rouleau.

La deuxième couche sera appliquée aussi avec 0,800 kg/m<sup>2</sup> après la prise du liant de la première couche et gravillonnée avec du 5/8 mm. 5 litres/m<sup>2</sup>; compacter immédiatement.

La troisième et dernière couche de 0,800 kg/m<sup>2</sup> sera épandue après le séchage convenable de la deuxième couche et gravillonnée avec 5 litres/m<sup>2</sup> du calibre 3/5 mm. et compactée de suite d'une façon légère.

Nous savons par expérience que le véhicule transporteur et ayant une voie d'environ 1 m. 90 à l'avant et 1 m. 70 à l'arrière (avec pneus jumelés) circule toujours approximativement sur la même bande de roulement qui se situe de chaque côté de l'axe de la route forestière de 85 à 105 cm. à l'avant et de 60 à 110 cm. à l'arrière. Pour tenir compte de cette circonstance, nous renforçons en liant le revêtement sur 1 m. de largeur à mesurer des deux bords de la route carrossable au détriment du milieu. De cette façon, nous pourrons prolonger la durabilité de la bande d'usure mise à contribution par les camions transporteurs.

L'expression liant signifie une action destinée à lier les éléments de pierres entre eux. Comme nous avons pu le voir plus haut, ces liants doivent maintenir les couches de pierres dans leur état de compactage.

L'épandage du liant est toujours à faire en général en plusieurs passes, afin de réaliser une répartition aussi régulière que possible dans le squelette. Le traitement supérieur doit toujours être exécuté sur le traitement de base afin d'empêcher l'infiltration de l'eau. Le liant est ainsi concentré à la partie supérieure pour donner cohésion et imperméabilité à la couche d'usure.

Les expériences ont prouvé que la qualité des matériaux et aussi la précision avec laquelle on exécute un revêtement relativement faible, jouent un grand rôle. Plus un tapis est mince (dans notre cas environ 20 mm.), plus son exécution demande une préparation exacte. Une erreur de dosage en liant de la bande de roulement peut avoir éventuellement des conséquences fâcheuses pour son comportement. Un manque de bitume rendra le revêtement poreux et fragile, un excédent lui fera perdre sa stabilité et l'on obtiendra des vagues et une chaussée glissante sous la compression des véhicules parce que le surplus du liant remonte en surface. Le proverbe « trop et trop peu gâte tous les jeux » conserve ici toute sa valeur.

Pierre de bordure en béton armé

32 cm

Couche de roulement à gravillon siliceux à gravillon calcaire

env 2 cm

4 cm

16 cm

6 cm

Coupe schématique du profil normal du type :  
Compactage aux Composols  
figurant : chaille et gravier en blanc,  
le mortier (goudron, bitume) en noir

Mortier bitumeux gros  
Granulométrie 3 - 5 mm.  
Béton bitumeux fin  
Granulométrie 5 - 8 mm.

Béton bitumeux fin  
de 10 - 15 mm.

Béton bitumeux de 15 - 25 mm.  
Sous-couche de 4 cm.  
avec gravier concassé calcaire dur à granulométrie discontinue  
15 - 25 mm.  
Béton moyen réalisé à chaud et à froid combiné

Gros béton de sous-couche à granulométrie discontinue en calcaire de 20 - 180 mm.  
Répartition :  $\frac{1}{3}$  de 20- 50 mm.  
 $\frac{1}{3}$  de 60-120 mm.  
 $\frac{1}{3}$  de 130-180 mm.  
Type réalisé à chaud et à froid

Gros béton de sous-couche même composition

Cliché ADIJ No 414

La durabilité et le degré de rugosité du tapis à confectionner sont conditionnés par la composition des agrégats utilisés et du comportement du liant bitumineux.

Le surveillant des travaux doit vouer une grande attention à la qualité et à la nature de la pierre au calibre maximum de gravier concassé et à la granulométrie, parce que ce n'est pas seulement l'insensibilité du tapis vis-à-vis des températures qui importe quant à la rugosité et à la durabilité, mais aussi sa composition granulométrique et sa structure de la surface.

La structure superficielle prévue pour nos routes forestières correctement exécutées peut être taxée comme un revêtement à texture fine et fermée du type de papier en verre présentant une mosaïque dit antidérapante. Cette structure de la surface d'usure contribue pour une bonne part à la sécurité du trafic. D'autre part, le bitume ne doit pas se liquéfier sous l'influence des températures élevées auxquelles le revêtement de la chaussée est susceptible d'être soumis.

Des essais entrepris ont démontré qu'il se développe entre les pneus et la bande d'usure, lors de freinage brusque, les roues bloquées glissant sur la chaussée jusqu'à ce que la force vive soit anéantie, des températures allant jusqu'à 200° C. Ces hautes températures n'interviennent naturellement qu'un instant, mais il est alors important que le bitume ne se transforme pas en couche visqueuse et glissante entre pneus et chaussée. C'est la raison pour laquelle le tapis doit être insensible aux températures de —30° à + 200° C.

Pour atteindre ce but, les conditions de dosage en liant, en gravier, ainsi que sa granulométrie, doivent être soigneusement respectées.

Pourquoi les anciens revêtements étaient-ils glissants ?

Parce qu'il y avait excédent en liant et l'on y mêlangea du gravier calcaire qui, sous la charge des véhicules, s'écrasa, formant une espèce de farine rendant la chaussée visqueuse, ceci en une période où l'on ne discutait pas encore de la rugosité du tapis, mais plutôt de la lutte contre la poussière.

Le revêtement bitumineux, grâce à sa faculté d'adsorber la chaleur du soleil, mais aussi celle exercée par le pneu, est moins sujet à la formation du verglas que les autres revêtements. En raison de ses propriétés physiques, le comportement des liants bitumineux est élastique et plastique, sa souplesse assure au tapis un bon contact avec la forme de la chaussée.

D'une façon générale, la stabilisation d'un sol par un liant bitumineux est le nom donné aux méthodes de construction dans lesquelles le liant est incorporé au sol lui-même où à des agrégats étrangers pour constituer une couche de structure supérieure. La cohésion et l'adhésivité du sol sont augmentées en y ajoutant un liant hydrocarboné qui enrobe l'agrégat de surface. La présence de graviers concassés en quantité réduit le pour-cent de liant en augmentant la stabilité mécanique de l'ensemble. Il se peut que les matériaux locaux appliqués dans le squelette soient souvent de structure tendre, inconveniente que neutralise leur compacité relative.

Les chaussées construites en matériaux enrobés sur place par nos « Composols A et B » représentent un uni remarquable, réduisant la



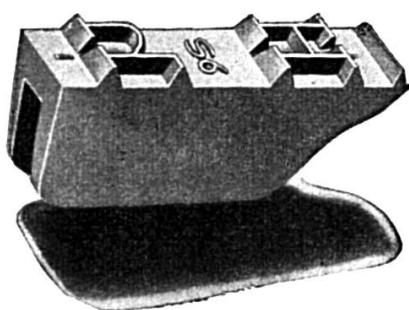
Premiers  
**meubles**  
suisses

en acier,  
de haute qualité

Installations  
de bureaux  
**BIENNE**

*Charles*  
**Ruhm**  
& C°

913



**SETAG S.A.**

FABRIQUE DE CARACTÈRES POUR MACHINES À ÉCRIRE

BASSECOURT

Tél. (066) 3 72 52

914

## **Les Fabriques de Balanciers Réunies S. A.**

**à Bienne et leurs succursales dans le Jura bernois**

Saignelégier

Saint-Imier

Evilard

Bienne

vous fournissent toute la gamme de balanciers

922

## **A. + H. HIRT S.A.**

BIENNE, Längasse 28  
Tél. (032) 2 23 85

SAINT-IMIER, rue du Soleil 5  
Tél. (039) 4 24 62

Goudronnages - Pavages - Cylindrages - Terrassements  
Revêtements bitumeux

**Tous travaux avec pelle mécanique  
ou trax**

924

consommation et l'usure des véhicules et accroissant le confort tout en restant antidérapantes à condition que l'application de ce procédé de construction se fasse exactement selon nos directives.

A part l'avantage du liant bitumineux d'empêcher les herbes d'envahir la chaussée (herbicide) mentionnons encore qu'en raison de l'élasticité des pneumatiques et de la plasticité du bitume, on prétend que la charge se répartit sur une plus grande surface de roulement, d'où pression réduite.

La pression du pneumatique exercée sur la route correspond à son gonflage, étant donné que la surface de contact du pneu avec la route augmente avec la charge supportée.

Le bitume précieux et irremplaçable dans une vaste gamme de travaux par suite de ses propriétés extraordinaires était déjà fort bien connu dans l'ancien temps.

En effet, trois mille ans avant Jésus-Christ, une industrie florissante des bitumes paraissait exister en Mésopotamie. Cette industrie restait complètement ignorée après la chute de Babylone en 538 avant Jésus-Christ pendant plus de deux mille ans par la civilisation occidentale.

### **La modernisation des routes forestières existantes**

La traction automobile chargée de transporter les produits ligneux de nos forêts a modifié d'une façon décisive le trafic forestier depuis une trentaine d'années grâce à l'essor inattendu de cette industrie.

Il est connu et chaque ingénieur forestier a pu faire ses propres expériences, que l'entretien de nos chemins forestiers construits selon le système classique est coûteux dans les premières années qui suivent leur construction. Le cylindrage de la bande de roulement de la chaussée améliore certainement son état, cependant, cette amélioration ne peut pas la rendre imperméable, résistante à l'érosion et à l'action néfaste d'arrachement des pneumatiques modernes et encore moins supprimer les vides existant dans son empierrement.

L'entretien est onéreux :

1. pour les chemins accusant de fortes déclivités et
2. pour les chemins à plat à très faible pente.

Sur les chemins fortement en pente ayant été rechargés de gravier sans compactage, il suffit souvent d'une trombe d'eau pour que le gravier soit enlevé partiellement ou totalement et amené dans le bas, la surface superficielle est alors creusée et minée. Les frais de restauration d'une pareille chaussée se chiffrent alors, selon les circonstances, à des centaines de francs.

Quant aux artères construites aux endroits plats, même avec fossés longitudinaux, l'on doit souvent faire la constatation que par négligence, des saignées de banquette se trouvent bouchées, les fossés mal curés et la chaussée mal entretenue. Les précipitations s'écoulant mal sur de pareils chemins, elles stationnent dans les petites cuvettes et les détrempe. Lorsque le transport du bois s'effectue sur ces artères après de fortes pluies, les endroits détrempe et ramollis céderont sous la charge des véhicules et forment à la suite des trous, isolés d'abord, puis en chapelets nommés « nids de poule », dans les

quels l'eau de pluie s'accumule et stationne à nouveau, et le même processus se répétera x fois.

La chaussée à hérisson cylindrée résiste mal aux efforts de cisaillement et d'écrasement des véhicules hippomobiles à bandages métalliques. Ces chars, avec une charge de 6 t. au plus, exercent une pression unitaire très élevée et produisent sous l'effet de cisaillement des ornières, sources d'accumulation d'eau de surface. Par contre, elle ne résiste pas à l'action d'arrachement des pneumatiques, surtout à profil ventouse, des voitures motorisées à cause du manque de cohésion de la surface superficielle. En effet, les pierres ne sont liées entre elles que par du gravier plus ou moins gras et qui ne joue le rôle de liant que lorsqu'il est humide.

Pour éviter cet inconvénient, des essais ont été faits au liant hydraulique, avec lequel l'on obtient un macadam mortier. Cependant cette méthode de construction fut abandonnée à son tour parce qu'elle ne résista pas non plus à la circulation de la traction automobile.

Si vous examinez bien ces lieux, vous constaterez que l'empierrement s'est enfoncé. Sous l'influence du trafic automobile, la route subit des efforts nouveaux dus aux démarrages, accélérations, freinages, dérapages, patinages, aux efforts tangentiels axiaux, à l'effort vertical proportionné au poids et charge, à l'effort dû à la force centrifuge et perpendiculaire à l'axe du mouvement du véhicule et à la succion. Les éléments fins, lieux, sont aspirés et dispersés en poussière et le matériau moyen et gros est, à la suite, déchaussé, formant un amas de pierres roulantes. Ces nids de poule se développent rapidement, pouvant mettre en péril l'existence de la route.

Les parties de chemins fraîchement réparées sont perméables et se détériorent à nouveau rapidement.

Pour parer à ces désavantages graves et pour rendre nos chemins forestiers existants imperméables et résistants aux véhicules automobiles, il faudrait prévoir l'application des nouvelles techniques dites « Compactage aux Composols » modifiées.

Ont été aménagés dans la forêt domaniale « Le Fahy » depuis deux ans, à titre d'essai : 350 m<sup>2</sup> de routes existantes, dont l'une ayant une déclivité de 14 à 16 % et l'autre de 4 à 5 % environ. Ces deux aménagements modernes se sont fort bien comportés et ont donné pleine satisfaction.

Le procédé employé consiste à défoncer éventuellement et à reprofilier la route disposant encore suffisamment de gravier dur, de l'imprégner et de la munir d'un revêtement étanche, la rendant ainsi carrossable pendant toute l'année sans restriction aucune. Aux endroits où le gravier fait défaut, on fera abstraction de défoncement, et le propriétaire de forêt mettra à la disposition de l'entreprise chargée de la modernisation du chemin existant du gravier dur et propre d'un calibre de 10 à 40 mm. pour permettre son reprofilage.

Quant à l'emploi de cette technique, elle consiste dans les opérations de stabilisation suivantes :

1. Défoncer le chemin à moderniser pour que le gravier soit monté, le matériel fin reste alors au fond.
2. Répartition éventuelle du gravier dur apporté de l'ordre de

10 à 40 mm. là où celui-ci fait défaut, afin d'arriver à une planie uniforme (reprofilage) ensuite compactage. Aucun défoncement n'est prévu aux endroits où le gravier manque et sa qualité est considérée comme mauvaise. Dans ce cas, il faudrait recouvrir le chemin d'une couche de gravier dur d'une épaisseur de 4 cm d'un calibre de 10 à 40 mm. Ensuite, compactage du gravier défoncé et du gravier apporté.

3. Couler une couche d'émulsion spéciale de goudron à chaud 60 à 65° C.) = « Composol A » à raison de 1000 g/m<sup>2</sup>, gravillonnage avec siliceux du 5/8 mm. — 10 litres/m<sup>2</sup> et léger cylindrage.
4. Couler une couche d'émulsion spéciale de bitume à froid (« Composol B ») soit 1000 g/m<sup>2</sup> gravillonnage siliceux de 3/5 mm. — 10 litres m<sup>2</sup> et léger cylindrage.
5. Couler une couche d'émulsion spéciale de bitume à froid = « Composol B » soit 1000 g/m<sup>2</sup> gravillonnage siliceux de 3/5 mm. — 10 litres m<sup>2</sup> et léger cylindrage.

Le gravier nécessaire pour reprofiler le chemin n'est pas compris dans le prix des cinq opérations qui coûtent par m<sup>2</sup> 3 fr. 50 à 3 fr. 80 avec défoncement, 3 fr. 10 à 3 fr. 30 sans défoncement.

Quelques tuyaux pratiques à l'intention des organes de surveillance :

1. Compactage des couches de pierres jusqu'à une profondeur de 12 cm. avant cylindrage (pas plus). Le rouleau pousse les pierres. Résultat : ondulations de la chaussée, compactage insuffisant.
2. Examen du profil en long et à travers immédiatement avant l'application des « Composols » pour s'assurer d'un uni sans vagues.
3. Vérification de l'arrivée des fûts (quantité) de « Composols » au prorata des m<sup>2</sup> de chemin à traiter.
4. Vérification des fûts non utilisés après l'achèvement du travail.
5. Une fois le traitement de base au « Composol A » à chaud et cylindrage après chaque passe terminés, laisser enrober pendant un certain temps (une à deux heures). Les pierres doivent être noires. Essayer avec le pouce de frotter les pierres enrobées. Si le goudron s'enlève, eh bien, le pouvoir collant n'est pas encore assez efficace. Attendre avant de commencer le traitement supérieur.
6. Les « Composols A et B » doivent toujours être appliqués dans la proportion 1/3 : 2/3 pour garantir le succès.

### Analyse des prix : pour chemins forestiers

base : 600 m<sup>2</sup> par jour

1. Livraison de « Composols » : émulsion de bitume 100 kg. 31 fr. 50, chantier.
2. Epandage 100 kg. 8 fr.
3. Livraison de gravier calcaire 15/25 mm., rayon de transport 10 km., moyenne 13 fr. 80 à 17 fr./m<sup>3</sup>.

4. Livraison de gravier calcaire 30/60 mm., cylindrage, chantier 10 km., environ 17 fr. à 19 fr. à 21 fr./m<sup>3</sup>
5. Livraison de gravier siliceux : 10/15 mm. épandu 26 fr./m<sup>3</sup>; 5/8 mm. épandu 29 fr. 55/m<sup>3</sup>; 3/5 mm. épandu 32 fr. 50/m<sup>3</sup>.
6. Mise en place (coups de pelle) chaille ou gravier tout-venant y compris cylindrage, le m<sup>3</sup> à 9 fr. 10
7. Cylindrage : rouleau 9 à 12 t., 10 heures à 13 fr. 50/heure.
8. Cylindrage : par m<sup>2</sup> (24 cm. avant cylindrage) Fr. —.40 à Fr. —.60/m<sup>2</sup>.
9. Epandage de pierres : entre 3 fr. 75 et 4 fr. 20 le m<sup>3</sup>.
10. Cylindrage léger/m<sup>2</sup> Fr. 0,05 à Fr. 0,08/m<sup>2</sup>.
11. Gravillonnage : 15/25 mm. calcaires 10/15, 5/8, 3/5 Fr. 0,20 les 5 litres.
12. Epandage de « Composols A et B » 400 g. Fr. 0,16 ; 800 g. Fr. 0,32.
13. Risques et bénéfices, frais généraux, etc. 16,5 à 18 %.
14. ICHA (impôts) 2,2 %.
15. Nettoyage du chantier, m<sup>2</sup> Fr. 0,05.
16. a) livraison, transport des pierres, compactage aux « Composols » (3,6 kg/m<sup>2</sup>) selon la distance de transport 8 fr. 60 à 9 fr. 60 par m<sup>2</sup> pour une couche totale de 16 à 18 cm. ; b) pour une couche totale de 24 cm. 10 fr. 20/m<sup>2</sup>.
17. Pierres de bordure en dalles bétonnées, armées de quatre fers, 350 kg. C.P./m<sup>3</sup> 40 × 8 cm. avec emboîtement (Nut und Feder), fourniture chantier 4 fr. 90 à 5 fr. 60/m., déchargement à la charge de l'entrepreneur du chemin. Pose 2 fr. 50 par m., fouilles comprises.
18. Aqueducs : tuyau 30 cm. Ø, fourniture, transport, pose avec fouilles 11 fr. à 18 fr. le m., tuyaux en coude avec chapeau : fourniture, transport, pose avec fouilles 60 fr. l'ensemble.
19. Défonçage, hersage et mise en place du matériel d'apport 1 fr. le m<sup>2</sup>.

### **Entretien de routes construites et rénovées selon le processus « Compactage aux Composols »**

Nous avons déjà mis en relief les avantages des routes modernes réalisées aux « Composols », caractérisées par une stabilité aux intempéries, une portance extraordinaire, une résistance maximale à l'usure. Une chaussée étant exécutée selon les principes de la stabilisation physique et imprégnée dans une ambiance adéquate aux liants hydrocarbonés avec un dosage en liant et gravier conforme aux normes données, résiste à l'usure de la bande de roulement d'une façon merveilleuse.

En effet, d'après des mesurages effectués à Amsterdam, l'**usure annuelle** de revêtement bitumeux de chaussée accusant un trafic énorme, lourd et rapide de véhicules motorisés n'est que **0,10 à 0,17 millimètres**. La bande d'usure de ces routes ne possède cependant pas la même composition que celle réservée à notre type aux « Composols ». L'entretien de ce tapis bitumeux résultant des efforts mécani-

ques des pneumatiques par leur mouvement d'arrachement étant donc quasi négligeable.

A titre de comparaison, nous vous faisons remarquer qu'une route forestière de l'Etat « Sous-les-Minoux » ayant été dotée d'un tapis bitumeux en 1935 dans le but de combattre la poussière, ceci pour cause du nouvel hôpital se trouvant à sa proximité immédiate, avait supporté une circulation journalière intense durant une période de vingt et un ans sans aucune retouche ni entretien. Cette route a dû supporter encore en plus la charge de milliers et de milliers de tonnes de matériaux nécessaires à l'édition d'un deuxième grand hôpital qui vient d'être terminé.

Le bitume s'était usé jusqu'à quelques taches et pourtant ce tapis n'était pas formé pour résister au trafic rapide d'automobile. La route sous ce revêtement était dans un état parfait. Avec le profil spécial du type aux « Composols » choisi pour la bande de roulement, nous pouvons prétendre que pendant vingt ans son entretien dû à l'usure normale du tapis par la circulation eût été pratiquement inexistant. Cependant, lorsque l'on sait que toute matière première est susceptible de vieillir avec le temps et pour combattre le vieillissement prématûr du bitume exposé aux agents atmosphériques et à la circulation, il est alors logique et correspond au bon sens d'appliquer un traitement de surfaçage au bout d'une dizaine d'années. Cette application en bitume à froid nous paraît nécessaire pour entretenir la **plasticité** du bitume.

Nous savons que les liants hydrocarbonés plastiques perdent au cours des années qui suivent leur mise en œuvre par vaporisation et oxydation, certaines huiles et subissant ainsi une certaine transformation extrêmement lente : c'est le **vieillissement**.

#### **Analyse du calcul d'entretien d'une route bitumée (lutte contre le vieillissement).**

Fourniture, épandage d'une bicoche de 1,5 kg/m <sup>2</sup> de « Composol B » . . . . .	59,2 ct/m <sup>2</sup>
5 litres/m <sup>2</sup> de gravillons 5/8 et 3/5 mm. . . . .	32,5 ct/m <sup>2</sup>
Cylindrage léger . . . . .	5 ct/m <sup>2</sup>
Nettoyage du chantier . . . . .	5 ct/m <sup>2</sup>
	<hr/>
	101,7 ct/m <sup>2</sup>
Bénéfice . . . . .	17,2 ct/m <sup>2</sup>
Impôts . . . . .	2,6 ct/m <sup>2</sup>
	<hr/>
	121,5 ct/m <sup>2</sup>

**Pour dix ans = par an 12,15 ct/m<sup>2</sup>.**

Quant à l'entretien courant de la chaussée bitumée provoqué non pas par l'usure de la bande de roulement due à la circulation mais plutôt à des méthodes d'exploitations forestières surannées étant en opposition avec une sylviculture moderne, ces dommages peuvent être réparés par le garde forestier sans qu'il soit instruit spécialement. Nous disposons aujourd'hui du matériel d'entretien préfabriqué ayant la même composition que l'agrégat du tapis. Le trou éventuellement creusé dans le revêtement est à brosser et à remplir le plus vite possi-

ble avec du matériel préfabriqué jusqu'au niveau de la chaussée en le damant avec une bûche de bois. De cette manière, la soudure et l'étanchéité avec la route existante sont garanties.

La tonne de ce matériel préfabriqué est vendue, départ usine, à raison de 70 fr.

### **Comparaison des frais de construction et d'entretien de routes forestières du système classique et du « Compactage aux Composols » en Ajoie**

Système de construction largeur 3 m.	Frais de construction dans un coffre préparé par m.
---	--

Empierrement classique . . . . .	31 fr. 20 *
« Composols » . . . . .	25 fr. 80 **

#### **\* Système classique :**

Fourniture, transport de pierres d'empierrement . . . . .	0,75 m <sup>3</sup> à Fr. 22.— = Fr. 16.50
Fourniture, transport de gravelage . . . . .	0,30 m <sup>3</sup> à Fr. 20.50 = Fr. 6.15
Répartition du matériel . . . . .	1,05 m <sup>3</sup> à Fr. 1.— = Fr. 1.05
Pose de l'empierrement . . . . .	<u>3 m<sup>2</sup> à Fr. 2.50 = Fr. 7.50</u>
	Fr. 31.20

#### **\*\* Système « Composols »**

Fourniture, transport de chaille d'une granulométrie prescrite, répartition, épandage de deux couches (12 cm. compactés) additionnées d'une couche de gravier dur de 4 cm. d'épaisseur calibré, le tout compacté et traité ensuite aux « Composols A et B » (3,6 kg/m <sup>2</sup> ) avec fourniture de gravillons calcaires et siliceux compactés :	
3 m <sup>2</sup> à 8 fr. 60 . . . . .	<u>Fr. 25.80</u>
Différence en faveur du « Composol » . . . . .	<u>Fr. 5.40</u>

Nous faisons encore une fois ressortir qu'une économie dans le déblai du coffre de 0,57 m<sup>3</sup> par m<sup>1</sup> est assurée avec le type au « Composol ».

Il est bien entendu que le traînage de bois sur les routes forestières non recouvertes de neige fut défendu chez nous depuis fort longtemps déjà et l'abattage du bois à proximité des chemins s'opère à l'aide de câbles nous permettant de coucher les bois aux endroits propices. Le dévalage du bois en terrain rapide sera exécuté au cabestan ou au treuil motorisé ménageant ainsi mas et route.

Chaque sylviculteur sait qu'une tranchée relativement large de forêt suivant les artères forestières n'est pas considérée comme une surface productive perdue. A ce titre, les instructions d'aménagement des forêts du canton de Berne ne demandent pas que les surfaces de chemins carrossables soient déduites comme superficies improductives. Inutile de dire que les bois le long des routes possèdent un diamètre plus grand que ceux situés dans l'intérieur du massif, ceci pour des raisons bien connues.

Les inconvénients qu'on voudra attacher au type de construction « Compactage aux Composols » sont pratiquement inexistantes.

En résumé, nous devons dire qu'au **point de vue pratique**, nous sommes aujourd'hui en mesure de construire des routes relativement économiques selon le système « Compactage aux Composols » dont le critère est le suivant :

Route de grande portance, praticable pendant toute l'année (période de dégel y comprise), antidérapante en tout temps, indépendamment de la pente et contrairement aux routes d'Etat devenant lisses ; usure minimale résistant aux mouvements d'arrachements des pneumatiques, érosion nulle, plastique offrant aux chevaux et bétail ainsi qu'aux véhicules, une assise sûre ; rugueuse et non glissante.

Entretien simple et économique. Sa bande de roulement conçue spécialement avec une granulométrie et des matériaux déterminés assurant à chaque usager une sécurité inconnue jusqu'à nos jours.

Les routes classiques existantes, rénovées aux liants hydrocarbonés, acquièrent les mêmes propriétés que les routes neuves.

### Bibliographie

- <sup>1</sup> « L'Irak, Royaume de l'Espoir levant », « Sélection », octobre 1957, par Edwin Müller.
- <sup>2</sup> « Liants hydrocarbonés », par M. Durriez et J. Arambide, 1954.
- <sup>3</sup> « La Route à travers les Ages », par A. Peter, ingénieur.
- <sup>4</sup> Diverses revues générales des routes et des aérodromes, Paris 1951, 1952 et 1953.
- <sup>5</sup> « Un Revêtement économique ultra-moderne sur les routes d'Afrique », par A.-J. Bougon, ingénieur.

## MARCHÉ DU TRAVAIL

### Chômage dans le canton de Berne

Chômeurs complets	1957			1958		
	25.10	25.11	25.12	25.10	25.11	25.12
Agriculture . . . . .	—	—	5	—	—	3
Sylviculture . . . . .	1	5	13	10	5	22
Alimentation . . . . .	—	—	—	1	—	—
Habillement et équipement . . .	—	2	2	1	3	—
Industrie du cuir . . . . .	—	—	3	6	1	—
Bâtiment . . . . .	12	23	306	43	54	271
Industrie du bois et du verre . .	1	3	15	25	11	12
Textile . . . . .	—	—	—	—	—	2
Arts graphiques . . . . .	—	—	—	1	—	—
Industrie du papier . . . . .	—	—	—	3	2	1
Industrie des métaux et machines .	4	10	9	20	25	26
Horlogerie . . . . .	3	3	6	187	199	570
Commerce et administration . .	16	12	9	14	14	10
Hôtellerie . . . . .	30	41	6	43	41	17
Transports . . . . .	—	—	5	3	4	5
Professions libérales . . . . .	1	2	2	1	2	6
Economie domestique . . . . .	14	11	3	13	18	4
Autres métiers . . . . .	4	7	7	5	9	4
	86	119	391	376	388	953