

L'EVOLUTION DES TECHNIQUES ROUTIERES EN EUROPE OCCIDENTALE (1900-1940)

André Guillerme

Chaire Histoire des techniques Cnam, France
guillerm@cnam.fr

RESUME

À la fin du 19e siècle, rues, routes et chemins transportent, au pas, une grande diversité de sujets et d'objets ; les plantations d'alignement reposent le marcheur fatigué; les techniques viaires sont robustes, héritées des ingénieurs (Trésaguet, Telford) et inspecteurs (Mac Adam), mais nécessitent beaucoup d'entretien (point-à-temps, rechargement) pour la viabilité.

Avec l'accroissement de la vitesse (bicyclette, automobile), les conditions matérielles de la voirie sont bouleversées ; poussière, boue, déchaussement, ornière, vibration, apparaissent. Dans les premières années du 20e siècle, l'inquiétude s'empare des hommes politiques, des médecins, des associations féministes, dans tous les pays civilisés quant aux dangers : la route perd son urbanité. Les techniciens sont interpellés pour offrir sécurité, hygiène et aménité au voyageur. L'asphalte revêt la chaussée, dépoussière la grande ville et assourdit les bruits. L'assise de la voie est épaissie pour absorber les cisaillements, des couches compactées se superposent pour absorber l'énergie du freinage et de l'accélération. Dans les années 1920, la route ancienne est grandement rénovée ; des voies spécifiques se développent pour sécuriser et homogénéiser le trafic : trottoir, sens unique et giratoire ; le dimensionnement est rectifié : rayon de courbure plus grand, profil en long adouci, profil en travers à faible dévers.

1. INTRODUCTION

L'arrivée de l'automobile bouleverse la structure viaire des pays consommateurs de ce nouveau moyen de déplacement. Jusqu'alors, deux types de chaussées faisaient la loi parmi les édiles : le type Trésaguet [1], du nom de l'ingénieur français des Ponts et Chaussées ami de Perronet, chaussée bombée, épaisse, faite de blocs de pierre calés à la main entremêlés de tout venant de carrière et revêtue de cailloutis, de hérisson ou

de pavé selon les financements locaux, et le type Mac Adam, du nom de l'inspecteur des voies britanniques qui le perfectionne, vers 1814 : trois couches de cailloux posées sur un fond stable et exondé, compactées au rouleau, la dernière faiblement pentue et revêtue de tout venant. Le premier coûte cher en investissement, mais résiste au temps et au roulement même s'il nécessite un rechargement continu — un cinquième par an au début du 19^e siècle — faute de quoi la chaussée s'ornièrè et se défonce. Le second est économe en matériaux, mais demande beaucoup de petits entretiens. L'un et l'autre sont, à la fin du siècle, des techniques éprouvées et rivales [2], adaptées au sabot du cheval, à la semelle cloutée du soldat, au roulement lent de la jante ferrée. Tracé longiligne en plaine, en épingle et en lacets sur les reliefs, profil en long raide et court, caniveau et dos d'âne transversaux sont fréquents et imposent une allure passante [3]. Écrasement, cisaillement, tassement, piétinement, déjections, la pratique viaire et les intempéries engendrent, selon la saison, boue ou poussière, au grand dam des riverains et des hygiénistes lorsque souffle le vent. En milieu urbain, le pavé résiste à la densité du trafic, mais il est bruyant ; on lui préfère le macadam moins sonore, mais producteur de gadoue — deux millions de tonnes pour Paris en 1885 [4] — évacuée régulièrement par le balayage.

2. DES CHAUSSEES INADAPTEES A LA VITESSE

Dans le dernier quart du siècle, le vélocipédiste commence à déranger cette tranquillité en soulevant quelque poussière, en se fauflant avec rapidité dans le trafic urbain, en manifestant, par voie de presse, son mécontentement face à l'ornièrè vicinale, au pavé routier déchaussé, à la flache, au rail de tramway, au caillou trop anguleux qui écorche la jante. Il exige par voie de presse un meilleur entretien de la chaussée et des aménagements spécifiques. En 1900, *Le Petit Journal* français, supporter du cyclisme et des sportifs, tire à un million d'exemplaires. Comme toutes les associations vélocipédistes, il promeut l'automobilisme.

« L'automobile est un véhicule beaucoup plus délicat que les voitures à chevaux. Il renferme dans ses flancs une machine puissante condensée dans un petit volume et actionnée par la vapeur, le pétrole ou l'électricité. Les roues ont des raies très légères et des bandages pneumatiques, sa caisse est posée sur des ressorts multiples. Il exige, par suite, des routes en bon état pour ne pas subir des chocs violents qui apporteraient du trouble dans ses organes, et des routes peu déclives pour ne pas être conduit à

exagérer la puissance de l'appareil » [5]. Pour limiter la casse, le nouveau véhicule se fait transporter par voie ferrée près de sa destination, jusque vers 1905.

1 670 véhicules enregistrés en France en 1899, 12 980 en 1903, 31 280 en 1907, près de 100 000 en 1910, même allure en Belgique, Allemagne et Angleterre : la croissance est fulgurante et répond à une vive demande bourgeoise, urbaine, pour les automobiles, mais aussi collective, territoriale, pour les transports en commun, un moyen de décroiser les campagnes, les reliefs et de prolonger le chemin de fer : « les deux modes de transports s'entraident et s'appuient l'un sur l'autre, se développant parallèlement » [6].

Les premières expériences de transport collectif montrent l'exiguïté de la partie carrossable et la mauvaise tenue des jonctions routières, le danger des fortes déclivités dans les régions montagneuses, des devers trop pentus. Il faut réduire les dos-d'âne, augmenter les rayons de courbure des tracés — la clothoïde est la solution — élargir l'emprise de la chaussée en fondant par scarification, et uniformiser la couche de roulement. « Le coefficient de frottement est le baromètre de l'état de viabilité de la route », écrit l'ingénieur Marceau dans les *Annales des Ponts et Chaussées* en 1898 ; « il double lorsqu'on passe du pavé à l'empierrement et quadruple lorsqu'on roule sur un macadam en mauvais état. L'effort à fournir par la machine est quintuplé lorsqu'elle circule sur une rampe de 10%... Le pavage constitue la meilleure surface de roulement » [7], mais il grève les budgets publics.

2.1. La poussière

En milieu rural, la poussière dégagée par les automobiles fait hurler les agriculteurs : au bétail terrorisé, aux volailles écrasées, s'ajoutent les récoltes gâchées aux abords de la berme. « La propriété perd de sa valeur par la poussière actuelle... Que n'a-t-on pas inventé pour soustraire les villes à l'infâme et envahissante poussière ? Que n'a-t-on pas cherché pour satisfaire l'hygiène publique si dangereusement compromise par ce nouveau fléau, la poussière ? » [8] À cela s'ajoutent l'odeur du pétrole, nouvelle, et étrange, et la pollution des fumées engendrée par la congestion de la circulation urbaine aux carrefours marchands.

« Comme le public souffre plus directement de la poussière que du mauvais état croissant des chaussées, c'est sous la forme d'une guerre à la poussière qu'on est entré en campagne » [9]. L'hygiène, alors discipline de la médecine, y décèle les

germes et les bacilles les plus dangereux, la tuberculose, le tétanos, l'érysipèle, l'asthme. L'arrosage — dix litres d'eau par jour et par mètre carré d'avenue à Paris en été — et le balayage — cinq mille hommes et une centaine de balayeuses hippomobiles — des chaussées ne suffisent plus : la poussière, mélange de cendres et de suie, de fines particules métalliques, de résidus de paille, de crottin — au moins 120 000 chevaux circulent quotidiennement dans Paris — et de sable, compromet l'avenir de l'humanité. Elle devient fléau. Les ligues anti-poussières se forment dans toute l'Europe — en France en 1903, dans le duché de Bade en 1905, à Genève en 1906, en Belgique en 1907. Plus le pays se mécanise, plus il produit de poussière : contradiction qui met « sans aucun doute les ingénieurs... en face du problème le plus sérieux qu'ils aient jamais rencontré » [10].

La lutte contre la poussière des routes trouve son apôtre en la personne du docteur Guglielminetti, médecin princier dans « une des stations les plus élégantes de la Riviera française », où débarquent donc de puissantes automobiles, Monaco. Il apprécie « les dangers, les inconvénients et les dommages causés par la poussière, devenue depuis l'automobilisme, un véritable fléau de cette région qui empêche beaucoup des confrères étrangers d'envoyer leurs malades sur le littoral » [11]. En 1901, il lui vient l'idée « de chercher contre la poussière des routes un autre remède que les pavages trop coûteux, l'arrosage à l'eau et le balayage devenus insuffisants depuis l'automobilisme... Quelques plaques de goudron tombées accidentellement sur la route en face de l'usine à gaz de Monaco » lui font remarquer qu'elles forment corps avec le sol et semblent résister à la circulation. Une première expérience réalisée à Monaco le 13 mars 1902 « donne des résultats dépassant toute attente et sur lesquels il appelle l'opinion publique... Vivement encouragé par S.A.S. le prince de Monaco, ami des sciences et du progrès ». Des essais sont réalisés à Nice, puis à Champigny-sur-Marne ; on y compare goudrons, huiles et schistes grâce à des subventions du Touring Club — 100 000 adhérents en France en 1906 —, de l'Automobile Club et de l'Association Générale Automobile. Les résultats sont éloquentes.

2.2. 1904-1914 : goudronnage et bitumage

En France, en décembre 1905, la question du goudronnage est portée devant la Chambre des députés ; elle est encore présentée au Congrès du Tourisme pendant le Salon de l'Automobile, à une réunion patronnée par les ministres des Travaux Publics et de l'Intérieur, gestionnaires des routes et des chemins, à qui l'on demande

fermement de nommer une commission pour l'étude des remèdes contre la poussière et pour la conservation des chaussées, commission d'ingénieurs « qui constitue en partie le Comité technique, c'est-à-dire l'âme du premier Congrès international de la Route » [11].

Produit lancé avec enthousiasme par les hygiénistes pour lutter contre la poussière, le goudron a cependant été expérimenté en France et en Angleterre dès 1834 [12]. Mais ce sous-produit d'usine à gaz n'a pas obtenu beaucoup de succès sur chaussée : étendu à froid ou brûlé de manière à en imprégner le support, il se dégrade, comme le macadam, au rythme des saisons. Les édiles lui préfèrent le bitume naturel ou plutôt l'asphalte qui le mélange avec du sable calcaire, pour revêtir ce nouvel équipement urbain européen qu'est le trottoir.

Un regain d'attention est porté au goudron à l'extrême fin du siècle pour en imprégner la chaussée [13] puis en 1901 lorsque est publié le procédé californien de pétrolage des routes [14]. L'asphalte est bien dans l'air de la Belle Epoque.

Le goudronnage des routes en 1909

« Voilà le printemps ! On va reparler du goudronnage superficiel des routes !

« Si le soleil luit, s'il échauffe le sol suffisamment, si le temps se maintient au beau, on pourra, dès les premiers jours de juin, recommencer à mettre les routes en noir.

« Les piétons, les voitures, les chiens, les chats, tout comme les autos, vont s'enduire de goudron et en promener partout la trace. Les ménagères vont crier, mais ça ne fait rien, on a l'espoir de ne plus avoir de poussière, et le bourgeois se tait.

« Et, en effet, pendant quelques jours, on est sans poussière, c'est parfait.

« Le vent, malheureusement, n'a pas pitié du bourgeois. Il apporte sur le goudronnage devenu sec et lisse, de la poussière des autres chemins ou trottoirs, ou bas côtés, pour que les automobiles puissent continuer à s'entourer d'une auréole de poussière.

« Puis, la pluie nettoie le goudronnage et redonne un peu de bien-être.

« Et ça recommence ainsi.

« Les goudronneurs promènent leurs chantiers à travers la France, jusqu'en septembre, pour peindre à outrance nos si belles vieilles routes.

« En novembre, la gelée commence à s'annoncer. On ferre les chevaux à glace.

« Déjà, les antidérapants des automobiles ont écorché le goudronnage, et voilà maintenant les chevaux qui le perce de milliers de trous.

« L'eau s'infiltré sous la pellicule de goudron, qui, souvent, n'est pas ancrée suffisamment dans la masse minérale de la chaussée, et la brise en se congelant.

« Alors, au dégel, c'est le gâchis noir. »

« Avec la route moderne, le printemps peut venir, nous l'attendons avec ses fleurs et ses légumes, dans une ambiance saine, sans poussière.

« La route coagulée ne se désagrège plus, les microbes morbides n'y font plus leurs nids, l'atmosphère est pure et l'on voit au moins courir les automobiles ou lourdement chargées ou gracieuses, en vitesse, sans nuage de poussière.

« Les riverains de la route, joyeux, admirent leurs plantations qu'ornent de belles couleurs de puissantes végétations.

« On parle, en se retrouvant au printemps, du temps jadis où l'on voulait goudronner les vieilles routes pour empêcher les molécules collées à l'eau de se répandre, au gré du vent et des pneumatiques, dans l'atmosphère.

« Et l'on rit de ce vieux temps jadis, comme d'une chose étrange qui n'a pas dû exister autrement que par une erreur » [28].

En 1907 l'avenue du Bois de Boulogne, « la plus aristocratique et la plus élégante des avenues de Paris et du monde », est goudronnée, comme les plus belles avenues des capitales européennes, comme tous les circuits servant aux grandes courses automobiles. Cette année-là, goudronnage et bitumage ont définitivement conquis la ville ; ils figurent au budget de presque tous les conseils municipaux. Un « Cours de goudronnage et de pétrolage des chaussées et trottoirs » est institué à l'école spéciale des Travaux Publics de Léon Eyrolles, où plus de dix mille techniciens de par le monde suivent le cours par correspondance.

Employé soit pur et à chaud, le bitume est utilisé « soit pour agglomérer la pierre cassée et les gravillons, soit pour protéger la surface des chaussées en macadam, sous forme de revêtement superficiel... mais les pierres constituant le macadam doivent être très dures, la surface décapée et lavée au jet d'eau sous pression. » [15]. L'émulsion est utilisée à grande échelle pour le petit entretien des chaussées à l'aide du point-à-temps. Le liant hydro-carboné, le tarmacadam, les bétons bitumineux, nouveaux, stimulent l'innovation. Dès 1908 on trouve une trentaine de dérivés sur le marché : chaque nation industrielle rêve d'être la première puissance à trouver le revêtement universel, économe, inusable et anti-poussière : l'Italie promeut le « pulveranto » et le « soliditit » ; l'Allemagne préfère la « westrumite », huile lourde soluble dans l'eau grâce à l'ammoniaque ; la Belgique, la « rhoubénite », béton à base de fibres ligneuses et de sciure inventé par Rouben en 1912 ; la Suisse vante le silicatage révélé en 1918 à Locle, procédé expérimenté peu après en Savoie. Ajoutons l'apulvite, la rapidite, la

poussièrite, la goudrogénite, l'odocréol, la barmite, la simplicité, la zibellite, l'ermentite, la marbite, le pulvivateur, le crempoïd, l'injectoline.

Ces produits noirs exigent des ouvriers bien plus qualifiés que les terrassiers, habiles et précis pour répandre et imprégner, rapides et dextres pour distribuer et niveler, car ces émulsions se dessèchent et se durcissent vite. Les grandes longueurs de chaussées à revêtir quotidiennement nécessitent non seulement des dépôts de matériaux proches du chantier et un parc de matériel mobile — cylindre, gravillonneuse, chaudière, camion-citerne — et embarqué — brouette, seau, tubes, combustible, outils, cantine — mais aussi des équipes itinérantes, soudées, un peu chimistes, un peu mécaniciennes. Les matériaux doivent être propres, minéraux, sans fine, plutôt humides et homogènes, à l'opposé du tout-venant.

Goudronnage et bitumage remettent en question les techniques séculaires et renouvellent le chantier routier. En France, ils finissent de revêtir les routes nationales en 1931 et dix ans plus tard, les chemins de grande communication. Cependant la poussière continue de se soulever sur les petites voies de communications jusqu'aux années 1960.

2. DES CHAUSSEES MAL CONSOLIDEES FACE AUX VEHICULES INDUSTRIELS

Si la Grande guerre oubliée, faute de main d'œuvre et de crédit, la question viaire, la paix revenue, des désordres graves apparaissent dans la chaussée pavée, « des affaissements, conséquence d'une dégradation superficielle de la fondation, s'accompagnent au passage des voitures, de projections d'eau par suite des infiltrations qui se sont produites sous le revêtement dont la cohésion a disparu » [16]. En 1920-21, à Londres, Paris, Bruxelles, Lille, ce « jutage » attaque des revêtements dont la livraison remonte à quelques semaines et les disloque entièrement et rapidement. L'analyse des causes montre « la nécessité de transformations profondes dans les procédés en usage » : les fondations anciennes, de faible épaisseur, ne répondent plus aux exigences du trafic « industriel », autobus et camions, tramways ; le sous-sol est trop instable. « Force est donc d'envisager la démolition systématique des fondations, tout au moins dans les grandes artères, et leur rétablissement à épaisseur renforcée » [16]. Bref un surcoût social qui peut se muer en coût politique — encombrement, mécontentement des riverains, etc.

2. 1 Les trépidations de la machine

C'est la stabilité dans le temps du sol support fait de déblais accumulés au fil des siècles, mal consolidés, qui pose problème. Ce sol vibre à la moindre trépidation du moteur pour peu que le véhicule soit à l'arrêt et qu'il n'ait pas d'amortisseur, ce qui est le cas des poids lourds dont les secousses — « staccato » — se transmettent aux jantes rigides, au pavé, à la dalle de béton maigre sous-jacente, et de là au sous-sol hétérogène conservatoire des réseaux. Les stations et les arrêts d'autobus sont les premiers visés et analysés, puis les rues commerçantes soumises au dense trafic des camions, les rues débouchant sur des usines. La ville industrielle est, dans l'entre-deux-guerres, un énorme vibreur d'infrasons qui fracture tout ce qui est à portée. Les joints et les conduites éclatent, les rails se déchaussent avec les tramways, métro, bus, camions à jantes pleines. Bruits d'enfer que rappelle *Metropolis* qui se réduisent peu à peu, d'abord avec l'adoption des chambres à air dans les pneumatiques pour poids lourds, avec le développement des moteurs électriques et le déclin des machines à vapeur, avec la seconde guerre qui fige la production industrielle. En attendant, les ingénieurs délibèrent gravement de la question de la compacité du sol et de sa consolidation à tous les congrès de l'AIPCR, jusqu'à celui de Lisbonne (1934). C'est en étudiant les vibrations qu'en Allemagne, Hertwig montre en 1928 que le compactage d'un sol atteint son maximum lorsque la fréquence des vibrations est égale à la fréquence spécifique du sol (20 à 30 Hz) [17], ce qui permet le développement de nouvelles technologies de vibration pour consolider la sous-couche de roulement et de stabilisation du sol routier [18]. Aux États-Unis, à New York et San Francisco, Proctor, se référant aux recherches d'Atterberg puis de Casagrande sur le comportement des argiles [19], démontre peu après que le degré de compacité d'une terre est maximum pour une teneur en eau propre à la nature de cette terre [20]. Là-bas, où le béton dalle les grandes routes et les aérodromes, on met au point des méthodes de mesures de la portance qui donnent l'épaisseur de la chaussée en fonction de la charge admissible — dont le plus connu en France est le CBR (Fig. 1 et 2) — méthodes largement diffusées auprès de l'administration des routes dès 1943 [21]. Le laboratoire fédéral des routes compte alors plus de cent cinquante ingénieurs et autant de techniciens [22]. Dans l'Empire français, en Tunisie notamment, on cherche aussi à stabiliser la nouvelle chaussée [23]. En France, sursaturée de routes et de chemins, il y a peu de travaux.

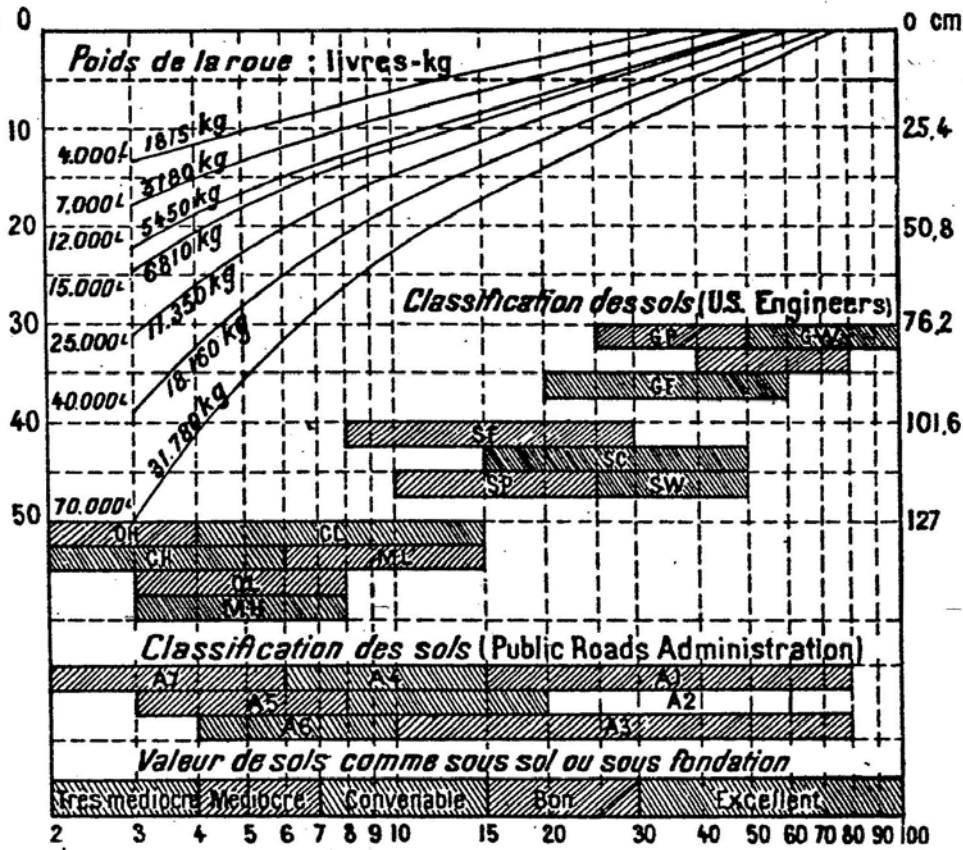


Fig. 1 : L'indice de portance californien et la classification des sols aux Etats-Unis [31].

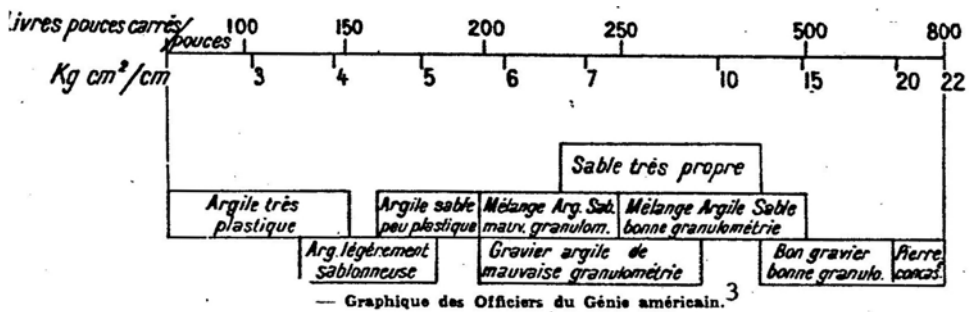


Fig. 2 : Module de réaction K utilisé pour les chaussées souples par les officiers du Génie, U.S. Engineers, 1943 [30].

2. 2 La mécanisation des chantiers

Pour densifier les réseaux viaries, multi-porteurs de communications et d'énergies, et les calibrer en fonction du trafic et des demandes locales, pour adapter les routes anciennes aux automobiles — accroître les rayons de courbures, réduire les dévers,

adoucir les pentes — les grandes puissances qui disposent de moins de dix mètres de route par hectare, s'engagent dans une politique keynésienne de grands travaux pour résorber le chômage issu de la dépression économique de 1929 et ainsi développer le commerce et provoquer la demande. Chantiers locaux employant des terrassiers peu qualifiés usant de pelles et de pioches, peu mécanisés donc ; chantiers régionaux relatifs à des axes interurbains, confiés à de grandes entreprises mécanisées et qui de fait emploient une main d'œuvre plus qualifiée et spécialisée.

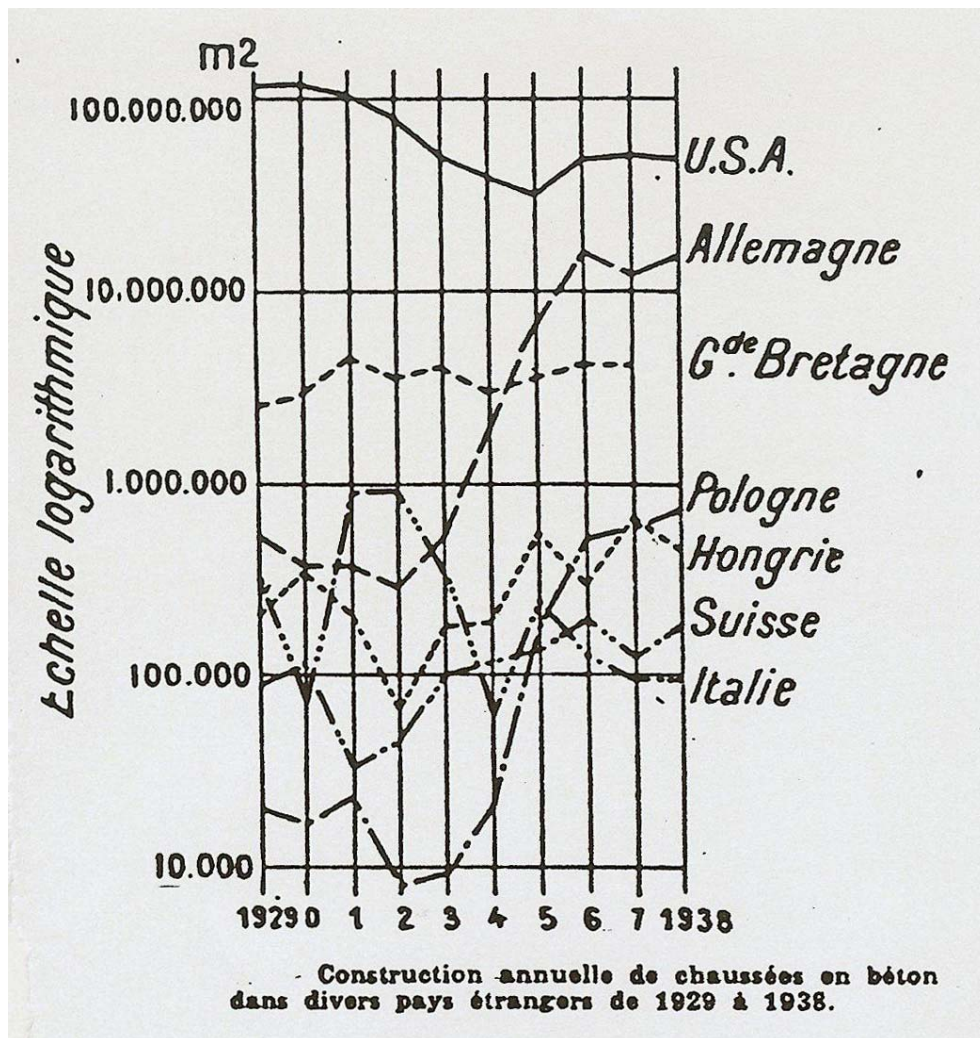


Fig. 3 : Construction annuelle de chaussées en béton dans divers pays entre 1929 et 1938 [23].

En effet, la mécanisation abaisse considérablement le prix de revient du mètre cube de terrassement : « le besoin de réduire au minimum le cube de terre à remuer passe donc au second plan de la préoccupation des ingénieurs. De fait, la recherche de la

compensation des déblais et remblais lors de l'élaboration des projets de route disparaît le plus souvent. Comme on a constaté d'autre part que les routes en remblai tiennent mieux que les routes en déblai (les conditions de drainage étant meilleures) et facilitent le déneigement, les routes neuves sont tracées nettement au-dessus de la ligne qui correspond à la ligne de compensation des terrassements » [24]. La mécanisation homogénéise le sol support, épaissit et compacte la forme et la sous-couche, régularise les profils en travers et en long. Elle fait appel à des engins automobiles dont les ancêtres ont fait les canaux de Suez et de Panama.

Sur les très gros chantiers, autoroutiers, « de véritables usines de concassage, d'enrobage et de bétonnage peuvent être remorquées sur route ; on y emploie systématiquement les engins à grande puissance ; même le pneu devient plus rapide et moins laborieux que la chenille » [25]. « Lorsqu'on les voit peiner dans le sable et la boue, ils défient presque l'imagination » [26]. La route neuve industrialise les travaux publics, comme l'automobile mécanise la route (fig.4).

3. CONCLUSION

En quarante ans, les techniques routières ont considérablement retravaillé la structure et façonné la forme de la route pour l'adapter aux véhicules automobiles et réduire les « risques collatéraux » — bruits, allergies, accidents. Les pays riches européens investissent dans la route porteuse et transporteuse de modernité. Une multitude d'innovations visent à éliminer les nouvelles nuisances routières — poussière, vibration, congestion. Elles permettent d'améliorer la viabilité, accélérer la mise en œuvre des nouvelles routes, homogénéiser l'infrastructure, mécaniser les chantiers, abaisser le coût des travaux neufs [27]. Ces innovations se diffusent rapidement grâce aux qualifications scientifiques et techniques de l'encadrement dans les entreprises comme parmi les agents de contrôle, grâce aux revues techniques et aux rencontres nationales et internationales comme les congrès de l'AIPCR.

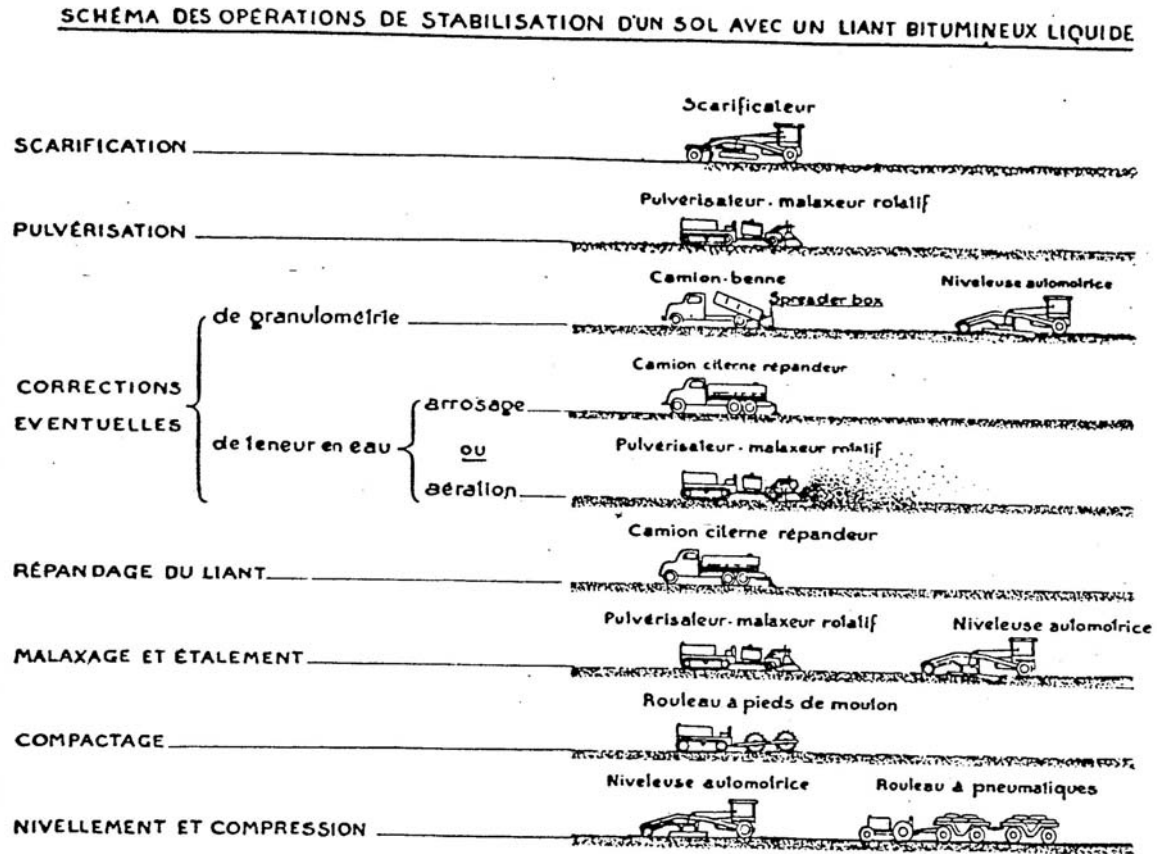


Fig. 4 Schéma des opérations de stabilisation d'un sol avec liant bitumineux liquide à la fin des années 1940 [29].

REFERENCES

1. Trésaguet, H. (1769). Mémoires sur les chaussées empierrées, Paris..
2. Ramsay, W. (1837). Macadamised Streets, Edinbourg.
3. Barles, S. (2006). « De l'encombrement à la congestion ou la récurrence des problèmes de circulation urbaine, XIXe-XXe siècle », p. 129-143, in : Descat, Monin, Siret. (eds.). Le développement durable au regard de l'histoire urbaine. Lille : ENSAL.
4. Barles, S. (2005). L'invention des déchets urbains. France (1790-1970), Seyssel..
5. Rossignol, G. (1899). « Les voitures à voyageurs automobiles », Annales des conducteurs des Ponts et Chaussées.
6. Ocagne, G. (1902). « Le raccordement à courbure progressive », Annales des Ponts et Chaussées, 3^e trim. p. 53-64.
7. Marceau, P. (1898). « L'usure des chaussées », Annales des Ponts et Chaussées, 1^{er} trim, p. 243-254.
8. Vinsonneau, A. (1909). « La route moderne », La Vie Automobile, 401, 5 juin, p. 359.

9. Girardault, F. (1907). " Les routes et l'automobile ", La Vie Automobile, 296, 1er Juil., p.349.
10. Page, W. (1908). « Rapport », AIPCR, 1, 20.
11. Guglielminetti, S. (1908). "Lutte contre l'usure et la poussière", AIPCR, I, 45.
12. Guillerme, A. (1995). Bâtir la ville. Révolutions industrielles dans les matériaux, Seyssel.
13. Girardeau, P. (1903). Goudronnage des chaussées, trottoirs et allées de jardin, Paris.
14. Gautier, G. (1901). L'emploi du pétrole brut, Paris.
15. Meunier, P. (1950). « Les problèmes routiers en Tunisie », Revue Générale des Routes et Aérodrômes, avril, 219, p. 80-85.
16. Chaval, P. (1927). " Service technique de la voie publique et de l'éclairage ", Science et industrie, 160, p. 9-14.
17. Keil, B. (1938). Der Dambau neuzeitlicher Verkehrsstrassen, Berlin.
- Kogler, S., Scheidig, G. (1938). Baugrund und Bauwerk, Berlin.
18. Hogentogler, S. (1937). " Stabilized soil roads ", Public Roads, 17, p. 49-57.
19. Casagrande L. (1932). « Research on Atterberg Limits of Soils », Public Roads, 13, p. 134-142.
20. Proctor, P. (1933). " Fundamental Principles of Soil Compaction ", Engineering News Records, 111, p. 242-375.
21. Buffevent, B. (1946). « La technique américaine des chaussées », Travaux, juin, p. 225-229.
22. Brunache, P. (1950). « Les routes de Tunisie », Revue Générale des Routes et Aérodrômes, décembre, 227, p. 81-86.
23. Schnebi, W. (1945). « Betonstrasse in Ausland », *Bauzeitung*, 21-28 av.
24. Bouilloche, P. (1947). « Quelques données sur le matériel moderne de terrassement », Revue Générale des Routes et Aérodrômes, juin, p.8-11.
25. Biron, P. (1948). « L'évolution du matériel de travaux publics et le Road show de Chicago », Revue Générale des Routes et Aérodrômes, 202, juillet, p. 37-42.
26. Boutet, D. (1946). « Deuxième conférence sur l'état actuel de la technique routière aux Etats-Unis », *Travaux*, février, p. 296.
27. Barjot, D. (1993). Travaux publics de France. Un siècle d'entrepreneurs et d'entreprises. Paris.
28. Vinsonneau, P. (1909). " La route moderne ", La Vie Automobile, 395, 17 et 24 Avril, p. 246 et 268.
29. Grézaud, F., Gilloux, R., (1950). « Les progrès de l'outillage routier », Revue générale des routes et aérodrômes, août, p.33-38.
30. Boutet, D. (1946). « Deuxième conférence sur l'état actuel de la technique routière aux Etats-Unis », *Travaux*, février, p. 296.
31. *Principles of Highways Construction applied to Airports*, Washington, 1943.