

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 65 (1939)
Heft: 17

Artikel: Quelques réflexions à propos de l'économie des combustibles
Autor: Delley, Ed.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-50011>

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: 13.07.2025

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

Pour les mêmes bétons ces écarts atteignent respectivement $\pm 12\%$ et $\pm 25\%$ lorsque les modules sont calculés par la formule du LFEM (voir fig. 3 et 4).

Nos nouvelles formules sont ainsi très supérieures, comme précision, à toutes leurs devancières. Elles sont applicables aux mortiers aussi bien qu'aux bétons du fait, qui est leur caractéristique essentielle, qu'elles tiennent compte de la compacité aussi bien que de la résistance de ceux-ci.

Les constantes au numérateur et au dénominateur de nos formules peuvent varier quelque peu en fonction du module d'élasticité de la roche d'où provient le ballast et de la nature du ciment. Les valeurs indiquées correspondent aux ballasts et ciments habituellement utilisés.

Grâce à leur exactitude, nos formules peuvent être utilisées pour vérifier l'homogénéité et l'état de santé d'un béton, concurremment avec le rapport de ses résistances à la flexion et à la compression, lorsque, ce qui arrive parfois, le module effectif diffère notablement de celui calculé.

A quelles causes faut-il attribuer ces écarts accidentels ?

En premier lieu aux erreurs inévitables dans les déterminations de la densité, de la compacité, de la résistance et surtout dans celle du module lui-même, qui atteindront facilement 5—10 % ; ces erreurs dépendront d'ailleurs en grande partie de l'expérience et de l'habileté de l'opérateur, qui, lorsque les résultats obtenus lui paraissent anormaux, recherchera s'il s'agit de divergences systématiques ou non et qui ne basera ses conclusions que sur un nombre suffisant d'essais.

En second lieu ces écarts sont dus à l'hétérogénéité du béton, aux tensions intérieures auxquelles il est exposé, aux déformations permanentes et plastiques qu'il a subies.

(A suivre.)

Quelques réflexions à propos de l'économie des combustibles,

par ED. DELLEY, ingénieur-mécanicien à Fribourg.

Des améliorations sensibles peuvent être apportées dans l'utilisation de l'énergie nécessaire aux besoins de notre vie économique. Sans prétendre, en aucune façon, traiter à fond un sujet aussi important que celui de l'économie des combustibles — et dont la presse technique s'est déjà, maintes fois, fait l'écho¹ — nous nous proposons, dans le cadre de cet article, d'attirer l'attention des milieux techniques surtout sur l'importance que peuvent présenter ces améliorations pour notre économie et de créer un mouvement dans ce sens auprès des groupements professionnels que la question intéresse plus particulièrement.

Les combustibles et les carburants, charbon et pétrole, sont un des termes les plus lourds dans le déséquilibre de nos

¹ On lira, entre autres publications, dans la « Revue polytechnique suisse », Nos 8 et 9, 21 et 28 août 1937, un article de M. le prof. Dr B. Bauer, intitulé : « Neue Betrachtungen über die schweizerische Energiewirtschaft ».

échanges avec l'étranger ; ils représentent à peu près le dixième de la valeur totale de nos importations.

Durant l'année 1938, la Suisse a importé, en chiffres ronds, 1 915 000 t de houille, 885 000 t de coke, 535 000 t de briquettes de houille et de lignite, 171 000 t de résidus de pétrole pour le chauffage, 75 000 t de bois à brûler et de charbon de bois, 200 000 t d'essence (benzine et benzol), 48 000 t d'huiles minérales et de pétrole pour moteurs de véhicules, pour un montant total (valeur d'importation) de 174 millions de francs. Evaluées en unités de chaleur à raison de 7300 Kcal/kg pour la houille et les briquettes de houille, 7000 pour le coke et le charbon de bois, 5000 pour le lignite et les briquettes de lignite, 3500 pour le bois de feu, 11 000 pour l'essence, 10 000 pour les résidus de pétrole et les huiles minérales, nos importations de combustibles représentent approximativement 25 470 milliards de Kcalories ; celles de carburants, 2380 milliards, au total donc près de 27 850 milliards de Kcalories. A elles seules, la houille crue et les briquettes de houille, avec un tonnage de 2 194 000 t, représentent les 45 % (78 millions de francs) de la valeur totale de nos importations en combustibles et carburants, les 58 % de l'énergie calorifique y contenue (16 000 milliards Kcal.).

Au cours de l'année hydrographique allant du 1^{er} octobre 1937 au 30 septembre 1938, notre production totale d'énergie hydro-électrique s'est élevée (déduction faite des pertes entre l'usine génératrice et le point de livraison) à 6270×10^6 kWh environ dont 1550×10^6 ont été exportés. La consommation du pays s'est donc montée à 4720×10^6 kWh soit l'équivalent brut de 4060×10^9 Kcal. Nos forêts dont la production annuelle en bois de feu peut être estimée à 1 500 000 m³ en ont fourni près de 2650 milliards. Nos besoins d'énergie se sont donc élevés, au total, à environ 34 600 milliards de Kcalories. Nos usines hydro-électriques avec 6270×10^6 kWh et nos forêts avec 1 500 000 m³, qui fournissent en tout 8000×10^9 Kcal., suffisent donc à peine, dans l'état présent, au quart de nos besoins d'énergie.

Si l'on table sur le fait que la production totale annuelle de toutes nos forces hydrauliques susceptibles d'être utilisées ne doit pas dépasser 20 milliards de kWh, soit l'équivalent de 17 200 milliards de Kcalories, on constate donc que nous ne pourrions couvrir, au taux actuel de notre consommation et compte tenu de notre production de bois de feu, qu'un peu plus de 50 % de nos besoins d'énergie ; sans compter que la production d'énergie électrique est assez mal répartie puisqu'elle est précisément la plus faible en hiver où les besoins de chaleur pour le chauffage et d'énergie pour l'éclairage se font plus pressants.

Le pouvoir calorifique des divers combustibles et carburants dont nous avons fait mention ainsi que l'équivalence calorifique du kWh ont seuls servi de base à l'évaluation de nos besoins d'énergie. Par énergie, nous entendons l'énergie nécessaire au fonctionnement de nos usines, de nos industries, de nos moteurs, de nos fourneaux, etc. Nous n'ignorons pas que ces deux notions sont insuffisantes et inexactes pour définir la valeur d'un combustible, d'un carburant ou d'un kWh parce que l'énergie qu'ils représentent théoriquement n'est jamais utilisée en totalité mais affectée, à l'usage, d'un coefficient d'utilisation très variable avec la nature du combustible ou du carburant, et avec les fours, les fourneaux et les moteurs qui les utilisent. Bien que, par conséquent, par suite des variations affectant l'énergie utilisable, il soit au fond nécessaire d'avoir une autre base de mesure, la valeur d'usage des combustibles et des carburants, notion sur laquelle il n'est pas possible, à cause de sa complexité de parler ici, nous admettons, dans un but de simplification, que la valeur d'usage

des combustibles et des carburants est la même pour tous. L'erreur que nous commettons ainsi est, de fait, en grande partie compensée par celle que nous risquerions de faire lorsque nous estimerions, d'une façon générale, la valeur d'usage des foyers et des moteurs de tous genres et de toutes provenances alimentés par ces combustibles et ces carburants.

Pour nous, comme d'ailleurs pour tous les pays industriels, la question des combustibles et des carburants est bien une question vitale. Ce sont, en effet, des matières premières indispensables à la prospérité industrielle d'un pays depuis que l'invention du moteur à vapeur et à gaz des temps actuels a relégué à l'arrière-plan l'esclave et le cheval qui, pendant toute l'antiquité pour le premier, à partir du X^e siècle de l'ère chrétienne jusqu'au XIX^e siècle pour le second, ont été l'expression de l'énergie et dont le nombre servait à mesurer le degré de civilisation et de puissance. Si jadis on faisait la guerre pour des esclaves, de la gloire, de l'orgueil, de la terre ou des femmes, on la fait aujourd'hui pour des matières premières (charbon et pétrole, fer, etc.) ou pour des marchés. Et de même qu'au temps de la Renaissance, l'or espagnol a dominé le monde, de même de nos jours, sous le règne du pétrole et du charbon, ne sont indépendants, au vrai sens du mot, que les peuples qui en possèdent en suffisance ou qui peuvent les remplacer par des produits nationaux : électricité, bois, huiles végétales, etc. Force motrice et chaleur sont, avec la main-d'œuvre, les principaux agents physiques et chimiques susceptibles de transformer la matière brute et de la transporter : ce qui explique l'importance sans cesse croissante des sources d'énergie et des questions ouvrières, comme aussi l'influence déterminante qu'a, très souvent, le coût de l'énergie sur le prix de revient du produit ouvré, surtout si ce dernier est destiné à l'exportation. Il s'agit, par conséquent, d'avoir, nous aussi, à l'imitation non pas servile de ce qui se fait déjà dans plusieurs pays où l'industrie d'exportation ne revêt pas toujours une importance aussi grande qu'en Suisse, une politique des matières premières et plus spécialement une politique des combustibles et des carburants.

Des 3 200 000 t environ de houille et de coke importés en 1936, 670 000 t ont été utilisées par les usines à gaz, 170 000 par les chemins de fer fédéraux et secondaires, 1 400 000 par l'industrie et l'artisanat, 1 250 000 par la consommation privée. Les chemins de fer fédéraux et secondaires et les usines à gaz n'ont importé que de la houille et des briquettes de houille. Les 2 350 000 t destinées aux besoins de l'industrie, de l'artisanat et de la consommation privée se composent de 1 500 000 t de houille et de briquettes de houille et de 850 000 de coke. L'importation de 1938 dépasse celle de 1936 de 150 000 t environ, dont 120 000 t de houille. Il est très difficile de donner des chiffres exacts pour les besoins de l'industrie, de l'artisanat et de la consommation privée. Les chiffres que nous venons de donner, dus à l'obligeance de la « Centrale suisse pour l'importation du charbon », à Bâle, sont donc approximatifs.

En ce qui concerne les usines à gaz, à part l'amélioration toujours possible du rendement thermique des foyers, il n'y a guère moyen de diminuer ces chiffres. La consommation sans cesse croissante de gaz (130,6 millions de m³ en 1921 ; 263,4 millions de m³ en 1938) fait augmenter d'année en année ce tonnage. Par contre, dans les autres applications du charbon : grosse industrie, transports, artisanat, chauffage domestique, il ne devrait plus être brûlé autant de houille crue, car l'utilisation de la houille crue dans des foyers domestiques ou industriels ne représente pas, nécessairement, une solution économique. Pareille utilisation devrait être, *a priori*, tou-

jours rejetée puisque les constituants les plus riches de la houille s'échappent à l'air libre sans être utilisés.

Le chauffage domestique est thermiquement parlant d'un rendement ridicule. On envisage encore, par place, le chauffage des grands locaux sur les mêmes bases que le chauffage central appliqué à une habitation occupée d'une manière continue. Dans l'industrie, l'utilisation des combustibles est meilleure que dans l'artisanat, bien qu'encore faible. C'est regrettable, car une augmentation du rendement de la combustion de quelques pour-cents se chiffrerait par une économie de plusieurs millions de francs chaque année et aurait une répercussion immédiate sur le prix des produits fabriqués destinés à l'exportation. Nous ne croyons pas qu'il y ait des économies plus urgentes à faire que celle-là.

Pour les chemins de fer, l'électrification est, pour les grandes lignes des CFF et pour celles de la plupart des autres compagnies, une solution intégrale. De 850 000 t avant la guerre mondiale, les besoins en charbon de ces entreprises de transport ont diminué de 80 % et ont atteint, comme on le sait, 170 000 t en 1936. Pour les CFF seulement, les dépenses en combustibles qui, de 15,2 millions de francs avant 1914, avaient passé à 90,9 millions en 1920, sont tombées à 4,4 millions de francs en 1934.

La consommation de résidus de pétrole — fuel-oil ou mazout — pour le chauffage a pris, depuis la guerre, une importance considérable. Nos importations sont passées de 8870 t en 1920 à 171 100 t en 1938 (maximum de 172 400 t en 1936). On s'explique difficilement pourquoi, à part une question de commodité, on a « poussé » aussi inconsidérément, surtout pour les besoins domestiques, le chauffage au mazout, alors qu'il eût été plus logique de le réserver à d'autres usages. A l'heure actuelle, pour une valeur d'emploi supérieure, il est vrai, le prix de la calorie-mazout est le double de celui de la calorie-houille et 50 % plus élevé encore que celui de la calorie-coke. Ces prix sont basés sur la valeur d'importation. Mais, il est un fait certain que le chauffage au mazout verra bientôt perdre beaucoup de son importance par suite de la mise sur le marché mondial de quantités de moins en moins importantes de ce produit au fur et à mesure que se perfectionneront les méthodes de traitement (cracking, hydrogénation) des pétroles bruts, lesquelles permettront de transformer en produits légers (essences, gas-oils, solvants, etc.) une fraction de plus en plus élevée du tonnage des résidus livrés par les raffineries actuelles.

La consommation de coke a subi, au cours de ces vingt dernières années, une ascension marquée. Les importations se sont élevées, progressivement, de 302 000 t en 1920 à 947 000 t en 1937 (maximum) ; la production de coke des usines à gaz suisses, destinées aux besoins du pays, a suivi la même progression et a atteint 365 000 t en 1937 contre 180 000 t environ en 1920.

La guerre mondiale, en raréfiant momentanément le charbon, a provoqué des améliorations sensibles dans les procédés de chauffage industriel et domestique, dans l'emploi de la force motrice et a contribué beaucoup à réduire le gaspillage. La tonne de houille de la Sarre qui coûtait, en 1914, Fr. 29,25, rendue franco Bâle, se payait Fr. 37 en 1916, Fr. 99 après l'accord commercial entre la Suisse et l'Allemagne du 20 août 1917 (sans compter l'obligation d'acheter des actions de la « Kohlenzentrale ») et son prix montait à Fr. 201,50 après la convention du 15 juin 1918. L'impossibilité de se procurer du charbon étranger en quantité suffisante a, d'ailleurs, bien plus que l'énorme augmentation des prix, contribué à la remise en exploitation de nos mines de charbon et de nos tourbières. Bien que l'extraction de charbon suisse ne se

montât qu'à 116 000 t pour l'année 1918, elle ne permit pas moins à maintes entreprises de doubler le cap de temps difficiles. La parcimonie à laquelle on avait dû s'astreindre laissa un souvenir plutôt pénible et la plupart des exploitations, les conditions normales une fois rétablies, gardèrent les bonnes habitudes prises.

Cependant, malgré les progrès incontestables réalisés dans l'économie des combustibles, on est encore loin, de nos jours, dans nombre d'installations, des solutions rationnelles de chauffage ou d'utilisation de la force motrice. Le gaspillage de calories a trop souvent libre cours et trop souvent, malheureusement, on ne s'en rend pas même compte. La dépense de renouvellement d'une installation de chauffage ou de force motrice désuète présente presque toujours un sérieux obstacle à sa mise au vieux fer. Dans telle usine, qui emploie uniquement de la force motrice, des chaudières à vapeur d'ancien modèle produisent souvent de l'énergie au prix double de celle que pourrait leur fournir une machine moderne ou le réseau électrique distribuant déjà l'énergie nécessaire à l'éclairage ; dans telle fabrique, n'ayant besoin que de vapeur à basse température, on ignore encore les machines à vapeur à dérivation de vapeur ou à contre-pression dont les avantages économiques ne sont pourtant plus à signaler tant ils sont évidents ; telle autre usine, qui dispose de vapeurs d'échappement et d'eaux chaudes, ne connaît pas non plus les turbines à vapeur à basse pression. Le chauffage par thermo-pompe¹ dont les perspectives d'application sont brillantes n'a, jusqu'à maintenant, fait que de timides apparitions : la thermo-pompe permet, pourtant, de produire avec un kWh d'électricité beaucoup plus de chaleur que son équivalent thermique de 860 Kcal (2360 dans une installation en service à Zurich), ce qui rend le thermo-pompage nettement supérieur au chauffage électrique par résistances. La collaboration de la thermique et de la mécanique a déjà conduit à des résultats intéressants : les trois installations de force motrice et de chauffage à distance existantes dans notre pays ont été d'heureuses réalisations qu'il faut espérer voir se propager dans nos grandes villes au cours de ces prochaines années.

Les fours à régénérateurs sont encore l'exception. L'utilisation de la chaleur d'échappement de certains fours n'est que trop rarement faite.

Les usines à gaz de ville continuent à faire usage, la nuit, pour le chauffage de leurs fours de distillation, de coke dont les possibilités d'emploi dans l'industrie et pour le chauffage domestique ne manquent pas, alors que pendant ce temps une usine électrique toute proche, installée au fil de l'eau, ne trouve pas un débouché suffisant pour l'énergie qu'elle est à même de produire. L'éclairage au gaz des rues de telle et telle ville, bien que son importance sur l'économie du pays soit minime, devrait, pour des raisons analogues, complètement disparaître et être, sans tarder, obligatoirement remplacé par l'éclairage électrique.

Les moteurs à gazogène fixes ou mobiles sont encore, malheureusement, l'objet de la méconnaissance de beaucoup trop d'entreprises et d'artisans. De nos jours, toutes les exploitations forestières suisses (parqueteries, scieries, menuiseries, etc.), à de rares exceptions près, préfèrent encore l'énergie fournie par un réseau électrique, voire même l'énergie fournie par un moteur thermique à carburant liquide à celle que leur fourniraient, à un prix dérisoire, les déchets d'exploitation, sciure, brindilles, copeaux, traités dans un gazogène *ad hoc*. Nos compagnies de chemin de fer, de navigation, d'autobus n'ont jamais fait, du moins les deux premières, l'essai d'un moteur à gazogène à bois, alors que de nombreuses commu-

nautés appelées à assurer par des subventions l'exploitation déficitaire de certaines de ces lignes de transport en commun verraient leurs difficultés atténuées si elles pouvaient effectuer leurs prestations non plus en argent, mais en bois dont elles ne savent peut-être que faire, faute de débouchés. Dans des contrées riches en forêts, maintes écoles, églises, édifices publics sont chauffés au coke ou à l'antracite ; des fourneaux de cuisine sont alimentés au gaz comprimé, *propane* ou *butane*, pendant que du bois de feu de qualité, d'un prix exceptionnellement bas, ne trouve pas emploi et pourrit, sur place, en forêt.

Voilà quelques exemples d'inconséquences dans l'utilisation de l'énergie.

L'énergie, et plus spécialement l'énergie thermique, appliquée à l'industrie, à l'artisanat, aux transports et aux besoins domestiques pour le chauffage et la cuisson doit, par conséquent, faire l'objet d'un complet reclassement. Il est grand temps d'employer l'énergie électrique, le combustible et le carburant aux endroits et dans les conditions qui sont propres à chacune de ces formes de l'énergie et de se passer, délibérément, de toute source d'énergie qui, du point de vue de l'économie générale, ne trouve pas la justification pleine et entière de sa nécessité. On emploiera, en premier lieu, l'énergie électrique partout où son emploi est possible et rationnel. L'électrification doit être étendue non seulement aux lignes secondaires des chemins de fer, mais encore au trafic urbain et de banlieue des grandes villes par le trolleybus. On risque fort, sinon, de tomber sous le joug des importateurs de carburants. Lors d'une réunion, tenue à Berne le 30 mars 1938, par l'« Association suisse pour l'aménagement des eaux », pour discuter la question des trolleybus, M. Etienne, secrétaire du Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie, a fait ressortir, comme il convenait, l'inconséquence de la politique de l'énergie pour la traction, inconséquence d'autant plus marquée que, pour les transports en commun, la Confédération accorde même une ristourne sur les droits d'entrée de l'essence. C'est ainsi que la Confédération favorise, pour les transports urbains, la traction à carburant étranger alors que pour faciliter l'électrification des chemins de fer elle accorde des prêts à des conditions avantageuses.

Le bois de nos forêts servira à alimenter, d'une part, en combustible les chauffages et les fourneaux domestiques dans les régions montagneuses et forestières, d'autre part, en carburant une fraction importante de notre parc de camions automobiles. On réservera les carburants liquides pour la propulsion des voitures automobiles et de certains camions pour lesquels le service au gaz de bois ne saurait, dans l'état actuel de la technique, toujours parfaitement convenir et remplacer, sans autre, l'essence ou les huiles lourdes. Les combustibles liquides provenant de la distillation, de l'hydrogénation et du cracking du pétrole (résidus de pétrole) n'auront plus comme principal domaine d'application le chauffage domestique, mais seront réservés aux applications qui doivent obligatoirement y recourir, à des chauffages intermittents par exemple, où l'emploi actuel du charbon conduit à une utilisation déplorable et à un vrai gaspillage de calories. On réservera, enfin, la houille aux grands fours à marche continue, avec gazogènes et récupération des sous-produits.

L'avenir est bien au gaz et à l'électricité.

La fabrication du gaz de houille permet la réalisation d'un cycle d'utilisation intégrale du combustible, à savoir : des combustions économiques, faciles à régler et à contrôler. Elle fournit du coke, principale source de chaleur des fourneaux de chauffage centraux ; elle permet d'utiliser les éléments chimiques du charbon par les sous-produits auxquels elle

¹ Voir *Bulletin Technique* des 20 mai 1939, p. 125 et 3 juin 1939, p. 141.

donne naissance : goudron, benzol et dérivés, huiles lourdes combustibles, composés sulfurés et azotés qui trouvent emploi dans la confection des routes, dans l'alimentation des moteurs thermiques, dans les industries des explosifs et des colorants, dans la fabrication d'engrais chimiques, etc.

Si nous considérons la valeur d'importation de la houille destinée à nos usines à gaz (près de 22 millions de francs en 1937) nous nous rendons compte aussitôt que cette somme est, de toutes celles de nos importations d'énergie, celle qui, en réalité, grève le moins notre économie. En effet, les 670 000 de houille crue traitées en 1937 ont produit $256,8 \times 10^6$ m³ de gaz, sans compter les sous-produits dont la Suisse serait immanquablement, pour une partie, tributaire de l'étranger si elle ne pouvait pas ouvrir elle-même de la houille. Les sous-produits mis au service du pays se composaient de 365 000 t de coke, 30 000 t de goudron, 2700 t d'eaux ammoniacales concentrées, 1200 t de sulfate d'ammonium, de benzol, de graphite, etc., dont la valeur totale d'importation aurait atteint près de 20 millions de francs.

On connaît le rôle joué par le gaz et le coke pour les besoins domestiques. Dans les applications du chauffage, le gaz de ville trouve de plus en plus emploi pour le chauffage d'étage où, à cause de l'indépendance de service, il est mieux à même de répondre aux desiderata propres à chaque locataire, ce que le chauffage central ordinaire ne permet évidemment pas. Le gaz possède deux gros avantages : une mise en température rapide et un réglage facile, sans compter l'absence de stockage et la propreté absolue par suite de l'absence de poussière et de fumée. Pour le chauffage des grands locaux : églises, cinémas, théâtres, halles de gymnastique occupés pendant quelques heures seulement par semaine le gaz répond bien aux conditions posées en règle générale. L'emploi de l'air chaud pulsé convient à ce point de vue-là parfaitement parce qu'il supprime complètement les appareils de chauffage à l'intérieur des locaux et est indépendant de l'architecture et de l'arrangement du mobilier. Quelques réalisations heureuses à Vevey, Clarens, Villars-Chesières ont déjà confirmé les bonnes expériences faites à l'étranger par le système de chauffage au gaz par l'air chaud pulsé¹.

Comme carburant pour moteurs à explosion, le gaz de ville, comme d'ailleurs la plupart des gaz, présente sur les carburants liquides des avantages appréciables : un mélange pour ainsi dire parfait d'air et de carburant avec maintien de la proportion des deux constituants quel que soit le régime du moteur ; il s'ensuit un accroissement de la consommation bien moindre qu'avec l'essence dans les cas où, comme pour un service urbain, les démarrages sont extrêmement fréquents. Les départs de moteurs par temps froid sont très faciles. Une combustion complète du mélange air-gaz supprime les dépôts de calamine, les risques d'altération de l'huile de graissage et permet l'obtention de gaz d'échappement inodores. Un mètre cube de gaz de ville à 4500 Kcal. est l'équivalent pratique de 0,6 à 0,7 litre d'essence. Les véhicules automobiles actionnés au gaz doivent prendre, tôt ou tard, une place importante dans les services municipaux, dans les services de porte-à-porte des grands centres où l'érection de postes de compression de gaz présentera toujours plus de facilité que partout ailleurs.

Enfin, le benzol est un des sous-produits du gaz de ville dont la récupération est, à l'heure actuelle, suivie avec le plus d'attention à cause de l'intérêt qu'elle représente pour l'économie générale et pour les commodités qu'elle entraîne dans le service de distribution du gaz. Les emplois du benzol sont

très variés. En tant que carburant, le benzol est un produit de première nécessité ; il présente, en outre, de remarquables qualités, entre autres une très faible propension à la détonation. Comme matière première nécessaire à la fabrication des explosifs (mélinite, tolite), son importance n'est pas moins grande. Accessoirement, il trouve des applications dans l'industrie des vernis, des cirages, du caoutchouc, etc. Etendue aux usines à gaz dont la production actuelle atteint et dépasse un million de mètres cubes par an, la production annuelle de benzol pourrait atteindre près de 6000 tonnes et permettre une économie de devises d'à peu près deux millions de francs. Les procédés modernes de débenzolage fondés sur la compression et la réfrigération du gaz, ou mieux encore, sur l'absorption des vapeurs de benzol en suspension dans le gaz par du charbon actif sont d'une application relativement facile et qui s'impose dans la majorité de nos usines à gaz.

La fabrication des carburants synthétiques à partir de la houille a conduit à une évolution chimique de l'industrie qu'on était loin de soupçonner il y a peu d'années encore. Les transformations de la houille et de ses constituants sont un problème de grande actualité auquel nous sommes intéressés par nos besoins en carburants.

En Suisse, le problème des carburants de synthèse semble devoir être lié à celui de l'utilisation des excédents d'énergie électrique pour la production de fonte brute à partir des minerais de fer du Gonzen et du Fricktal. L'essence synthétique proviendrait de l'action catalytique de l'hydrogène — obtenu par l'électrolyse de l'eau — sur les gaz d'échappement provenant du traitement des minerais de fer dans des fours à électrodes, ou sur du gaz à l'eau qui serait avantageusement produit avec de l'oxygène électrolytique. Une adaptation souple des besoins d'énergie aux possibilités de production des forces hydro-électriques permettrait d'utiliser alternativement l'installation d'électrolyse et l'installation de générateur à gaz pour la production d'hydrogène. Ce problème, intéressant pour notre économie, a fait l'objet d'un rapport de M. le Directeur G. Lorenz présenté aux Journées de discussion de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux et de l'Union des Centrales suisses d'électricité (Zurich, 3 juin 1938). La production suisse d'essence, par ce moyen, s'élèverait à 25 000 t par an et permettrait de couvrir 4 à 5 fois les besoins actuels de la Confédération, y compris ceux des CFF, des services postaux et de l'armée. Les 500×10^6 kWh d'énergie électrique nécessaires à la production d'essence synthétique auxquels s'ajouteraient les 140 à 150×10^6 kWh exigés par le traitement annuel d'environ 126 000 t de minerais de fer, soit l'excédent d'énergie disponible au cours de ces prochaines années, permettraient la production de 40 000 t de fonte, 25 000 t d'essence et créeraient des occasions de travail durables et rémunératrices. La quantité de coke nécessaire à cet effet s'élèverait à 18 000—20 000 t ; elle pourrait être remplacée, en cas de nécessité, partiellement ou entièrement, par du charbon de bois indigène.

On connaît déjà la participation de la forêt à la couverture de nos besoins d'énergie. Cette aide est d'autant plus appréciable que la forêt peut être à même, dans un moment difficile, d'apporter une contribution précieuse au ravitaillement en carburant. Le gaz de bois concurrence efficacement l'essence et les huiles lourdes de pétrole pour lesquelles nous sommes, à l'heure actuelle encore, absolument tributaires de l'étranger. La place que nos voisins ont réservée au bois dans leur politique des carburants dit assez combien il est apprécié dans la propulsion des véhicules automobiles. D'autre part, l'utilisation rationnelle du gaz des forêts est de nature à apporter, immédiatement, un concours précieux à la défense

¹Voir *Bulletin technique* des 31 décembre 1938, p. 377 et 14 janvier 1939, p. 11.

nationale. Les pouvoirs publics ont le devoir d'en intensifier l'exploitation.

Les forêts couvrent, en effet, en Suisse, une surface de 9770 km², soit 23,7 % de la surface totale du pays. La production totale annuelle de bois de feu s'élève, en moyenne, à 1 500 000—1 600 000 m³ (2 200 000 à 2 300 000 stères). A l'heure actuelle, on peut disposer d'environ 10 % de cette production pour alimenter en carburant des moteurs à gazogènes fixes ou mobiles : soit 150 000 m³. Il est possible d'ajouter, à ce volume, les déchets d'exploitations forestières et industrielles dont la quantité, très difficilement estimable, est pourtant élevée. Si l'on table sur un parcours moyen annuel de 30 000 km et une consommation de bois de 100 kg/100 km pour un camion de 5 t de charge utile, ce sont, au bas mot, 3000 camions automobiles capables de marcher au bois et non plus à l'essence : d'où possibilité de réduire de 30 000 t, au moins, nos importations de carburants. Le prix de revient de la force motrice fournie à partir du bois gazéifié oscille entre 20 et 35 % de celui de la force motrice obtenue avec de l'essence (benzine), entre 50 et 65 % avec des gas-oils (huiles lourdes). Et pourtant, aujourd'hui encore, 140 à 150 voitures seulement sont équipées de gazogènes à bois. Au triple point de vue économique, social et national, le développement des véhicules à gazogènes serait un bienfait, non pas seulement « forestier », mais vraiment « suisse ». La diminution des droits de douane sur l'essence qu'entraînerait l'utilisation du bois comme carburant sur une échelle aussi grande que celle à laquelle nous venons de faire allusion serait compensée dans une très large mesure, si ce n'est complètement :

1. par une amélioration de notre balance commerciale due à la réduction de nos importations ;
2. par une revalorisation de la forêt qui constitue la plus grande partie de la richesse nationale (72 %, environ, de la surface boisée appartient à la communauté : Etat, communes et corporations) ;
3. par une baisse du coût des transports ;
4. par une atténuation du chômage due à un plus grand emploi de main-d'œuvre, tant en forêt qu'en usine, que n'en exige le commerce actuel de l'essence ;
5. par un regain d'activité donné à notre industrie métallurgique, laquelle est à même de construire les appareils nécessaires à la gazéification du bois ;
6. par la sécurité que nous assurerait un carburant national d'appoint, tout prêt, capable de faire fonctionner, en cas de guerre, les services de ravitaillement de l'arrière.

Des efforts considérables ont déjà été faits, chez nous, pour donner au bois la place qui lui revient dans notre ravitaillement en carburants. Si les milieux officiels se sont toujours un tant soit peu désintéressés du problème du bois-carburant et ont souvent fait valoir, contre l'emploi du moteur à gazogène, des arguments dont nous ne voudrions pas contester la justesse, mais plutôt l'importance qu'on voudrait leur attribuer, l'initiative privée, par contre, fort heureusement, n'est pas restée complètement en arrière. C'est grâce à elle, grâce surtout aux efforts désintéressés et répétés de milieux soucieux de nos nécessités et de nos besoins qu'a pu se constituer, petit à petit, ce noyau de 140 camions-automobiles à gazogènes qui parcourent nos routes, à la plus grande satisfaction et pour le plus grand profit de leurs propriétaires ; l'Association suisse d'économie forestière, la Société vaudoise de sylviculture avec M. Aubert, l'Association suisse des propriétaires de camions, la Société suisse pour l'étude des carburants, le Laboratoire fédéral d'essai des combustibles sous la direction de M. le professeur Dr. Schlüpfer, y ont puissamment contribué. Les exposés faits au premier Congrès suisse en faveur de l'utili-

sation du bois (Berne, 26-31 octobre 1936), les résultats pratiques acquis dans le deuxième Concours international sur routes alpêtres (8-18 septembre 1936), organisé par la Société suisse pour l'étude des carburants, ont démontré que les véhicules équipés de gazogènes à bois fonctionnent normalement et sont au point. La cause est entendue, définitivement.

Nos gisements de combustibles fossiles : tourbe, lignite, houille, anthracite, etc., ont fait l'objet de nombreuses descriptions. Leur exploitation nous a rendu de grands services, surtout vers la fin de la guerre mondiale ; quant à la cause de la cherté du combustible mis à jour, il faut l'attribuer surtout à la faible puissance des gisements. D'autre part on est obligé de reconnaître que nos combustibles sont des combustibles de second ordre. Cela ne veut pas dire qu'ils ne présentent que peu d'intérêt et que leur emploi ne doit pas être de nouveau envisagé. Au contraire, ils peuvent rendre de grands services à notre économie nationale, à condition de les employer dans des circonstances bien définies. C'est la méconnaissance absolue où l'on était de ces produits, bien plus que leurs défauts inhérents (forte teneur en cendres, en eau, etc.), qui a fait que l'on n'a pas su, en son temps, tirer tout le parti possible de ces combustibles. Le fait que l'industrie suisse des machines (Société suisse pour la construction de locomotives et de machines, à Winterthur) ait réussi alors à construire un gazogène à tourbe produisant, avec une tourbe fibreuse à 2200 Kcal/kg et 50 % d'eau, du gaz à 1050—1200 kcal/m³ mérite d'être rappelé. Il montre que, dans le domaine des gazogènes, notre industrie a su faire face aux exigences du moment.

Le problème de l'épuration des eaux usées de nos villes prend, de jour en jour, une importance grandissante. L'épuration consiste essentiellement à éliminer, des eaux résiduaires, les matières en suspension et les matières colloïdales, ainsi qu'à fixer les matières organiques dissoutes. Lorsque l'eau est épurée, on est en présence d'un résidu dénommé « boue d'égoûts » qu'il est indispensable de détruire pour éviter les inconvénients de toutes sortes dus à la putréfaction de ces matières organiques à l'air libre. La fermentation de ces boues d'égoûts en vase clos, ou digestion, donne lieu à des dégagements de gaz à très grand pouvoir calorifique. Le gaz de digestion se compose principalement de méthane (60 à 75 %), le reste étant de l'acide carbonique (20 à 35 %), quelquefois un peu d'hydrogène et, rarement, ou du moins très peu d'hydrogène sulfuré lorsque les réactions méthaniques sont bien conduites. Le pouvoir calorifique de ce gaz est compris entre 6000 et 7000 Kcal/m³. Il est donc utile de récupérer ce gaz dont la production est gratuite afin de l'utiliser dans de bonnes conditions. Ce gaz peut, soit alimenter les moteurs spéciaux qui actionneront les différentes parties mécaniques de l'installation d'épuration, soit être vendu par la station d'épuration à l'usine à gaz la plus proche, soit être utilisé, sous forme de gaz comprimé à 300-400 at, comme carburant pour moteurs de camions. Dans ce dernier cas, la transformation de véhicules automobiles municipaux pour l'alimentation en nouveau carburant se justifie pleinement par l'économie de carburant qui en résulte. Un litre d'essence correspond à 1-1,2 m³ de gaz de digestion. La perte de puissance constatée lorsqu'on passe de l'essence au gaz est de minime importance. La mise en valeur de ces gaz de digestion pour être utilisés comme carburant est, à l'heure actuelle, bien plus urgente que celle qui consiste à s'en servir pour les besoins du chauffage ou pour la production d'énergie électrique. A cause de la grande valeur énergétique des gaz de digestion il est possible d'atteindre ces buts par d'autres moyens moins onéreux. Dans le domaine de l'utilisation

rationnelle de ces gaz, tout est à faire chez nous. A part la station d'épuration de Zurich, aucune autre installation n'a envisagé la digestion des boues d'égouts. Pourtant les quantités d'énergie susceptibles d'être récupérées par ce procédé sont loin d'être négligeables. Ainsi, la station d'épuration des eaux usées de la ville de Zurich a produit, en 1937, 1 305 600 m³ de gaz à 6250 Kcal/m³ dont 248 600 ont servi aux besoins propres de l'installation et 1 057 000 ont été vendus à l'usine à gaz.

Il est possible d'économiser une fraction importante du charbon et du carburant que nous utilisons actuellement. Diverses mesures permettraient d'arriver à ce résultat. Certaines, telle que la création de grandes centrales de gaz et d'électricité à laquelle on pense tout naturellement, comporteraient des dépenses si élevées, elles risqueraient d'apporter dans l'état actuel de l'économie suisse et dans les conditions sociales actuelles de telles perturbations, que leur réalisation immédiate ne peut guère être escomptée. L'organisation systématique de certaines industries grosses consommatrices d'énergie, de façon à réduire, davantage encore, les déperditions, est plus facilement réalisable bien qu'elle puisse être la cause de difficultés provenant des modifications que cette nouvelle organisation entraînerait inmanquablement dans la répartition des établissements industriels. Les principales économies seront réalisées par une transformation radicale des modes d'emploi actuel des combustibles. L'extension de l'emploi du gaz obtenu par la gazéification totale ou partielle du charbon paraît être l'un des moyens les plus efficaces pour réduire la consommation du combustible employé dans l'industrie, dans l'artisanat et pour le chauffage domestique. D'autres économies, non moins importantes, peuvent résulter de la modernisation, voire du renouvellement complet d'installations de force motrice et de chauffage désuètes, d'un accroissement du rendement calorifique des combustibles obtenu par l'étude des facteurs élémentaires du problème, et de l'instruction technique des agents de tout ordre qui interviennent dans la conduite des appareils de chauffe. L'emploi de l'électricité doit être intensifié. L'électrification des chemins de fer et des lignes de transports en commun des grandes villes est une solution intégrale qui s'impose à brève échéance. L'utilisation rationnelle des excédents d'énergie électrique et des déchets d'exploitations forestières, la remise en exploitation des tourbières, des mines d'anthracite, etc., parachèveront l'effort fait pour diminuer nos importations de charbon.

Mais ce qu'il faut faire avant tout, c'est persuader l'opinion publique de l'extrême importance du problème des économies de combustibles et de carburants. En un temps où il est de la plus grande nécessité d'améliorer notre balance commerciale et notre situation financière, il n'est pas admissible que le gaspillage de l'énergie continue; il est urgent de résoudre le problème vital de l'économie des combustibles.

Comment y parvenir? On pourrait imaginer, par exemple, une organisation qui, groupant tous les intéressés, serait à même de mettre en application des principes d'économie susceptibles de réduire la consommation de l'industrie, de l'artisanat et des particuliers. Cette organisation, à laquelle l'Etat prêterait, éventuellement, son concours, comprendrait les syndicats d'industriels, d'artisans, etc., les groupements importateurs et répartiteurs de charbon, les producteurs d'énergie électrique, les associations forestières et autres. Le concours des syndicats professionnels consisterait à fixer les chiffres de contingentement de combustibles et de carburants ne devant pas être dépassés dans une industrie et pour

des conditions déterminées; celui des groupements répartiteurs de charbon, des producteurs d'énergie électrique, des associations forestières, etc., à restreindre les tonnages ou les quantités d'énergie attribuées aux industriels, artisans et particuliers qui n'auraient pas pris les mesures nécessaires pour éviter le gaspillage. Le rôle éventuel de l'Etat serait de mettre en application les mesures qui, sur la base des renseignements des groupements intéressés, se révéleraient nécessaires pour réaliser les économies d'énergie indispensables. La presse pourrait être appelée à contribuer à cette action par la publicité à faire. Cette organisation s'opposerait, au besoin, à la création d'installations nouvelles qui seraient préjudiciables à l'intérêt général. Il y aurait lieu d'étudier aussi sous quelle forme une aide financière — subventions ou prêts à longs termes — pourrait être accordée aux intéressés pour les déterminer à consentir les frais nécessaires au renouvellement, à la modernisation ou à l'adaptation de leurs installations aux conditions nouvelles. La dépense relativement élevée que représenterait une telle organisation et une telle aide serait compensée par un gain certain bien plus grand. La diminution de nos achats de charbon à l'étranger correspondrait à une diminution chaque année de plusieurs millions sur nos frais d'importation, à une revigoration de nos exportations dont les produits seraient moins chers par suite de l'abaissement du coût de l'énergie, et à la création d'occasions de travail rémunératrices et durables.

Nous serions heureux si ces quelques réflexions pouvaient trouver un écho auprès des intéressés et contribuer, modestement, à la solution urgente du problème de l'économie des combustibles.

Fribourg, le 28 janvier 1939.

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

**Procès-verbal de l'Assemblée des délégués
du 15 avril 1939, à 9 h. 15 du matin,
dans la Salle du Grand Conseil, à Soleure.**

(Suite et fin.)¹

10. VIII^e concours de la Fondation Geiser. — M. Neeser, président, expose qu'une enquête auprès des sections a décidé le Comité central à choisir, pour ce concours, le thème suivant: « Problèmes actuels des concours d'architecture ». Le concours vise à mettre en lumière les raisons initiales et les motifs conducteurs qui guident les concurrents, de soumettre à une critique objective les principes et l'organisation des concours et, le cas échéant, de faire des propositions nouvelles. Le programme vient de paraître, et sera publié dans nos organes officiels. Les concurrents pourront ou bien établir une comparaison en se basant sur des exemples concrets, ou encore s'appuyer sur les conditions et les règlements, qui régissent d'autres pays. Les travaux présentés pourront traiter la question des concours dans son ensemble ou se limiter à des problèmes partiels. Les propositions d'organisation devront envisager nos conditions nationales et se prêter à une réalisation pratique. Le jury comprend MM. A. Bräuning, architecte à Bâle, président, E. Fatio, architecte à Genève, Dr H. Fietz, architecte à Zurich, M. Kopp, architecte à Zurich, A. Mürset, architecte à Zurich et J.-P. Vouga, architecte à Pully. Les dossiers sont à déposer jusqu'au 31 juillet 1939. Le verdict sera prononcé à l'Assemblée générale, le 10 septembre 1939.

¹ Voir *Bulletin technique* du 12 août 1939, page 215.