

LES FORÊTS

et leur influence sur le régime des eaux (1)

Les questions qui touchent à l'influence du déboisement sur les chutes de pluie et le régime hydraulique d'une contrée ont été l'objet de fréquentes discussions. Ce sujet est traité dans une petite brochure publiée récemment en Angleterre par le *Board of Agriculture and Fisheries* et dont le journal *The Surveyor* donne un résumé que nous publions d'après l'*Engineering Record*.

L'ensemble formant les arbres, c'est-à-dire le tronc, les branches et les feuilles, absorbe une partie de l'eau qui tombe et l'empêche d'atteindre le sol ; on peut évaluer cette partie de 30 à 45 pour 100 du total de l'eau tombée, mais la proportion dépend tant du caractère de la pluie que de la nature des arbres. Avec des pluies fortes ou continues, il arrive plus d'eau au sol qu'avec les pluies fines. De même, les arbres vivaces interceptent plus d'eau dans le courant d'une année que les arbres annuels, et les arbres retiennent naturellement plus d'eau en été qu'en hiver, pour la même raison.

Mais, bien que le sol d'une forêt reçoive moins d'eau qu'un terrain nu, l'humidité se conserve bien mieux dans le premier cas que dans le second. Des observations prolongées ont fait constater cet effet comparatif. La présence d'eau en abondance dans la terre, malgré l'abri que donnent les arbres, est due, en partie, à la moindre évaporation causée par la présence de ces arbres qui empêchent l'action des rayons solaires et, en partie, à la plus grande humidité de l'air sous ces arbres ; ces deux effets s'ajoutent pour combattre l'évaporation de l'eau qui imprègne le sol. De plus, la présence des racines des arbres qui forment une espèce de réseau à la surface de la terre est un obstacle à une circulation rapide de l'eau à cet endroit. Ces racines pénètrent souvent à une grande profondeur, et lorsqu'elles disparaissent par la pourriture, elles laissent à leur place des trous où l'eau pénètre facilement de l'extérieur. Le sol des forêts est plus perméable que celui des terrains découverts et l'eau y pénètre et y séjourne plus facilement.

Ces considérations font comprendre pourquoi les cours d'eau qui traversent les pays boisés sont moins sujets à des crues rapides et violentes ; leur régime est beaucoup plus régulier. C'est un avantage sérieux lorsque ces cours d'eau doivent servir à l'alimentation des localités. Non seulement on peut compter sur une quantité relativement constante, mais on n'a pas l'inconvénient des dépôts vaseux qui accompagnent les crues, donnent de l'eau trouble, encombrant les réservoirs et obstruent les filtres.

La présence des forêts sur un bassin qui alimente une localité équivaut à une augmentation du volume du réservoir de la distribution, parce que la présence des arbres retarde la circulation de l'eau et empêche en partie son évaporation. On doit également remarquer que la neige fond moins vite sous les arbres que sur un sol découvert, ce qui s'ajoute à l'effet qui vient d'être signalé. De même à la fonte des neiges, sous bois, la terre absorbe plus d'eau que sur un sol découvert ; en effet, dans ce dernier cas, le sol est souvent gelé à la surface et l'eau ne peut s'absorber, ce qui n'arrive pas sous bois, où les arbres protègent le sol de la gelée. Il en résulte que, non seulement la présence d'une forêt s'oppose à la production des inondations, mais aussi que l'eau provenant de la fonte des neiges est beaucoup moins vaseuse que dans l'autre cas.

Non seulement les forêts exercent une influence considérable sur l'état d'humidité du sol, mais elles agissent sur sa température, même à une certaine profondeur. Des observations faites sur un certain nombre de stations du continent ont fait voir que la présence de forêts abaissait la température moyenne

annuelle du sol à la surface de près de 1,5 degré centigrade et à 1 m. 20 de profondeur de 1 degré environ.

Cette action réfrigérante est due à diverses causes réunies. Le feuillage des arbres fait obstacle au passage des rayons solaires ; le bois mort et les feuilles sèches qui couvrent le sol empêchent la libre circulation entre le sol et l'atmosphère, tandis que l'humidité de la terre absorbe une certaine quantité de calorique sans élévation sensible de la température.

Si les forêts ont une action d'abaissement sur la température, cet effet est beaucoup plus marqué en été qu'en hiver. La moyenne des observations de onze stations en Allemagne montre que la température à la surface de la terre dans une forêt est, en juillet, de 4,2 degrés centigrades plus basse qu'en terrain découvert, tandis qu'en décembre la différence est nulle et même négative. La présence des bois tend donc, par conséquent, à égaliser la température du sol, ce qui a une importance considérable au point de vue de l'hygiène pour une eau potable. On peut aussi mettre à l'actif des forêts qu'elles exercent une action dépurative sur l'air et sur le sol ; on trouve moins de germes de toute nature dans un pays boisé que dans une même superficie de terrains découverts.

A propos de la meilleure utilisation des chutes d'eau POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE

L'article de M. CÔTE, dans le numéro d'avril, a singulièrement éclairci le débat ouvert ici-même sur « la meilleure utilisation des chutes d'eau affectées au transport d'énergie ». La présente note a pour but de répondre à une question qui était posée dans cet article et aussi d'émettre quelques réflexions sur cette meilleure utilisation.

En parlant de la régularisation d'un cours d'eau pendant sa période annuelle de basses-eaux, M. CÔTE demande ce que feront les industriels d'aval privés d'une partie de leur débit par l'emmagasinement de l'eau à l'usine d'amont. Evidemment ces industriels seront lésés et un pareil état de choses est inadmissible. Il y a pourtant un moyen de leur donner toute satisfaction.

Supposons (ce qui est le cas général envisagé) un cours d'eau ayant une période annuelle d'extrêmes basses-eaux de T jours avec un débit minimum *minimumorum* de d litres. Cette période d'extrêmes basses-eaux étant coupée de quelques pointes, est susceptible d'une régularisation relevant le débit jusqu'à une moyenne constante de D litres. Cette régularisation est effectuée par une réserve de capacité suffisante, établie aux ouvrages de prise ou d'amenée de l'eau à l'usine ; cette usine utilise ce débit d'une façon variable avec sa charge mais l'ensemble de son débit journalier ne dépasse pas le cube d'eau donné par le débit D en 24 heures.

Dès lors pour régulariser le débit en aval, il suffira de construire au débouché du canal de fuite un réservoir beaucoup plus petit que le premier et remplissant le rôle inverse du réservoir régulateur de « la pointe » ; ce réservoir aura, par conséquent, une capacité définie par l'abaque qui a été donnée par M. CÔTE dans son étude. En d'autres termes si on appelle L le débit variable de l'usine, le débit en aval sera toujours D , parce qu'aux heures de fortes charges le réservoir emmagasinera $L - D$ et aux heures de faible charge il restituera $D - L$.

Voilà donc les riverains d'aval avantageés puisqu'ils profitent de la régularisation du grand réservoir. Au lieu d'avoir une période de basses-eaux à débit irrégulier et

(1) Extrait du bulletin de la Société des *Ingénieurs Civils de France*, n° de mai 1904.

présentant des minima d ils ont une période de basses-eaux à débit constant plus élevé D .

Nous allons même plus loin en pensant que, par une sage entente, ils pourraient coopérer à cette œuvre de régularisation. On peut concevoir un groupement, un syndicat de propriétaires de chutes disposées en escalier sur un cours d'eau. Ce syndicat exécuterait à frais communs cette régularisation sur le premier échelon de la chute. Il est peut-être bien téméraire de parler ainsi. L'entente n'est pas précisément ce qui règne parmi les riverains des cours d'eau utilisables. Ils voient trop souvent en leurs voisins plutôt des concurrents que des collaborateurs à l'œuvre de mise en valeur d'une richesse nationale. Mais enfin ce n'est pas une utopie, c'est la conception idéale de l'asservissement de l'énergie hydraulique et de son utilisation intégrale. Ce groupement d'intérêts se fera naturellement par la force des choses.

En tous les cas, et c'est là la réponse à la question de M. CÔTE, la régularisation effectuée de la manière que nous venons d'indiquer ne soulèvera aucune protestation de la part des riverains d'aval, bien au contraire.

Mais cette obligation de régulariser le débit en aval est-elle absolue et doit-elle se faire dans tous les cas? On peut remarquer que bon nombre de nos usines de transport d'énergie sont installées sur la limite inférieure de la chute utilisable du cours d'eau, soit à l'endroit à partir duquel la rivière commence son cours en plaine ou en vallée à faible pente, soit près du confluent avec un cours d'eau plus important qu'elle (Exemples : usines de la Bourne, de la Sioule, de la Dore, de Saint-Béron, de Fure et Morge, du Bréda, de Lancey, etc.), et dès lors la question de la régularisation en aval diminue d'importance, car le cours d'eau ne peut plus guère être employé que pour l'irrigation (*). Parmi les autres usines qui ne sont pas dans ce cas, il y en a qui sont sur des cours d'eau difficilement régularisables (exemples : Romanche et Drac) ou qui n'emploient qu'une partie du débit total (Jonage).

Il reste donc actuellement un nombre très restreint d'usines de transport d'énergie devant effectuer la régularisation du débit en aval et c'est plutôt un cas particulier qu'un cas général que nous venons d'étudier.

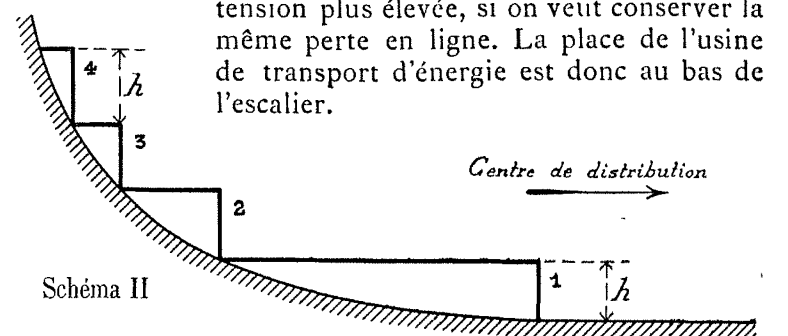
Mais sera-ce toujours un cas particulier? Lorsque l'utilisation des chutes d'eau sera plus complète, les usines de transport d'énergie n'auront-elles pas avantages à s'établir plus en avant dans les vallées à forte pente, et ceci nous amène à nous demander le pourquoi de l'emplacement de ces usines.

Considérons pour cela la chute utilisable d'un cours d'eau, c'est-à-dire la chute comprise entre le point d'amont

au-dessus duquel le débit est insuffisant et le point d'aval où commence le cours en plaine. Supposons tout d'abord, le débit étant le même sur tous les points du parcours, que la pente de la vallée est régulière et que la puissance totale est utilisée par un escalier de chutes de même puissance. C'est ce que nous pourrions symboliser d'une façon rudimentaire par le schéma I. On voit sans plus d'explications que les conditions d'installation de toutes ces chutes sont les mêmes, d'où partout un même prix de revient du cheval installé. Si l'on veut en utiliser une pour alimenter en énergie un centre industriel A, il est évident que la chute du bas (N° 1) sera la mieux placée, car le centre A est presque toujours dans la plaine et cette chute en est la plus rapprochée. Le prix du cheval transporté de la chute du haut (N° 4) serait grevé de l'amortissement et de l'entretien de la portion de ligne supplémentaire, sans préjudice du supplément de coût de l'installation électrique qui pourrait être d'une tension plus élevée, si on veut conserver la même perte en ligne. La place de l'usine de transport d'énergie est donc au bas de l'escalier.

(*) On ne pourrait pourtant pas se désintéresser de cette question, mais dans ces conditions, la rivière s'élargissant beaucoup, la retenue d'eau peut se faire d'une façon peu coûteuse en élevant légèrement son plan d'eau par un barrage de faible hauteur muni d'une vanne à débit constant. Un relèvement de 1 m 50 à 2 m. sur 200 m. de longueur et 20 m. de largeur donne déjà 6 000 m. utilisables (se reporter à l'abaque précitée).

au-dessus duquel le débit est insuffisant et le point d'aval où commence le cours en plaine. Supposons tout d'abord, le débit étant le même sur tous les points du parcours, que la pente de la vallée est régulière et que la puissance totale est utilisée par un escalier de chutes de même puissance. C'est ce que nous pourrions symboliser d'une façon rudimentaire par le schéma I. On voit sans plus d'explications que les conditions d'installation de toutes ces chutes sont les mêmes, d'où partout un même prix de revient du cheval installé. Si l'on veut en utiliser une pour alimenter en énergie un centre industriel A, il est évident que la chute du bas (N° 1) sera la mieux placée, car le centre A est presque toujours dans la plaine et cette chute en est la plus rapprochée. Le prix du cheval transporté de la chute du haut (N° 4) serait grevé de l'amortissement et de l'entretien de la portion de ligne supplémentaire, sans préjudice du supplément de coût de l'installation électrique qui pourrait être d'une tension plus élevée, si on veut conserver la même perte en ligne. La place de l'usine de transport d'énergie est donc au bas de l'escalier.



Mais c'est là un cas presque théorique. Dans presque toutes les vallées et surtout les vallées de montagne, la pente n'est pas constante, elle est beaucoup plus faible dans la partie inférieure de la vallée et un escalier de chutes de même puissance est symbolisée par le schéma II. On voit tout de suite que le dernier échelon comporte des ouvrages de prise beaucoup plus développés que le premier et le cheval installé y est plus coûteux.

Bien mieux, il sera souvent difficile, pour ne pas dire impossible, de réaliser sur une vallée à pente variable, un escalier de chutes de même puissance, la basse vallée ne se prêtera pas à l'établissement de chutes de même hauteur que la haute vallée et comme le débit est sensiblement le même, les derniers échelons seront des chutes de plus faible puissance où le cheval installé sera plus coûteux (*).

Mais nous avons vu que le prix du transport du cheval est plus faible à mesure qu'on descend la vallée. Dans quelle mesure cette économie et cette dépense supplémentaire se compensent-elles? A quel échelon faut-il s'arrêter? Il nous apparaît qu'une étude particulière à chaque cas serait indispensable pour pouvoir donner une réponse exacte. Il serait intéressant de la faire pour un cours d'eau. Cette étude constituerait un guide pour des problèmes analogues. On ne peut guère formuler de règles générales; tant de conditions particulières influent sur le prix du cheval et sur le coût de son transport qu'il est peut-être téméraire de le tenter.

Néanmoins, il paraît incontestable que dans une série de chutes installées sur une même rivière, il y a un certain

(*) Un exemple typique est la vallée de la Romanche entre la plaine du Bourg d'Oisans et Vizille. Le premier échelon de chute (usine de Livet) est de 60 m. tandis que le dernier (usine de Séchillienne) est de 12 m. seulement.

ordre à respecter suivant l'utilisation qu'on se propose de ces chutes. Jusqu'ici on s'en est peu préoccupé; cela tient à ce que les besoins pressants de l'industrie en énergie d'une part, la situation un peu difficile de l'industrie électrométallurgique d'autre part, ont amené les industriels à faire du transport d'énergie avec des chutes dont la destination primitive était tout autre, mais qui avaient sur d'autres chutes mieux placées, l'avantage d'être prêtes à fonctionner. L'emplacement rationnel des usines de transport d'énergie est peut-être faussé actuellement, mais nul doute que, plus tard, lorsque la multiplicité des transports d'énergie créera une lutte industrielle sérieuse, on ne soit amené à faire des études dans le genre de celle que nous proposons.

Ph. GIRARDET,
Ingénieur I. E. G.

POTEAUX EN CIMENT ARMÉ

Système BOURGEAT (1)

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Depuis que l'utilisation de la houille blanche à grande distance a multiplié les entreprises d'éclairage, de distribution de force motrice et de traction, le rôle de la voie aérienne est devenu comparable à celui de la voie ferrée dans l'industrie des chemins de fer. Tout défaut dans la structure de cette voie peut avoir des conséquences désastreuses, comme le moindre perfectionnement se traduit parfois par des avantages importants.

C'est pourquoi, depuis quelque temps, les supports des lignes aériennes sont l'objet d'études très sérieuses et de recherches qui tendent à perfectionner les différents types et à réaliser le *support idéal* dont les caractéristiques sont : La durée indéfinie; la suppression de tout entretien; l'incombustibilité; l'élégance unie à la légèreté et à la résistance; la sécurité; enfin un prix aussi réduit que possible.

Les recherches devaient porter naturellement sur les matières diverses qui se disputent le marché : le bois, le fer et le ciment armé. Or toutes les recherches tendent à établir que c'est l'union de ces trois matières qui permet de réaliser dans la plus large mesure possible le but désiré.

*
**

Poteaux en bois. — Par suite de son bon marché, de sa légèreté et de sa résistance, le bois s'est tout d'abord imposé à peu près exclusivement. Toutes les lignes télégraphiques et téléphoniques, ainsi que les premières lignes électriques industrielles, furent édifiées sur des supports en bois. Mais les inconvénients que son usage a révélés, les interruptions de service inhérentes à ses défauts, le font abandonner de plus en plus, surtout pour les lignes à haute tension et pour celles desservant des services publics. L'économie que l'on réalise dans les frais de premier établissement n'est qu'apparente, et on s'expose aux plus graves mécomptes, la durée moyenne des poteaux en bois n'étant guère que de 5 à 6 ans.

On a bien cherché à remédier à ce défaut en soustrayant la matière ligneuse à cette décomposition rapide; à cet

effet on employa tour à tour la carbonisation, l'immersion dans un bain de paraffine, le goudronnage, etc..., enfin l'injection sous pression en vase clos de créosote, de sulfate de cuivre, de chlorure de zinc, de bichlorure de mercure, etc... Mais aucun de ces moyens n'a donné le résultat attendu, c'est-à-dire une incorruptibilité absolue et la durée indéfinie qui devait en être la conséquence.

Tout au plus certaines maisons sont-elles parvenues à l'aide de travaux d'imprégnation très consciencieux et très soignés, à protéger temporairement les bois soumis à ce traitement et à en prolonger la durée.

Toutefois les résultats n'ont pas été assez complets et satisfaisants pour qu'il soit permis à l'heure actuelle d'en-

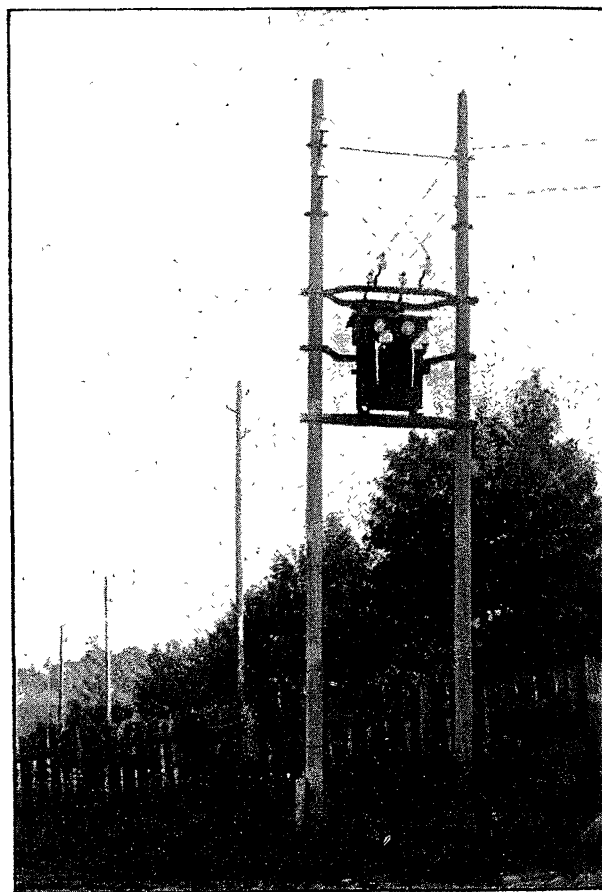


Fig. 1. — Transformateur de la Compagnie d'Énergie électrique de Grenoble et Voiron monté sur poteaux en ciment armé.

visager une concession de quelque durée sans prévoir plusieurs remplacements en cours, parfois même dès la première année, parce que la matière antiseptique ne tarde pas à disparaître, soit par délavage ou évaporation, soit par chute au pied du poteau à cause de sa densité.

Dans les meilleures conditions l'éventualité du remplacement des supports en bois se présente tous les 12 ou 15 ans. Peut-on envisager sans crainte une telle éventualité pour un réseau à haute tension, très développé, chargé d'assurer un service public? Assurément non, car le changement des poteaux d'une ligne aérienne en fonctionnement est non seulement long et coûteux, mais il est encore d'une exécution des plus dangereuses et de nature à créer de sérieuses difficultés administratives à l'exploitant, et à lui occasionner le paiement d'indemnités considérables à ses abonnés, par les interruptions obligatoires du service qu'il entraîne.

L'altération des poteaux en bois présente un autre inconvénient des plus graves. Comme on le sait, c'est surtout au contact avec le sol que la décomposition est la plus rapide,

(1) Note présentée le mercredi 10 juillet à l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, par M. DROUIN, ingénieur, ancien directeur de la Société Electrochimique de la Romanche.