

# LA HOUILLE BLANCHE

Revue générale des Forces Hydro-Electriques  
et de leurs applications

3<sup>e</sup> Année. — Mars 1904. — N<sup>o</sup> 3.

*La Houille noire a fait l'Industrie moderne ;  
la Houille blanche la transformera.*

## BOISEMENTS, IRRIGATIONS BARRAGES-RÉSERSOIRS (1)

Les questions d'intérêt immédiat appartenant au domaine actuel des Sciences et de l'Industrie ne doivent pas à ce point fixer notre attention que nous ne puissions jamais la porter sur les grands problèmes dont la solution s'imposera aux ingénieurs qui nous suivront.

Dans notre précédent numéro, nous avons mis sous les yeux de nos lecteurs, l'impartial exposé d'une conception gigantesque, consistant à régulariser le régime de l'*Appareil hydraulique* de la France par « la transformation du plan incliné de nos rivières en un escalier hydraulique », au moyen de *barrages-réservoirs*.

Aujourd'hui, nous leur soumettons une conception tendant au même but — obtenir de notre appareil hydraulique le rendement maximum, mais par des moyens tout différents. C'est à l'obligeance de M L A FABRE, inspecteur des Eaux et Forêts, qui a bien voulu déjà nous donner l'intéressante étude dont on se rappelle « La lutte pour et contre l'eau », que nous devons l'autorisation de reproduire, ici, le travail suivant.

La recherche de l'eau et les progrès de son utilisation aux multiples points de vue de l'industrie humaine ont fait, depuis quelques années, l'objet de nombreux travaux : navigateurs, hydrauliciens, agronomes, législateurs se préoccupent de plus en plus aujourd'hui de l'exploitation de l'eau, matière première de la navigation fluviale, des irrigations, de la force motrice, de l'alimentation. Partout se poursuit l'accaparement des chutes d'eau montagneuses, de la Houille-Blanche, la préparation de réserves hydrauliques : la *lutte pour l'eau*. « L'évolution est de celles qui progressent si rapidement qu'on doit se résigner à ne la fixer que par des *instantanés*. »

Les forestiers qui dans le dernier demi-siècle engagèrent avec succès la *lutte contre l'eau* par la forêt, pleins de confiance dans l'arme qu'ils avaient éprouvée, et puissamment aidés par les recherches actuellement si étendues des géographes, botanistes et géologues, se sont particulièrement attachés à l'étude de l'*action hydrologique des forêts*.

La forêt n'est pas seulement l'organe souverain de la protection du sol contre l'érosion, contre l'attaque des météores, elle est dans une certaine mesure un agent de réceptivité et de réutilisation des précipitations atmosphériques.

Ses organes aériens et souterrains n'ont pas vis-à-vis du sol et de l'eau, que des actions physiques ; leur ensemble qui fait de chaque arbre, de chaque plante, un être doué de vie et consommant l'eau, possède sur cet élément un pouvoir de condensation, d'assimilation, d'évaporation considérable.

Les masses foliacées sont les pourvoyeuses hydrauliques de l'arbre qu'elles approvisionnent dans les courants aériens : elles condensent mécaniquement sur le sol une partie de l'humidité, évaporent le reste.

Les organes souterrains mettent en œuvre l'eau qui leur parvient ainsi ; une faible partie est retenue par capillarité ou à l'état de combinaisons, la masse revient encore à l'atmosphère par transpiration physiologique. Sous nos climats, une forêt

adulte est capable — si la pluie le lui permet — d'évaporer annuellement jusqu'à 1 m. d'eau ; ce chiffre est certainement dépassé dans les pays tropicaux.

Une forêt, au sol drainé et fécondé par de nombreuses colonies d'êtres infiniment petits, doit être considérée, depuis l'humus hygroscopique de sa couverture morte, le feutrage des mousses, algues, lichens du tapis végétal, les étages herbacés, buissonnants, arborescents de l'association végétale à individus innombrables spontanément groupés par les conditions du milieu, comme une nappe végétale vivante pouvant atteindre jusqu'à 40 mètres de puissance, et formée d'êtres luttant tous pour la vie, par l'eau.

L'activité physiologique et l'influence physique de cette nappe constituent autour d'elle une atmosphère humide qu'on a observé jusqu'à 1500 mètres de hauteur. Elle forme nécessairement écran condensateur par rapport aux courants aériens humides qui la heurtent.

L'effet du boisement procède ainsi bien plus de la physiologie pure que de toute autre influence. La forêt est un *organisme* et non une *machine*, et elle ne cède au sol que le superflu des réserves hydrauliques qu'elle puise dans l'atmosphère. Elle constitue un laboratoire merveilleusement outillé pour l'utilisation progressive des eaux atmosphériques. Plus elle développera sa densité foliacée, multipliant le nombre de ses organes de dépense, la proportion de ses espèces hydrophiles, plus croîtront et son adaptation à un milieu physique susceptible de devenir ainsi de plus en plus riche en eau, et la capacité hydraulique du sol qui la porte.

Ce n'est là d'ailleurs qu'une manifestation des facultés évolutives de l'espèce, souvent observées dans les zones à végétation difficile et à toutes altitudes. La plante s'adapte par des formes buissonnantes, rabougries, rasées, aux rigueurs du milieu. Il n'est pas jusqu'à l'organe qui, dans l'espèce, ne soit doué des mêmes facultés : les tissus deviennent épineux, scoriacés, villeux, parcheminés ; les sucres s'épaississent, sont lacteux, sucrés, gommeux ; les proportions de l'appareil racinaire s'exagèrent ; le tout en vue d'une défense contre la transpiration, d'une lutte plus active pour l'eau. Ces faits sont bien connus des phytographes.

Les transformations biologiques constantes de l'organe, de l'individu, de l'association, en vue d'un captage, d'une utilisation croissante des eaux aériennes, de leur perpétuelle remise en circulation, constituent certainement la véritable puissance de la forêt dans la lutte pour l'eau. Elles rendent particulièrement difficiles la recherche d'une loi, d'une formule précise, mathématique de l'*action hydrologique* des forêts dans une zone qui sera toujours trop localisée. Dans un ordre d'idées dont la dominante est la vie, l'expérimentation ne saurait envisager l'infini des cas particuliers ; elle ne peut fournir que des données générales, momentanées, variables. Leur seule concordance est le fait essentiel.

On sait en outre, depuis longtemps, que l'érosion ne naît pas en sol boisé ; que le ruissellement qui en est le prélude et qui au voisinage des versants dénudés réduit la circulation aérienne et l'utilisation humaine des eaux, est toujours éteint par la forêt.

A défaut du boisement, qui est l'expression la plus parfaite

(1) Extrait des Actes du VII<sup>e</sup> Congrès International d'Agriculture (Rome, 1903).

de l'armature végétale du sol, les tapis herbacés pérennes, les taches sous arbustives, buissonnantes, éparées dans les pelouses alpines, landes et steppes, jouissent aussi, toutes proportions gardées, d'une action hydrologique analogue à celle des forêts. C'est l'abri de ces lambeaux, nains, torturés, pour mieux lutter, qui garde de l'érosion les hautes pelouses, y maintient la vie de la terre.

Ainsi, la résistance du sol à l'érosion et ses affinités hydrologiques seront, pour une région donnée, les résultantes parallèles du boisement, susceptibles de croître avec lui en intensité.

Dès lors le boisement, sur des versants montagneux dénudés, dans des zones géographiques planes xéro-climatiques, la conservation de la végétation spontanée des hautes pelouses, se révèle comme d'importants facteurs de la réceptivité hydraulique du sol, concourant immédiatement aux améliorations culturales, au développement des *irrigations agricoles*.

Dans toutes les régions de colonisation, ce n'est pas la terre qui a de la valeur aujourd'hui, mais l'eau. Dans les « pays de soif » les disettes d'eau ont conduit à recourir au boisement, pour puiser cette eau dans les courants atmosphériques.

L'évolution est absolument remarquable dans deux vastes régions fort éloignées l'une de l'autre, sans analogies géographiques ou ethnographiques.

Dans la Grande Plaine et dans les massifs montagneux des Etats-Unis, les déboisements extravagants du siècle dernier ont déterminé d'impitoyables disettes d'eau, des désastres torrentiels toujours croissants. On a déboisé sans compter, pensant que peu d'années suffiraient pour reconstituer des forêts. L'illusion n'a pas duré et, bien que tardive, la réaction se fait avec énergie. Des territoires considérables encore partiellement boisés, actuellement désertés par la culture, sont mis en interdit en vue d'une restauration forestière.

Dans la steppe russe, prédisposée aux sécheresses, la richesse non indéfinie du *tchernoziom* a depuis 50 ans développé à outrance la culture et la déforestation. La disette d'eau et parallèlement l'énorme extension des érosions, sont devenues pour l'administration russe de graves sujets de préoccupations. L'irrégularité croissante du régime des grands fleuves qui tendent au type torrent, les a accentués plus que partout ailleurs. Le boisement a été jugé le seul remède pour lutter contre la destinée désertique des riches terres noires. C'est à lui qu'on recourt pour dépouiller les vents polaires du peu d'humidité qu'ils contiennent; pour fixer sur des sols entièrement dénudés les neiges si utiles aux cultures, pour empêcher leur amoncellement dans les ravins où leur fusion active les érosions.

Les vents humides de l'Océan qui enrichissent les cultures de l'Europe occidentale y développent la dénudation culturale et les activités torrentielles : la France montagnaise en a le fâcheux privilège. Dans trois de ses grands bassins hydrographiques, la lutte contre l'eau est engagée depuis 50 ans par la forêt; elle revêt aujourd'hui spécialement la forme nautique.

L'alarme a été jetée depuis plus de deux siècles, dans le bassin du Rhône, par les ingénieurs, élèves de Vauban, qui cherchaient à rendre navigables les ramifications du bas fleuve; en présence de leur encombrement détritique, ils réclamaient énergiquement le boisement des versants alpins dénudés par les transhumants provençaux. Plus tard, de Prony et Lombardini virent aussi le fait des bergers lombards dans l'exhaussement du lit du Pô.

En Allemagne, la dénudation des régions sableuses du haut cours de l'Elbe a les mêmes fâcheux retentissements sur la navigabilité du fleuve.

Peu à peu, les revendications hydrauliques des agriculteurs et des industriels se greffent sur celles des navigateurs : elles se produiront demain là où elles ne sont pas encore nées. Des organisations étatiques, des mesures législatives, des manifestations telles que les *arbor-day*, les fêtes scolaires de l'arbre, traduisent partout, aussi bien en Amérique, en Russie et en France qu'en Italie, en Autriche, en Espagne et en Suisse, ce

mouvement contre la dénudation, pour la recherche et l'utilisation des eaux atmosphériques par le boisement.

L'expédient souverain de la culture en quête d'eau paraît être resté chez différents peuples le procédé primitif, vieux comme le monde, du *barrage-réservoir*.

L'hydraulicien, pressé de faire face aux réclamations de l'agriculteur, se hâte de barrer des vallées avec des murs cyclo-péens. La conception est merveilleuse de simplicité; son exécution suspend souvent sur les vallées la menace d'un raz-de-marée dévastateur. Pas plus en France qu'en Espagne et en Algérie, la résistance de ces barrages n'a pu être garantie. Des catastrophes récentes qui se sont ajoutées à une série d'anciennes, jettent sur ces chefs-d'œuvre de maçonnerie un discrédit très justifié. Elles ne sont pas spéciales aux ouvrages adaptés à l'irrigation et même à ceux situés dans des zones torrentielles : elles éclatent en plines Vosges ! Aussi, s'est-on bien vite hâté de consolider d'autres ouvrages en situation analogue, tel celui des Settons dans le Morvan.

L'agronome qui échappe à cette lourde responsabilité, n'envisage que la question actuelle, immédiate de l'utilisation de l'eau, et au seul point de vue agricole. Il sèvrera d'eau sans scrupules, toutes les autres branches de l'industrie humaine. Il prend l'eau où il la trouve et l'emploie jusqu'à la dernière goutte. Dans cet accaparement, il ne se préoccupera, d'ailleurs, nullement des aléas torrentiels auxquels donnent lieu les questions hydrologiques; il n'envisagera pas la possibilité du tarissement des sources de l'irrigation par la dénudation culturale. Dans les régions de transhumance pastorale le développement des cultures en plaine a le plus souvent pour conséquence l'exagération de la dénudation en montagne.

En France, le maigre débit de la Haute-Garonne, à sa sortie du front pyrénéen subvient à grand peine aux irrigations : de toutes parts en Gascogne on est en quête d'eau. Dans la basse Provence les canaux des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse étaient déjà, il y a dix ans, insuffisants pour alimenter de nouvelles surfaces irrigables : les volumes d'eau concédés dépassaient la moyenne de l'étiage. On songeait à augmenter le débit de la Durance, en *surélevant* le niveau des basses eaux, dont une partie importante disparaît en été dans les graviers. En Espagne, les canaux d'irrigation assèchent l'Ebre, presque dès les Pyrénées. Quelque osé qu'on ait été sur le versant nord de la chaîne, on n'est pas encore allé jusqu'à barrer des vallées; on se borne à capter par surélévation ou sétonnement de seuils rocheux, les lacs élevés qui s'échelonnent jusqu'à de grandes hauteurs. Tous ces lacs, situés dans la zone pamirienne où la montagne s'ensevelit sous ses propres débris, sont en voie manifeste de comblement. Leur précarité comme réservoirs ne laisse aucun doute. Il est bon d'ajouter que leur installation si longue et si coûteuse aboutira à ce résultat qui n'a vraiment rien d'encourageant, d'assurer 7 mètres cubes d'eau d'irrigations à une seule rivière, la Neste, et seulement pendant 4 ou 5 mois de l'année : la poire pour la soif !

A une époque où l'on voyait dans les réservoirs une sauvegarde contre les inondations, on avait projeté des barrages à fins multiples au sommet du Plateau de Lannemezan, d'où s'irradient les torrents d'Armagnac; on en est heureusement resté aux projets.

Dans les Alpes françaises, on s'est jusqu'ici défié de l'entraînement vers les barrages-réservoirs adaptés aux irrigations : Isère, Drôme et Durance ont des puissances de colmatage, des irrégularités de régime qui ne laisseraient aucun doute sur l'avenir de pareilles entreprises, tant que les reboisements en cours n'auront pas régularisé le régime de ces rivières torrentielles. D'ailleurs, aussi bien en France qu'en Suisse et en Italie, les champs alpestres de Houille-Blanche largement exploités, parent aux besoins immédiats. Toutefois nulle part on ne fait trêve à la recherche et aux aménagements des eaux liquides; on prévoit des besoins partout.

Ils seront de plus en plus impérieux, au fur et à mesure que s'accroîtra la régression si inquiétante des glaciers; parallèlement à elle doit donc être développée la puissance de la

couverture végétale du sol montagneux, si l'on veut obvier au tarissement progressif des sources continentales de l'eau.

La Suisse, qui voit « marcher au tombeau » ses lacs de hauteur sous l'atteinte du pastorat, réagit énergiquement par sa loi forestière fédérale, donnant ainsi un bel exemple de discipline d'Etat. L'Italie, merveilleusement pourvue par sa situation péninsulaire, n'a que faire de l'eau. Des fontanili et des lacs lombards aux régions méridionales, c'est une pléthore de canalisations, d'utilisations culturelles et industrielles des eaux superficielles et souterraines, une profusion d'adaptations hydrauliques, d'assèchement de lacs, d'irrigations au milieu desquels l'ingénieur évolue avec autant d'art que de science. Toutefois il ne s'en suit pas que le boisement n'ait pas un rôle à remplir aux pays des Eglogues, que l'immense ceinture de lagunes, d'atterrissements marécageux, de dunes, de lidi où ne cesse de s'étaler la chair des montagnes de la péninsule, ne se réclame pas à bien des points de vue, de l'action biologique des forêts à croissance rapide, à grande transpiration. Sur le versant de l'Adriatique desséché et dénudé par les transhumants, les forêts, les chataigneraies ont disparu; les rivières se sont torrentialisées, autant que dans les Alpes Bergamasques et du Trentin; le boisement des hauteurs est le remède indiqué. L'Autriche, inspirée par Demontzey, y recourt largement dans son Karst. En Grèce, les forestiers passent encore pour des sorciers! Le sol s'achemine vers l'état mort, où le pastorat biblique a depuis longtemps laissé les terres d'Asie.

Il n'est pas de région où les hydrauliciens se soient autant prodigués en matière d'irrigations que dans les Indes. Dans un seul district de la province de Madras, on compte plus de 3.000 réservoirs : 4 seulement irriguent plus de 400 hectares, un peu plus de 100 arrosent de 100 à 400 hectares; le reste, c'est-à-dire la masse, irrigue des surfaces moindres de 100 hectares. Dans ce pays où les famines dues à la sécheresse passent à l'état d'institutions, où les préceptes des diverses religions assimilent à des œuvres pieuses les travaux de captages hydrauliques, une pareille profusion d'ouvrages n'a rien d'étonnant : elle s'adapte en tous points au milieu géographique. Ces barrages-réservoirs ont tous un vice originel commun, la rapidité de l'envasement. On y obvie par des surélévations de digues poussées jusqu'aux dernières limites, après quoi on abandonne le réservoir. La tradition de ces ouvrages semble ne plus répondre aux besoins actuels. Là aussi l'action du boisement sur les irrigations se révèle. L'idée, issue de l'institution des grandes réserves forestières que fit en 1878 *L'Indian-Forest-Act*, se développe peu à peu. Les savantes et très utiles recherches du service forestier de la péninsule sur l'action hydrologique des forêts, facilitent son évolution. Dès lors il se pourrait bien que le principe des *grands* ouvrages, du *babélisme* hydraulique, ne tardât pas à être abandonné.

Les hydrauliciens anglais l'ont transporté en Egypte où il triomphe aujourd'hui.

L'Egypte a sa raison d'être dans le Nil; ses eaux l'ont créée et la recréent tous les ans. Avec sa longue vallée verte, mollement flexueuse et close par l'alignement de falaises torrides, enracinée sur les multiples diramations de son delta et puissamment épanouie dans la riche frondaison de ses réseaux lacustres, le fleuve est une image arborescente, stéréotypée sur le sol, de la circulation des eaux atmosphériques; accumulées dans les grands lacs d'origine, grâce aux effluves de l'Océan Indien, elles se canalisent, utilisées, jusqu'à la Méditerranée, pour y être reprises dans un nouveau cycle d'évaporations, d'adaptations humaines. Ici, la prodigieuse puissance de l'eau, sa concentration dans une vallée unique, pour ainsi dire sans branchements axillaires, conduisit à la conquête du pays par l'eau, à la conception de l'irrigation pérenne, à l'emménagement des crues. Plusieurs tentatives avaient déjà été faites sans grands succès dans la basse vallée, en vue du refoulement des eaux vers l'amont. Le procédé nouveau a sa zone d'influence vers l'aval. La digue d'Assouan qui s'achève, barre toute la vallée à 800 kilomètres du delta, à hauteur de la première cataracte, sur une largeur de 2 kilomètres : elle doit accumu-

ler 1 milliard de mètres cubes d'eau. On avait d'abord songé à une capacité triple. L'éminent ingénieur Willcocks, qui attache son nom à cette œuvre grandiose, ne laisse à personne le soin de la glorifier et de la poser comme modèle : « La « digue d'Assouan, écrit-il, est un travail d'un type sans précédent sur notre terre; si ce travail réussit, il marquera une « date dans la construction des digues. Il doit y avoir des « sites sur les rivières torrentielles des régions arides ou semi- « arides de l'Afrique du Sud, de l'Australie et de l'Améri- « que du Nord, où des digues du type dont Assouan offre le « spécimen unique, répondraient à des besoins depuis long- « temps reconnus » (1). Le temps seul permettra de juger l'œuvre aux points de vue de la résistance et de l'envasement. Les digues résistent toujours au début: les grands affouillements, les dislocations apparentes ne sont pas leurs pires ennemis. C'est par l'effet des dissolutions lentes, des désagréations insaisissables que l'appareillage se dissocie sournoisement avant de rompre. D'autre part, la puissance de colmatage du Nil est bien connue: c'est par millions de mètres cubes qu'on compte les limons extraits tous les ans des canaux nilotiques. Il est vrai qu'on saura faire travailler le fellah!

En Algérie, les coups d'eau ont eu raison du réservoir du Tlalat en 1862; de celui de l'Habra, une première fois en 1872 et une seconde fois en 1881; de celui de Cheurfas en 1885. Peut-on se flatter d'avoir établi plus à l'épreuve ceux qu'on a reconstruits? L'envasement de tous ces ouvrages est incessant, souvent très rapide. Le réservoir de Sig (8 millions de mètres cubes) reçoit annuellement 100.000 mètres cubes d'apports solides; celui de Djidiouia (2 millions de mètres cubes) s'envase de 250.000 mètres cubes par an, son dévasement a déjà coûté 400.000 francs!

En Espagne, on connaît les crues terribles des torrents de la Sierra Nevada qui commandent aux irrigations des riches végas de Murcie. Malgré la catastrophe due à sa rupture en 1802, le grand barrage de Lorca a été réédifié: il succombe aujourd'hui sous une hauteur de 20 mètres d'atterrissements caillouteux. D'autres (del Gasco, del Valdeinferno) ont été démolis ou atterris et sont abandonnés.

L'irrégularité du régime des eaux dans les zones d'alimentation des barrages-réservoirs, ressort donc comme le vice fondamental de ces ouvrages. Dans la plaine des Indes seulement, grâce au climat essentiellement sec, à une topographie peu accidentée, ils n'ont pas encore provoqué de catastrophes. Nulle part leur constructeur ne peut garantir une rupture, souvent à brève échéance. Les lacs de hauteurs des Pyrénées dont on se contente de s'étonner les seuils rocheux sont les seuls types de réservoirs dont la solidité soit éprouvée. Partout ces ouvrages s'envasent: pour certains, l'atterrissement est si rapide et si caillouteux qu'il condamne le réservoir dès sa construction. En cas de rupture, les réédifications sont de véritables défis jetés à la nature.

En Egypte, des conditions géographiques et potamologiques uniques au monde, expliquent la méthode. Le coefficient d'écoulement du Nil est très faible = 0.270 (le Pô = 0.750, la Durance = 0.700, le Rhône = 0.625). La charge des troubles par litre n'est que de gr. 0.666 en moyenne : pour la Durance ce chiffre est de gr. 1.333; pour la Garonne, à Toulouse, il varie entre 3 et 25 gr.; en Espagne, les eaux du Guadalentin sont parfois chargées à 40 gr. Le Nil n'a qu'un étiage, il est trouble du commencement de juillet à la fin d'octobre, pendant quatre mois seulement; la Durance et la Garonne sont troubles dans l'intervalle de leurs deux étiages, pendant six mois.

L'alimentation du Nil est assurée par des réservoirs naturels, intarissables, dont quelques-uns sont de vraies mers intérieures; par des vastes régions marécageuses qu'abrite la puissante végétation équatoriale. Le réseau de ses pourvoyeurs hydrauliques se branche fort en amont dans sa vallée dont une

(1) J. Brunhes. *L'Irrigation*, page 387.

série de seuils rocheux atténue les pentes. Cette vallée n'est qu'une « gigantesque oasis en plein Sahara ». L'hydraulicien est donc admirablement servi par des dispositions hydrologiques et topographiques exceptionnelles, aussi ne saurait-on poser comme des *types universels*, les barrages-réservoirs construits en Egypte. Ils stupéfient par leur masse, peuvent inquiéter, mais non convaincre.

En Algérie, le prestige des barrages-réservoirs a fait son temps.

Il en est de même en Espagne dont à tort ou à raison, les énormes édifications avaient fait la réputation en matière d'irrigations : Dès aujourd'hui, on y associe dans une large mesure, le boisement des hauts bassins torrentiels à l'aménagement des eaux des huertas. Peu à peu, on sera conduit pour revivifier les oueds de la Meseta, pour repeupler ses despo-blados, à reconstituer une partie des forêts et chataigneraies que les mérinos ont dévorées, ne laissant subsister sur ces plateaux « que la végétation d'un four à chaux ».

Il serait intéressant, si l'on ne craignait de trop prolonger cette étude, d'analyser la résultante économique de ces barrages, les déceptions auxquelles ils ont donné lieu, la tendance remarquable qu'ils dessinent vers « une monopolisation des eaux » (J. Brunhes).

En Egypte on en est arrivé, lors des faibles crues, à proscrire des irrigations, les cultures alimentaires, réservant l'eau pour les seules cultures industrielles: coton, canne à sucre, les plus exigeantes en eau. Le fellah passif et fataliste, qui n'a jamais su s'exploiter lui-même, pourra regretter les procédés pharaoniques qui permettaient à ses ancêtres de conduire à leur gré les rotations culturales, de vivre avec peu d'eau, d'éviter la faim comme il ne pourra peut-être plus le faire au milieu d'une surproduction culturelle dont l'industrie britannique est seule à bénéficier. D'autre part, les besoins culturels croissent, mais les endiguements ont nécessairement des bornes. Même en admettant le succès du captage des lacs Tsana, Victoria et autres, dont on commence à parler, la méthode sera tôt ou tard à bout de voie.

Dans l'Afrique française, la lutte contre l'extension de la zone désertique ne peut se faire qu'avec le boisement. Il ne s'agit pas de l'entreprise puérile d'une conquête du Sahara, mais d'une défense raisonnée contre son *influence*, contre les causes humaines qui, des toundras sibériennes aux solitudes alpestres, et aux arides du Far-West, entraînent avec la dénudation du sol, le cortège lamentable de la soif et de la faim.

L'homme ne crée pas l'eau, dit-on, il l'utilise seulement: très souvent il la perd par son fait et toujours alors il peut la reconquérir. La maçonnerie inerte qui torture la circulation naturelle des eaux n'est pas l'arme de la lutte, surtout en pays de montagne. Le boisement, d'un emploi essentiellement souple, à action indéfiniment croissante, est l'objectif avec lui, s'édifieront, se surélèveront, s'étendront spontanément des endiguements *vivants*, d'une sécurité absolue, appropriés à toutes les utilisations hydrauliques et donnant du bois en sus. La forêt est une sorte de Houille-Blanche idéale dont l'homme peut à son gré faire varier les gisements.

L'œuvre des barrages-réservoirs n'aura d'avenir que : « Le jour où les rivières auront perdu leur caractère torrentiel par le reboisement. Les massifs forestiers, dont la création s'impose dans les bassins supérieurs, formeront les réservoirs d'eau les plus certains, les plus complets, les moins dispendieux; la création de ces *réservoirs-vivants* peut s'effectuer presque aussi rapidement que des barrages, œuvres mortes, qui réclameront de coûteux entretiens, et suspendront sur les vallées une véritable épée de Damoclès, tandis que les forêts produiront d'autant plus d'effet qu'elles vieilliront davantage » (Demontzey, 1896).

L'œuvre de Willcocks s'explique par le Nil et par le fellah: elle ne peut encore être jugée. Le légitime et très personnel mérite de « l'ingénieur » est d'avoir su la réaliser avec une entière adaptation aux intérêts actuels de son pays.

L'œuvre de Demontzey est consacrée des Pyrénées aux Alpes

et au Karst. Le prestige qui s'attache au nom du « forestier » croît à mesure que progresse l'idée du boisement dans la lutte pour et contre l'eau que l'homme engage partout où il cherche à adapter sa vie.

VŒUX. — Comme conclusion de cette étude, j'ai l'honneur de formuler le projet de résolution ci-après :

« Le VII<sup>e</sup> Congrès International d'Agriculture;

« Considérant que le développement des *irrigations agricoles* est intimement lié à la régularisation du régime des eaux, par suite au développement général du *boisement* et des *améliorations pastorales*;

« Emet le vœu que :

« 1<sup>o</sup> Sur les landes, steppes, arides et autres terres agricoles incomplètes, la culture fasse une *très large part* au boisement du sol;

« 2<sup>o</sup> Sur les pelouses, vacants, des zones alpines; sur les plateaux surélevés, la culture tend à des réglementations sylvo-pastorales *permanentes* et *progressives*, qu'elle laisse toujours subsister et développe, si c'est possible, les lambeaux de végétation buissonnante spontanée;

« 3<sup>o</sup> Dans tous les terrains sur lesquels, où à l'aval prochain desquels naissent ou se poursuivent des érosions, le *boisement* soit la *seule culture du sol*. »

L.-A. FABRE,

Inspecteur des Eaux et Forêts.

---

## CONDUITES FORCÉES A DIAMÈTRES VARIABLES

---

Dans les installations hydrauliques, on a généralement l'habitude de donner un diamètre constant aux conduites forcées, et l'on se contente de faire varier l'épaisseur au fur et à mesure que s'accroît la pression. Comme cette épaisseur est fonction, non seulement de la hauteur, mais encore du diamètre, un ingénieur italien, M. REMO CATANI, a recherché s'il n'y aurait pas économie à faire décroître progressivement le diamètre, depuis la prise d'eau jusqu'au point le plus bas, et il nous a paru intéressant de donner ici la traduction d'une étude qu'il a faite sur ce sujet dans le *Politecnico*.

### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

**Prépondérance du coût des conduites dans une installation hydraulique à haute pression.** — L'étude économique de l'aménagement des usines hydrauliques conduit à rechercher les chutes les plus hautes possible, car ce sont celles qui réduisent au minimum les frais de premier établissement. Grâce à la création de réservoirs artificiels, ainsi qu'aux progrès réalisés ces dernières années dans la construction des conduites en tôle d'acier, on a pu utiliser des chutes de grande hauteur, atteignant parfois plusieurs centaines de mètres. En 1894, une roue Pelton, fonctionnant sous une chute de 630 mètres, paraissait presque un phénomène, mais depuis nous avons vu d'autres types de moteurs hydrauliques fonctionnant sous des charges énormes: dans l'installation de Tanay (Suisse), plusieurs roues Pelton sont actionnées par une chute de 950 mètres.

Dans de pareils cas, le coût de la conduite entre pour une part importante dans les dépenses générales de l'installation; aussi est-il intéressant de chercher à diminuer le poids