

L'Aménagement hydroélectrique des lacs pyrénéens français

Georges Jorré

Citer ce document / Cite this document :

Jorré Georges. L'Aménagement hydroélectrique des lacs pyrénéens français. In: Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tome 5, fascicule 1, 1934. pp. 5-28;

doi : <https://doi.org/10.3406/rgpso.1934.4125>

https://www.persee.fr/doc/rgpso_0035-3221_1934_num_5_1_4125

Fichier pdf généré le 09/01/2019

L'AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE DES LACS PYRÉNÉENS FRANÇAIS

par Georges JORRÉ

Tout le monde sait la richesse de la chaîne pyrénéenne en houille blanche. L'abondance des pluies, le grand nombre de ruptures de pente, la déclivité généralement très accusée des versants, la fixité des lits et la pureté ordinaire des eaux en font une région particulièrement favorable aux installations hydroélectriques : « Réservoir de forces de premier ordre », dit M. Cavaillès qui leur accorde 1.800.000 HP moyens. C'est une richesse inappréciable, non seulement pour les Pyrénées, mais pour l'Aquitaine qui en bénéficie; et cette richesse, au rebours d'un bassin houiller, a l'avantage d'être inusable. Puis, si la construction et l'équipement des centrales coûtent cher, la matière première — l'eau — n'est pas dans le même cas.

Malheureusement, la houille blanche souffre d'une production saisonnière très inégale. Celle-ci est fonction du débit du torrent créateur d'énergie. Que le niveau des eaux baisse sérieusement — soit parce que l'évaporation, en été, est intense, soit parce qu'en telle ou telle saison la pluviosité est faible ou nulle, soit encore parce qu'en hiver les précipitations tombent sous forme solide — voilà la marche de l'usine ralentie, voire très compromise. Inconvénient pour ainsi dire universel : les Pyrénées sont loin d'en être exemptes.

Leurs torrents ne sont pas des plus abondants. La Têt, le plus riche des Pyrénées orientales, roule 6 m³ par seconde, l'Ariège à Tarascon 40 m³, le gave de Pau à Lourdes 37 m³ : c'est plus que n'ont les cours d'eau des Alpes du sud, mais, absolument parlant, c'est assez peu. En plaine, les chiffres sont beaucoup plus forts : le gave de Pau, à Orthez, a 96 m³; la Garonne, à Carbone, 127 m³; mais ces gros débits viennent trop tard pour que les usines de la chaîne puissent en profiter. Pourtant, cette modicité ne serait pas un inconvénient bien grave si les débits

étaient constants : on en serait quitte pour équiper les centrales en vue d'une puissance modeste. Mais tel n'est point du tout le cas, et, d'un bout à l'autre des Pyrénées, l'été est caractérisé en matière hydrologique par un étiage sévère. Les cours d'eau de la région orientale sont lamentablement amaigris en août et septembre : « Dans la région inférieure, les rivières se réduisent à un chapelet de mares brillantes au milieu des cailloux » (Sorre). Ceux qui viennent des Pyrénées centrales ont deux périodes de basses eaux, l'une entre la mi-novembre et la mi-mars, l'autre — plus courte mais plus accusée — du 1^{er} août au 15 septembre. S'ils ont la chance d'avoir quelques glaciers dans leur bassin (tels le Lys, les Nestes, le gave de Pau), cet étiage n'est pas trop cruel; s'ils n'en ont pas et si les sommets qui les alimentent ne sont pas très élevés, la baisse est très accentuée et très durable (Ariège, Salat, gave d'Aspe). Enfin, les cours d'eau des Pyrénées occidentales ont, eux aussi, des maigres bien marqués entre juillet et septembre. Ainsi, à côté de périodes où les torrents pyrénéens roulent un flot important, il y en a d'autres où les débits fléchissent terriblement.

D'autre part, la houille blanche pyrénéenne, comme celle des autres chaînes, dépend pour son placement, des exigences du marché; celles-ci se caractérisent précisément par une extrême irrégularité aux diverses heures de la journée. Cette énergie est employée à divers usages : électrochimie, électrométallurgie, éclairage, traction des trains et des tramways, etc... Or, si les usines à feu continu, si l'électrochimie et l'électrométallurgie consomment vingt-quatre heures par jour une quantité d'électricité pratiquement constante, l'éclairage veut une « pointe » très accusée à la fin de la journée, et, par contre, se montre bien moins exigeant durant les dernières heures de la nuit, encore moins pendant la journée; la plupart des usines ne sont consommatrices que durant les huit heures de travail; les tramways ne demandent rien pendant la nuit; selon qu'il y a, ou non, coïncidence entre les démarrages sur les diverses lignes, la traction des trains exige des puissances très variables, etc... En bref, on admet qu'une usine génératrice capable, par exemple, de donner 45.000 kilowatts ne les fournira guère que vers 18 heures; à 20 heures, on tombe déjà à 30.000; à 22 heures à 13.000 ou 14.000; entre minuit et 4 heures, à 8.000 ou 9.000; vers 6 heures, la consommation fait un bond, la puissance à fournir avoisinant

alors 15.000 kilowatts; à 8 heures, elle dépasse 30.000; entre midi et treize heures, elle redescend aux approches de 10.000 pour remonter rapidement dans l'après-midi et atteindre son maximum vers la fin de la journée de travail.

Cette irrégularité périodique et saisonnière des débits fluviaux et cette irrégularité horaire de la consommation ont, l'une et l'autre, de graves conséquences :

Supposons une usine de rivière, dite *au fil de l'eau*, équipée pour fournir une puissance égale au sommet de la pointe. Pendant les heures creuses, c'est-à-dire pendant près des deux tiers de la journée, l'eau franchira inutilement le barrage, et l'énergie disponible sera perdue. Sans doute, dans la pratique, l'équipement de l'usine correspondra simplement au débit d'eau capable de satisfaire à la demande journalière moyenne. Mais, même dans ce cas, il y aura encore perte d'eau à certaines heures particulièrement creuses; par contre, au moment des pointes, il faudra, pour obéir aux désirs de la clientèle, se procurer un appoint, soit auprès d'un confrère plus favorisé, soit auprès d'une centrale thermique.

Par ailleurs, pendant quelque huit mois sur douze, l'irrégularité saisonnière des débits empêchera les génératrices de fonctionner à plein rendement. Inversement, à certaines époques, elle les dotera d'une énorme quantité d'énergie, véritablement surabondante puisque dans toutes les vallées de la chaîne à la fois, les besoins normaux seront largement dépassés. Ici encore, gros gaspillage de force.

Résultat : il y a des heures dans la journée, il y a des mois dans l'année où la houille blanche est en excès et se vend mal; son prix n'est pas intéressant pour le vendeur. Au contraire, il y a des heures dans la journée, il y a des mois dans l'année où, pouvant à peine suffire à la demande, elle se vend très cher: son prix n'est pas intéressant pour l'acheteur. En résumé, soit par la faute de la nature, soit par la faute de l'homme, c'est tantôt la pénurie cruelle, tantôt le règne du gaspillage.

Comment parer à ce double danger ? Comment augmenter la production de l'énergie continue aux dépens de l'énergie saisonnière ? Où prendre de l'eau quand les torrents n'en ont pas ? Comment stocker l'eau en excès ?

C'est tout le problème des *réserves saisonnières*. Ceux qui ont cherché à le résoudre se sont appliqués à régulariser le débit,

autrement dit à diminuer les hautes eaux au profit des périodes d'étiage. Deux solutions sont possibles :

1° La première — il ne peut évidemment s'agir que d'employer des réservoirs — est de créer des *réservoirs artificiels*. A cet effet, on construit un barrage en travers d'une vallée, de façon à constituer un petit lac, de préférence sur l'emplacement d'un ancien lac comblé et desséché, mais qu'il est aisé de faire renaître dans cette vasque naturelle au fond souvent humide encore et même marécageux. Tel est le cas du réservoir de *l'Oule*, dans la haute vallée d'Aure, qui sert à alimenter l'usine d'Eget; tel est presque le cas du réservoir des *Bouillouses*, ancien lac à demi-comblé, dans la haute vallée de la Têt; tel est le cas du réservoir de *Puyvalador* dans la haute vallée de l'Aude.

Ce système des réservoirs artificiels est loin d'être sans reproche. Nous n'entendons pas, il va de soi, faire ici le procès des petits réservoirs journaliers qui servent à assurer la pointe de la fin de la journée en économisant l'eau inutile de la nuit (comme ceux, par exemple, qui, en Ossau, accompagnent les usines de Miégebat et d'Artouste et qui retiennent respectivement 75.000 et 95.000 m³); ceux-là sont irremplaçables et d'ailleurs ne coûtent pas très cher. On n'en saurait dire autant des grands réservoirs annuels. Ils sont très difficiles à créer (on jugea longtemps le barrage de Puyvalador irréalisable), ils exigent des dépenses énormes, et, tout compte fait, le rendement de l'effort est modeste. A Puyvalador, il est inférieur de près de moitié aux prévisions, et quiconque a contemplé ce lac artificiel sait qu'il s'agit d'une assez petite chose : beaucoup de peine pour un résultat plutôt médiocre (barrage de 170 m. de long et 30 m. de haut au-dessus de l'étiage, 8 à 10 millions de m³ d'eau). En principe donc, dans la mesure du possible, on évite de recourir aux réservoirs annuels artificiels.

2° Il y a mieux, en effet : la seconde solution est celle des *réservoirs annuels naturels*. Ceux-ci sont, par essence, beaucoup plus profonds, plus aptes à retenir d'énormes masses d'eau; on peut les agrandir, et à moindres frais, puisqu'une bonne partie du barrage existe naturellement et offre des garanties d'étanchéité et de solidité rarement fournies par une œuvre humaine. C'est donc le réservoir naturel, autrement dit *le lac*, qui fournit la solution la meilleure au problème des réserves saisonnières, et

c'est celle-ci qu'il convient d'appliquer toutes les fois que ce n'est pas impossible.

Mais ne trouve pas des lacs qui veut, et l'on sait combien la France est pauvre en nappes d'eau. Delebecque, dans son grand ouvrage intitulé « Les lacs français » n'a guère à étudier que des étangs : encore sont-ils peu nombreux. Nos Alpes ont très peu de lacs; le Jura, les Vosges, le Massif central ne sont guère mieux lotis. Or, par exception, les Pyrénées en ont à foison. Non certes au pied de la chaîne : les lacs de bordure ont pratiquement disparu. Mais en haute montagne, ils sont extraordinairement nombreux. L'abbé Gaurier n'en a pas compté moins de 520, et lui-même croit être resté au-dessous de la réalité.

A quoi peut tenir semblable richesse ? Longtemps, on ne se le demanda guère, et l'on se contenta de dire : « C'est l'action glaciaire qui a créé ces nappes d'eau. » Très rares, en effet, sont celles qui se formèrent derrière des nappes d'éboulis ou des cônes de déjections torrentielles. Mais cette réponse n'expliquait pas grand'chose : Pourquoi, à ce compte, les Alpes ressemblent-elles si peu aux Pyrénées ? On se rappelle comment, ici-même, M. D. Faucher a tiré la chose au clair : nous renvoyons le lecteur à sa lumineuse démonstration ¹. Elle précise, en outre, de la façon la plus satisfaisante pour l'esprit, les raisons pour lesquelles ces lacs se cantonnent entre le Carlitte et le Somport et affectionnent particulièrement le Carlitte, la région de la Pique et des Nestes, et les Pyrénées des gaves.

Dans les Pyrénées des gaves, le *lac d'Estaens* (qui, à la vérité, est en territoire espagnol), le *lac d'Artouste*, le *lac Migouélou*, le *lac de Gaube* et le *lac Bleu*; sur la haute Neste, le *groupe lacustre d'Orédon* (Aumar, Aubert, Cap de Long - Orédon) et le *lac de Caillaouas*;

Dans la région de la Haute Pique, le *groupe d'Oô* (Espingo, Portillon, Oô) et le *lac d'Araing* au-dessus de Castillon, sur le haut Lez;

Dans la région de la Haute-Ariège, le *groupe de Bassiès* (au-dessus de Vicdessos) et le *lac de Lanoux*, à l'origine du Carol;

Sur la haute Têt, le *lac réservoir des Bouillouses*;

1. FAUCHER (D.), Les lacs des Pyrénées françaises et la morphologie glaciaire pyrénéenne (*Rev. géogr. des Pyrénées et du S.-O.*, t. IV, 1933, pp. 216-230).

Enfin, le petit *lac de la Carança*.

Soit une vingtaine de lacs environ, qui représentent une valeur économique considérable et dont l'aménagement était d'un vif intérêt. Il y a longtemps d'ailleurs qu'on s'en est avisé.

L'utilisation de type ancien (agricole).

Toutefois, pendant bien des années, on ne songea qu'à l'apport susceptible d'être fourni par ces lacs à l'irrigation de la région subpyrénéenne : c'est là l'utilisation de type ancien. On peut l'étudier au lac Bleu et dans la groupe lacustre d'Orédon.

Le *lac Bleu*, établi sur le Haut Adour, dans la vallée de Lesponne, est à 1.698 mètres d'altitude; sa superficie excède à peine 41 hectares, mais sa profondeur est extrême (120 m. 70). C'est en 1849 qu'on pensa à l'utiliser pour alimenter le canal d'Alaric : aussi son aménagement, achevé en 1859, est-il un peu vieilli. Le principe, toutefois, en est toujours valable: le flanc du lac a été percé par une galerie, et c'est dans un puits que sont logées les tiges des vannes commandant l'arrivée de l'eau dans des tuyaux; ceux-ci sont obturés eux-mêmes par des robinets auxquels on accède par la chambre d'évacuation; le canal d'évacuation est longé par un chemin taillé dans la voûte.

Théoriquement, ce lac peut retenir 10.000.000 m³ (ou même 11.800.000 ?). Mais, quand il a été vidé, il se remplit très lentement; on soupçonne que 300 ou 400 litres par seconde se déversent à travers les fissures du rocher, allant se perdre vers le Bastan; aussi n'ose-t-on plus le vider totalement. En fait, il n'a guère plus de 4.000.000 à 5.000.000 m³ d'eau.

Son fonctionnement est commandé par les nécessités saisonnières : on ouvre les vannes à la demande des riverains de l'Adour. Mais ce régime a suscité longtemps des discussions passionnées; en période de sécheresse, la deuxième section du canal (celle de Tarbes) ne recevait presque pas d'eau; la troisième (celle du Gers) encore moins. Il a fallu arriver en 1929 pour qu'un décret de répartition générale des eaux — préparé par M. l'ingénieur en chef Reynès — satisfît à peu près tout le monde.

Tout autre chose est le *groupe d'Orédon* au flanc du Néouvielle. Il s'agissait d'alimenter le canal de la Neste qui prend ses eaux à Sarrancolin pour les répartir entre les pauvres rivières du Lannemezan; on sait combien celles-ci ont de peine, en dehors

de la saison des grosses pluies, à satisfaire aux besoins des riverains. En créant le canal, on avait pensé surtout à donner à boire aux gens et aux bestiaux, puis à moudre le grain (dans le Gers). Peut-être, en outre, l'appoint de la Neste rendrait-il la Baïse à peu près navigable. On demandait donc à ce canal un débit de 7 m³. Comme pour ses propres besoins, la Neste en voulait six autres, il lui fallait, à Sarrancolin, rouler au moins 13 m³. Or, une période de forte décrue glaciaire affaiblit sérieusement cette rivière. Pour lui conserver ses 13 m³, il devenait nécessaire, en aménageant en réservoir un certain nombre de lacs pyrénéens, de lui constituer une réserve de 23.000.000 m³ en vue de la saison sèche. Le groupe d'Orédon-Caillaouas se trouva là à point nommé².

Vers 1870, on commença les travaux par le *lac d'Orédon*. Profond de 31 m. 20, couvrant près de 44 hectares, il fut doté d'un barrage avec masque d'étanchéité en béton de chaux (qui ne fut pas toujours très étanche), ce qui porta sa capacité à 7.300.000 m³, le plan d'eau étant relevé de 17 mètres; puis on ouvrit dans son émissaire naturel une tranchée qui se prolongeait dans le lac à 15 mètres au-dessous de la surface de l'eau.

L'amélioration du régime de la Neste fut incontestable, mais insuffisante et précaire, puisque dépendant d'un seul ouvrage. On songea au *lac de Caillaouas*. Profond de 101 mètres, vaste de 39 hectares, dominé par des montagnes dépassant parfois 3.000 mètres, alimenté par le glacier des Gours Blancs, il constituait une importante réserve. Nonobstant d'énormes difficultés dues surtout à l'éloignement des centres habités, on régularisa son plan d'eau par un barrage en travers de l'émissaire, et l'on disposa d'une tranche d'eau de 6.500.00 m³ dont on assura l'écoulement en perçant à travers le roc une galerie de prise de 183 m. 75 (1892).

Ce n'était pas encore assez. Mais, plutôt que de surélever le barrage d'Orédon, on préféra aménager en réservoirs les étangs qui l'alimentent. Le premier fut celui d'*Aumar*, couvrant 27 hectares, profond de 23 mètres. C'est un lac de barrage morainique :

2. Cf. P. FR., L'alimentation artificielle de la rivière de Neste et les lacs réservoirs des Pyrénées (*Annales du Ministère de l'agriculture*. Direction de l'Hydraulique et des améliorations agricoles. Comité d'études scientifiques, fasc. 33, pp. 197-211).

on n'eut pas besoin de surélever le bord antérieur de la cuvette, et l'on se borna à la couper par une tranchée longue de 190 mètres, que l'on barra par un petit mur en maçonnerie. On eut ainsi une réserve de 1.100.000 m³ d'eau.

Les second fut l'étang de *Cap de Long* : 39 hectares, 56 mètres de profondeur; un accès moins difficile qu'à Caillaouas, malgré la puissance du cadre montagneux. Une fois encore, un barrage en travers de l'émissaire releva le plan d'eau (de 8 mètres en l'espèce), ce qui donna une capacité utilisable de 7.000.000 de mètres cubes sous une hauteur de 18 mètres. Puis, comme à Caillaouas, on perça une galerie de prise (longue ici de 610 mètres), avec masque en maçonnerie et robinets. Les travaux, commencés en 1901, s'achevèrent en 1906.

Enfin, le *lac d'Aubert* a été aménagé lui aussi dans le même esprit. A l'origine, il avait 44 mètres de profondeur et couvrait quelques 35 hectares : la construction d'un barrage lui donna une capacité utilisable de 4.500.000 m³.

Soit, au total, une réserve de plus de 31.000.000 m³. Toute cette eau s'en va par écoulement libre, le lac d'Aumar se vidant dans celui d'Aubert, les lacs d'Aubert et de Cap de Long dans celui d'Orédon, ceux d'Orédon et de Caillaouas dans la Neste en périodes de basses eaux et d'irrigation, soit entre le 1^{er} août et le 1^{er} octobre, suivant les besoins et le degré de sécheresse de la saison. Pas de programme préétabli.

Mais aujourd'hui, les riverains du canal de la Neste voudraient amplifier les arrosages. Et bien que, comme nous le verrons, ce groupe lacustre — Caillaouas surtout — serve maintenant aussi à l'industrie hydroélectrique, le service de la distribution des eaux rêve de faire monter de 7 à 9 m³ la portée du canal de la Neste, afin de pouvoir irriguer systématiquement. Sa réserve de 6 à 7.000.000 m³ serait complétée par des lâchures que lui consentirait, en temps voulu, la Société hydroélectrique du Midi. L'agriculture en tirerait-elle grand profit ? On peut se le demander. Dans ce pays vallonné, que représenterait au juste le liseré irrigué d'un canal ? Il fallait cependant signaler cette utilisation agricole des lacs, non seulement à cause de son intérêt intrinsèque, mais parce qu'en une certaine mesure la technique de ces aménagements a frayé la voie à celle que requiert la deuxième utilisation des lacs pyrénéens : l'utilisation hydroélectrique.

L'utilisation hydroélectrique

Lorsque l'on eut commencé, en vue de la production de la houille blanche, à aménager les cours d'eau pyrénéens, on sentit vite que la recherche des réservoirs naturels s'imposait. On pensa tout de suite aux lacs. Ceux-ci avaient, aux yeux des ingénieurs, deux grandes qualités :

1° La plupart d'entre eux étaient très profonds. A considérer les trente principaux (ceux qu'étudie Delebecque), la profondeur moyenne serait déjà de 36 m. 56. Mais au lac Bleu, elle est de 120 m. 70, à Caillaouas de 101, à Artouste de 85, à Naguilhes de 71,80, à Oô de 67, à Migouélou de 58,20 : de vrais gouffres. La profondeur de ces ombilics par rapport à l'étendue de leurs bassins versants les mettait à même d'emmagasiner de copieuses réserves.

2° Presque tous étaient situés très haut : la plupart s'échelonnaient entre 1.800 et 2.500 mètres. Or, la puissance d'une chute d'eau n'est pas seulement proportionnelle au débit de cette chute, mais aussi à sa hauteur : c'est dire le prodigieux potentiel d'énergie dont disposaient ces lacs.

Sans doute, ce n'est pas sans des efforts parfois inouïs, sans des dépenses parfois énormes qu'on arrive à réaliser ce potentiel. Les précurseurs s'en étaient aperçus lorsqu'ils aménageaient le lac de Caillaouas en vue de l'irrigation : nos contemporains n'ont pas été mieux partagés quand ils ont voulu capter la houille blanche à Artouste et ailleurs. Que de difficultés inhérentes aux lieux : relief hostile, climat glacial une grande partie de l'année, ressources locales absolument nulles quant au logement et au ravitaillement ! Prenons, par exemple, le cas de Caillaouas : le village le plus proche, Loudenvielle, était à six heures de marche du lac pour des touristes bien entraînés. Avant d'amorcer l'aménagement, il fallut deux ans d'efforts pour établir un chemin à peu près carrossable. A Cap de Long, vingt-huit paires de bœufs et quatre mulets étaient nécessaires chaque jour pour approvisionner le chantier en chaux et en ciment ; pour transporter d'une rive à l'autre le sable nécessaire, il fallait un bac ; huit paires de bœufs attelés ensemble mirent quatre jours à l'amener à pied-d'œuvre, et l'on pensa ne jamais franchir les virages. Est-il nécessaire d'insister sur les problèmes que posaient le logement et la

nourriture des ingénieurs et des ouvriers ? Cantines à construire et à approvisionner en pleine solitude, baraquements de refuge, dortoirs, cabanes à édifier pour ceux qui tracent les chemins d'abord, pour ceux qui aménagent le lac ensuite : Que de soucis et de frais supplémentaires ! Songeons aussi à la brièveté de la campagne : vu les circonstances atmosphériques, elle dure à peine la moitié de l'année. Bien souvent, les travaux ne peuvent commencer avant la mi-juin et dès la mi-novembre il les faut interrompre sous peine de voir l'équipe, coupée du reste du monde par le mauvais temps, mourir de froid et de faim. La percée du lac d'Artouste, écrit M. Leclerc du Sablon, « devint à la fin très difficile par suite d'une période de froid prématuré avec d'importantes chutes de neige; le sentier, long d'environ 9 kilomètres et servant de plateforme à la voie de 0,50 qui relie le lac avec la station supérieure du câble de ravitaillement, devint rapidement impraticable même aux mulets, et le ravitaillement dut être fait à dos d'homme. Le froid atteignit -14°... L'accès du lac d'Artouste, en période d'enneigement important, relève plutôt des sports d'hiver que de la pratique des travaux »³.

Il est vrai que, depuis quelques années, l'emploi des téléfériques a simplifié le problème; dans le cirque du Lys, un câble a pu, en vingt-trois mois, transporter de la cote 1150 à la cote 2500 une charge de douze tonnes. Henry Spont nous a dépeint naguère « le chantier dans les neiges »⁴; il nous a montré les baraquements perfectionnés, spacieux, aérés et propres, chauffés à l'électricité, la cuisine électrifiée à 2.500 mètres, l'activité du chantier persistant en plein hiver. Mais il s'agit là de perfectionnements tout récents, et ce n'est qu'à la fin des travaux qu'un pareil confort devient possible. Pendant l'hiver 1929-1930, le chantier avait dû cesser le travail; le matériel et le ravitaillement, pour l'équipement du lac du Portillon, étaient transportés par des caravanes de 25 mulets portant chacun une charge de 100 kilos, voire par des équipes de skieurs.

Au demeurant, la saison fût-elle exceptionnellement clémente, le relief particulièrement favorable, l'accès des lieux particuliè-

3. LECLERC DU SABLON (J.), Exécution de la percée du lac d'Artouste en vue de son aménagement en réservoir saisonnier (*Ann. des P. et Ch.*, Mémoires, 1928, IV, pp. 49-61).

4. SPONT (Henry), Le chantier dans les neiges (*L'Illustration*, 12 septembre 1931).

rement aisé, l'aménagement du lac n'en serait pas moins un travail extrêmement délicat et coûteux. Comme il s'agissait d'irrigation, il comporte normalement deux opérations :

1° L'augmentation de la capacité du lac par la construction d'un barrage. Cela peut sembler simple : en réalité, que de précautions à prendre si l'on veut écarter tout risque de rupture, partant d'une épouvantable catastrophe comme celle de Gleno (Italie) en 1923⁵ ! Et, bien souvent, que d'ennuis à redouter avec ces barrages dont l'étanchéité laisse à désirer, dont les fuites risquent de vicier toutes les prévisions numériques, dont il faut, trop de fois, réparer les masques à grands frais !

2° Et surtout le percement du lac : opération très spéciale, tentée pour la première fois il n'y a guère plus de vingt ans. Très difficile est la détermination de la cote de percement. Percer très bas, c'est s'assurer l'utilisation d'une tranche d'eau très considérable. Mais c'est aussi augmenter dangereusement la pression de l'eau, c'est augmenter les frais en même temps que la longueur de galerie à perforer, c'est diminuer — vu le resserrement du but — l'erreur admissible dans la direction de la galerie. L'ingénieur doit aussi, par des relevés topographiques précis, par le jeu des projecteurs, au besoin par des descentes de scaphandriers, étudier très soigneusement la nature et la consistance du point d'arrivée de la galerie, veiller à ce que celui-ci soit dans la roche compacte et nue et non dans une couche d'éboulis plus ou moins boueux.

En général, la percée se fait sous une pression de 25 à 50 mètres d'eau. Tant que l'on est assez loin de l'extrémité dangereuse, tout va bien : marteaux pneumatiques sur colonnes et appareils de ventilation font merveille, et la dureté générale de la roche dispense d'étayer. Mais quand on approche du lac, la situation devient scabreuse : si le bouchon de roche cède sous la pression de l'eau, l'équipe qui travaillait à l'extrémité de la galerie périra inmanquablement, noyée et fracassée contre les parois. On ne peut donc avancer qu'avec d'extrêmes précautions.

La première, surtout si l'on doit percer à 50 ou 60 mètres sous le plan d'eau, consiste à opérer plusieurs percées successives

5. Cf. BLANCHARD (Raoul). La catastrophe de Gleno (Italie) et le barrage de Chambon (Oisans) (*Revue de géographie alpine*, t. XII, 1924, pp. 669-675).

pour diminuer la charge d'eau sur l'orifice; autrement dit à vider le lac en plusieurs fois. La dépense en est fortement accrue, mais on peut l'atténuer sérieusement en commençant par le premier tronçon (AC) de la galerie définitive; on perce ensuite un tronçon incliné CD qui rejoint la cote intermédiaire où l'on réalise le percement DE et l'abaissement du lac du niveau 1 au niveau 2. Il ne reste plus qu'à perforer CB à la cote définitive (fig. 1, I).

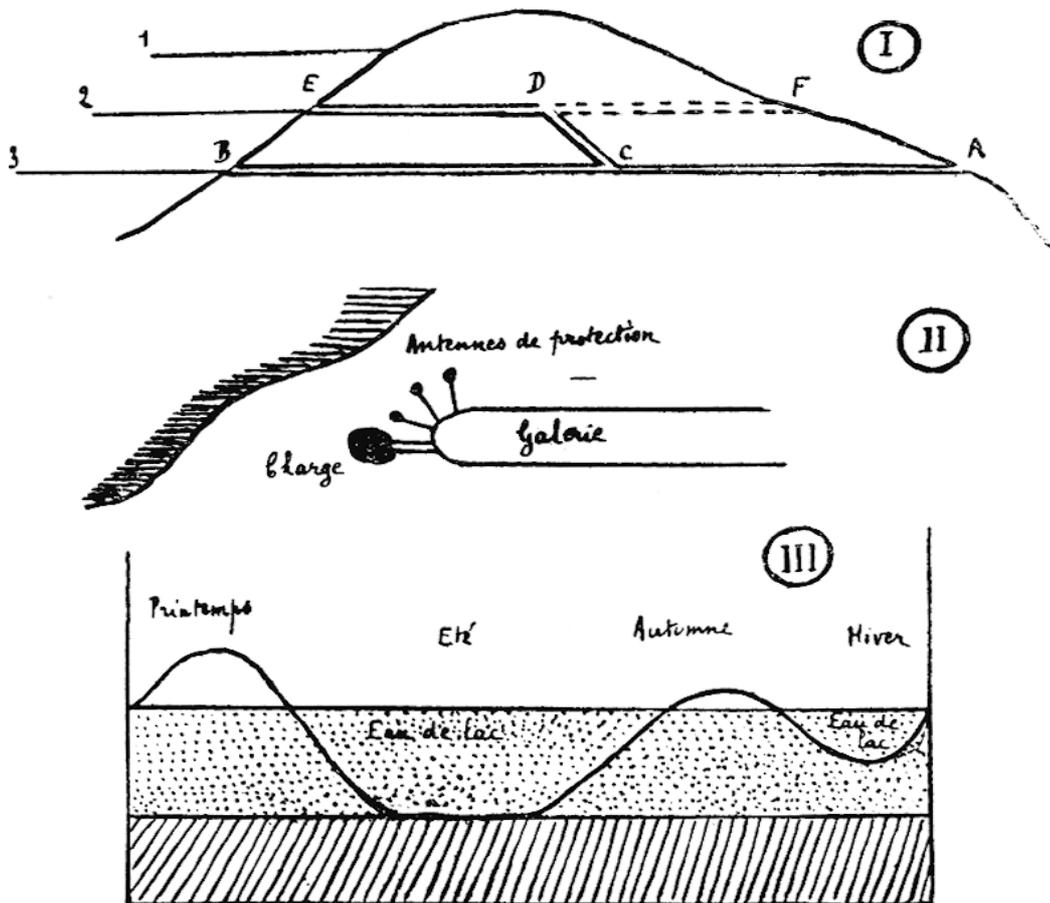


FIG. 1. — AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE DES LACS. — 1. Schéma de l'abaissement du niveau d'un lac par tranches successives (d'après B. Lacaze). — 2. Dispositif final du percement d'un lac (d'après B. Lacaze). — 3. Tranche vendable en tout temps, même sans l'aménagement (partie hachurée); tranche vendable en tout temps, grâce à l'aménagement (partie pointillée).

La seconde consiste dans l'emploi d'« antennes » quand le front d'attaque de la galerie est à quelques mètres de l'eau : Avant chaque mine, on fore de longs trous de mine appelés antennes qui contrôlent la présence continue du roc au delà du front de taille (fig. 2, II). Finalement, quand le bouchon rocheux n'a

plus que 2 m. 50 ou 3 mètres d'épaisseur, on creuse et l'on bourre d'explosif un dernier trou de charge; on se hâte d'évacuer tout le matériel déposé dans la galerie (rails, wagonnets, tuyauterie), et l'on met le feu par un dispositif commandé à distance. Le bouchon disloqué, l'eau s'engouffre dans la galerie, et la tranche du lac correspondant au niveau de cette dernière se vide. On n'a plus qu'à parachever l'aménagement de cette galerie, et notamment à organiser la prise d'eau que l'on garnit de barreaux formant grillage, puis à poser le bouchon et sa vanne avec les robinets. Après quoi, l'on commencera les ouvrages d'utilisation directe, galerie ou canal d'aménée vers l'usine projetée⁶.

Tous ces efforts, toutes ces dépenses, on les accepte, parce que seul l'aménagement des lacs permet l'utilisation complète des débits. L'usine — qui n'est équipée qu'en vue d'un débit moyen — peut, il est vrai, en période d'étiage, acheter de l'énergie aux centrales hydrauliques ou thermiques voisines: cela grâce à l'existence d'interconnexions par réseaux à haute tension. Mais pour éviter le gaspillage des gros débits, il lui faut un lac érigé en réservoir annuel.

Soit, en effet, un cours d'eau dont le graphique donné par la figure 1, III exprime le régime. La tranche d'eau inférieure est constamment utilisable; son placement commercial est donc assuré. Par contre, la tranche supérieure, irrégulière, est difficile à vendre. Mais que l'emploi d'une réserve lacustre permette de boucher le vide médian, voilà toute une tranche d'eau régulièrement fournie, aussi aisée à placer que la première (fig. 1, III). L'énergie que représente l'eau lacustre coûtera fort cher, il est vrai, mais tel ne sera pas le cas de l'énergie produite naturellement par le torrent en hautes eaux: entre les deux prix il s'établira une moyenne qui rendra l'aménagement du lac très intéressant pour le producteur; il arrive à maintenir au même niveau le prix de vente de son électricité pendant toute l'année, ou peu s'en faut. Quand les débits des torrents sont considérables et que les cours de l'énergie risquent de fléchir, l'existence du réservoir lacustre permet de diminuer les disponibilités apparentes. Sont-ils en

6. Tout ceci d'après LECLERC DU SABLON, article cité, et LACAZE (B.), Les lacs pyrénéens, réserve d'énergie, rôle régulateur et équipement (*Revue Industrielle*, octobre et novembre 1932, pp. 481-485 et 545-552, 24 fig. dont de nombr. phot.).

période d'étiage, l'énergie a une haute valeur marchande et c'est le moment de faire reparaître les réserves accumulées.

Ces réserves, dans certains cas, peuvent être accrues par la pratique du pompage. La disposition des lieux ne la permet pas partout, mais là où elle est possible, les ressources hydroélectriques de la région sont vraiment utilisées au maximum. Si, par exemple, les eaux d'un torrent indépendant — supposé trop maigre pour être équipé — sont refoulées par pompage dans un lac-réservoir sous une hauteur de 450 mètres, le travail fourni sera, pour un litre d'eau, de 450 kilogrammètres. Mais ceux-ci seront récupérés par cette même eau quand elle redescendra à la même altitude. Au-dessous de celle-ci, l'énergie produite par la chute de l'eau pompée devient un gain tout net : il y a eu à la fois économie d'eau et économie d'énergie, pompage sous hauteur partielle et utilisation sous hauteur totale. Et même si le torrent est affluent de l'émissaire du lac, il y a encore avantage à refouler par pompage ses eaux, car l'opération se fait en hautes eaux, c'est-à-dire à un moment où les usines, outillées en vue d'un débit plus modeste, ne sauraient que faire de cet afflux d'eau et le laisseraient passer sans en tirer de l'énergie; mis en réserve dans le lac, il ne reparaîtra que quand la baisse du débit du torrent permettra de l'utiliser en totalité. Il est vrai qu'il faut tenir compte, si lisse que soit l'enduit intérieur des conduites forcées, des pertes de charge à la montée et à la descente; elles sont de sens contraire et, partant, s'additionnent pour diminuer le rendement des pompes : si bonnes soient-elles, il ne peut guère dépasser 68 %. C'est assez pour faire du pompage une opération très avantageuse commercialement, surtout s'il existe dans la vallée toute une série d'usines s'échelonnant au-dessous du lac. L'eau de ce dernier — cette eau qui a coûté si cher à économiser — pourra être « turbinée » un grand nombre de fois.

Aussi bien ne conçoit-on pas autrement — même question de pompage mise à part — l'emploi d'un lac-réservoir. L'aménagement en est trop onéreux pour qu'on se contente d'une utilisation unique de son eau; un chapelet de centrales égrenées au-dessous d'un lac situé très haut, et marchant en parallèle, est de rigueur. Pas davantage on ne comprendrait que l'on puisât indifféremment à telle ou telle époque de l'année, dans ce précieux réservoir. Aux yeux d'un ingénieur électricien, user de l'eau de lac quand on pourrait s'en dispenser en marchant simplement au fil

du torrent, c'est pêcher. Sans doute, tous les lacs ne fonctionneront pas de la même manière. Ceux qui doivent répondre à un programme de consommation préétabli ouvrent leurs vannes à heure fixe; ils sont « à écoulement libre ». L'eau parcourant, par exemple, 1 m. 50 à la seconde, peut mettre plusieurs minutes à atteindre la première usine. Ces lacs sont destinés à relever un débit d'étiage; ils « travaillent » huit à dix heures par jour (le lac d'Artouste, par exemple). D'autres — tel le lac de Cail-laouas — sont dits « avec canal en charge »; ils peuvent fournir 20.000 kilowatts en une minute et demie et parer instantanément à la défaillance d'une usine du voisinage : ce sont des lacs « à soutien instantané ». Mais ce sont là nuances de détail. *Un même grand principe est valable partout : le lac a un rôle de régulateur et doit normalement être la clé de voûte d'un aménagement intégral de vallée.* S'il n'avait pas à épauler plusieurs usines, son équipement serait une absurdité.

Il n'est pas d'aménagement où n'ait triomphé cette conception : nous l'allons voir en parcourant la chaîne de l'ouest à l'est.

Dans les Pyrénées des gaves, nous rencontrerons quatre lacs propres à nous intéresser : Estaens, Artouste, Migouélou et Gaube ⁷.

Le lac d'Estaens, situé en Espagne tout près de la frontière, déversait autrefois son trop plein dans la haute vallée d'Espé-lunguère. Juché à 1.745 mètres, large de 400, long de 700 sous une profondeur très variable, il fut jugé apte à fournir un réservoir intéressant quoique modeste : 3.000.000 m³. On l'aménagea en 1925, de façon aussi simple et aussi peu coûteuse que possible. L'usine d'Estaens — qui utilise ses eaux sous une hauteur de chute de 475 mètres — n'en produit pas moins 3.000.000 kwh. par an, et ces eaux, turbinées à nouveau dans les centrales inférieures (Les Forges d'Abel, Arnousse, le Baralet, Esquit), produisent une quantité d'énergie à peu près équivalente. L'aménagement du lac d'Estaens a donc eu pour effet d'alimenter une usine spécialement montée et de régulariser les débits d'étiage du gave d'Aspe. L'équipement de la vallée d'Aspe ne se concevrait pas sans lui.

7. A cette liste, certains ajouteraient le nom du lac de Grésiolles, sur le haut Adour. On a parlé de le doter d'un barrage de 30 m. de haut qui retiendrait à 2.120 mètres d'altitude une tranche utile de 7.000.000 m³.

Encore bien moins concevrait-on celui de la vallée d'Ossau sans l'appoint du *lac d'Artouste*. Ce dernier, niché dans le granite au pied du Palas, à 1.967 mètres, dans une région très pluvieuse, n'a que 39 hectares, mais son bassin versant est important, sa profondeur est de 85 mètres et sa capacité naturelle de 13.000.000 m³. En relevant de 22 mètres le plan d'eau au moyen d'un barrage, et en perçant le lac à 49 m. 50 au-dessous de son niveau normal, on a pu porter la capacité utilisable à 23.000.000 m³. A 736 mètres au-dessous du lac, une usine équipée pour 30.000 HP joue le rôle d'usine de pointe : lorsqu'en période d'étiage les deux centrales situées au-dessous d'elle souffrent de l'amaigrissement du gave, on ouvre les robinets du lac, et l'usine d'Artouste pare aux défaillances de ses voisines. L'utilisation du lac d'Artouste comme régulateur annuel est donc bien à la base de l'aménagement de la vallée d'Ossau : c'est grâce à lui qu'elle peut fournir avec tant de constance aux chemins de fer du Midi une énorme somme d'énergie.

Dans la vallée voisine — celle d'Arrens — un troisième lac a attiré l'attention : *le lac de Migouélou*. Cet ombilic glaciaire, creusé à plus de 2.700 mètres d'altitude, couvre 25 hectares selon les uns, 50 selon les autres : ce qui est certain, c'est qu'il a 60 mètres de profondeur et peut aisément emmagasiner la totalité des apports annuels de son très humide bassin versant. « Les Forces motrices d'Arrens » cherchent donc en ce moment à obtenir l'autorisation de l'aménager. Elles prévoient la surélévation du niveau temporaire du lac par un barrage de 15 mètres, et le percement du lac à 53 mètres en dessous de la crête du barrage. Le volume d'eau sera grossi artificiellement par la dérivation des eaux du lac Poueylaün et par pompage de celles de deux petits lacs voisins, dont l'un, le lac Lassiédouat, est à 700 mètres au-dessous du Migouélou ! On portera ainsi à 12.000.000 m³ la capacité utile de ce dernier. Débitant 2 m³ par seconde en périodes de basses eaux (août-octobre et janvier-février), il fonctionnera en réservoir d'étiage directement en charge sur la centrale du Migouélou, et permettra non seulement de fournir des pointes dans cette centrale, mais aussi de régulariser les chutes de l'aval. En somme, un projet très intéressant ⁸.

8. On a parlé de le corser par l'aménagement du *lac d'Estaing* qui se trouve non loin de là, dans la vallée du Labat de Bun. L'idée surprendra quiconque a

Du même genre serait certainement l'aménagement du *lac de Gaube*, orgueil de la région de Cauterets. Ce superbe ombilic, blotti parmi les roches moutonnées, a encore, bien qu'il commence à se réduire, 17 hectares de superficie et 41 mètres de profondeur. On songe très sérieusement à l'utiliser pour relever les étiages du gave de Cauterets. Mais la société « le Nickel », qui brigue ce privilège, s'est jusqu'à présent refusée à faire connaître le détail de ses projets.

Le *groupe lacustre d'Oô* auquel nous arrivons ensuite, après avoir dépassé ceux d'Orédon et de Caillaouas, est un des plus intéressants des Pyrénées. On sait que, pendant la guerre, deux importantes usines furent bâties sur la Pique en vue des fabrications de défense nationale. Or, à la même époque, on s'avisa que le *lac d'Oô* se prêtait admirablement à un aménagement hydroélectrique. Situé à la cote 1500, vaste de plus de 40 hectares, profond en quelques points de plus de 100 mètres, il avait une capacité considérable : on l'augmenta encore par un barrage, et, la galerie d'amenée ayant capté les torrents du Labach et du Gourron, le plan d'eau fut relevé de 9 m. et la capacité utilisable portée à 14.800.000 m³. Et comme la centrale d'Oô, en plus des eaux de son lac (qu'elle emploie sous 800 mètres de chute), dispose de celles du lac du Portillon et du lac Glacé situés au-dessus du lac d'Oô respectivement à 2.560 et 2.650 mètres et aménagés en réservoirs contenant l'un 10.000.000 m³ et l'autre 3.000.000, c'est 27.800.000 m³ d'eau lacustre qu'elle peut stocker, équivalent à 42.000.000 kwh.

Quelle est, dès lors, la marche du groupe ? Les deux centrales de rivière, « alimentées par les hautes eaux de printemps et d'été, envoient leur courant à la centrale d'Oô. Celle-ci ne donne son plein effort qu'aux époques de basses eaux (janvier-février, fin août-septembre). Le reste de l'année, elle ne fournit que le supplément d'énergie nécessaire au fonctionnement à pleine puissance de l'ensemble du groupe »⁹. Le lac est utilisé à écoulement libre. Il faut cinq minutes environ pour que son eau produise de l'énergie, grâce à l'intermédiaire du bassin journalier d'Arbes-

.....

vu ce lac moribond vaste de 13 hectares seulement, profond au maximum de 3 m. 80 ! Et comment le barrer solidement, alors que la roche en place n'existe qu'à grande profondeur sous les amas d'éboulis retenant la nappe d'eau ?

9. LACAZE, Article cité.

quens situé en tête des conduites forcées. La centrale peut suivre toutes les fluctuations de la consommation, et commande elle-même l'ouverture des vannes. « Le lac d'Oô est donc aménagé comme régulateur non des débits hydrauliques, mais du courant électrique. Il rend à l'ensemble des trois usines conjuguées le même genre de services qu'une usine thermique de secours » ¹⁰.

Mais on est en train de faire beaucoup mieux : une quatrième centrale, celle du Portillon-Lys, sera la deuxième usine de lac du groupe ¹¹. Les eaux du lac du Portillon et du lac Glacé seront détournées par galerie vers la haute vallée du Lys : on obtiendra une chute de 1.400 mètres (presque le record du monde). De plus, à l'usine arriveront deux canaux : l'un drainant la haute vallée du Lys, l'autre collectant un certain nombre de petits lacs situés environ 300 mètres plus bas, dont les hautes eaux de printemps seront refoulées par pompage dans le lac du Portillon agrandi par un barrage. Sans doute, les débits ainsi captés seront enlevés à la centrale d'Oô; mais au total, leur utilisation sera meilleure, car, au moment de la fonte des neiges, si l'on ne veut pas voir déborder le lac d'Oô, il faut lui demander d'importantes fournitures : forcément, elles sont alors peu rémunératrices sinon complètement perdues. Le nouvel aménagement évitera ce déversement, et l'on arrivera à une merveilleuse régularité de la fourniture d'énergie. « Le jeu des lacs permet d'obtenir ce surprenant résultat de réduire les disponibilités pendant les hautes eaux et de les accroître pendant l'étiage au point que la puissance moyenne utilisable est plus de deux fois supérieure au cours de cette période » ¹².

De là, en l'espèce, un grand avantage économique. Les chutes de cette vallée alimentent surtout les usines électrochimiques de Marignac qui ont besoin de beaucoup d'énergie de basse valeur. On effectue donc la majeure partie de ces fabrications entre mai et juillet, en période de hautes eaux. Dès que l'énergie devient plus chère, leur activité baisse fortement ou même s'arrête. Par contre, pendant les neuf mois d'étiage, les demandes des distributeurs d'électricité étant considérables, « toute l'énergie disponible au fil de l'eau est utilisée à plein et complétée à volonté

10. *Id., ibid.*

11. Aux dernières nouvelles, les travaux d'aménagement du Portillon sont interrompus en raison de la crise économique (juillet 1933).

par le jeu des usines de lac. L'ensemble de cette énergie est alors de haute valeur marchande et fait de ce groupe d'usines un instrument de production dont la souplesse est certainement des plus rares dans le monde de l'industrie électrique... L'équipement de quelques lacs pyrénéens permet non seulement de régulariser toute la production du bassin de la Pique, mais de modifier son diagramme annuel au point d'en faire en quelque sorte le contraire de celui que donnerait l'utilisation normale des débits au fil de l'eau »¹³.

Sans doute est-ce un rôle analogue que jouera, grâce au *lac d'Araing*, l'usine d'Eylie à l'égard des nombreuses centrales au fil de l'eau existant sur la Garonne, le Salat et l'Ariège. Le lac d'Araing, situé à plus de 1.900 mètres, à la naissance de la vallée du Lez, a 22 mètres de profondeur et un volume de 2.600.000 m³. Un barrage vient de porter sa contenance à 14.000.000 m³, si bien que sa capacité d'accumulation représentera 50 % de l'eau tombant annuellement sur son bassin versant : rapport d'accumulation prodigieux si l'on songe que, dans nos Pyrénées, les meilleures usines construites ou en construction utilisent des rapports compris entre 25 % et 30 %. Grâce à ce lac, l'usine d'Eylie — qui pourra arrêter ses turbines en temps de hautes eaux et fonctionner à pleine charge pendant les périodes de disette — sera la régulatrice des usines hydrauliques des vallées voisines : « Sa production de 50.000.000 kwh. rendra marchande une quantité triple d'excédents d'énergie actuellement inutilisés »¹⁴.

C'est encore pour régulariser des ruisseaux aux étiages trop sévères que l'on a aménagé dans la vallée du Vic de Sos les *lacs du groupe de Bassiès*. Les fabrications électrochimiques d'Auzat et de Sabart s'accommodaient mal de graves variations de puissance. Or, sur le versant occidental de la vallée, le *lac de Bassiès* (ou lac Majou), petit à la vérité (20 hectares) et peu profond (15 mètres), mais situé à la cote 1630, a pu être converti en réservoir annuel de capacité utilisable de 2.350.000 m³. Quand il est plein, l'usine de Bassiès marche au fil de l'eau en utilisant ce qui passe au déversoir. Quand le débit des torrents diminue

12 et 13. LACAZE, Article cité.

14. D'après ICART (Maurice), Aux sources de la houille blanche (*Revue de l'Automobile Club du Midi*, mars 1932, pp. 13-20. Diagr. et phot.).

ou qu'Auzat et Sabart ont besoin d'un surcroît de puissance, on ouvre plus ou moins longuement la réserve avec un débit instantané allant de 200 à 1.000 litres par seconde. (La manœuvre des vannes peut se faire en toute saison, le lac de Bassiès étant toujours accessible.)

D'autre part, sur le versant oriental de cette même vallée, tout près de la frontière andorranne, se trouve — à la cote 2.415 — le petit lac *Fourcat* dont l'émissaire rejoint le torrent d'Artiès capté lui-même pour être dérivé sur la chambre de mise en charge d'Auzat. Ce lac, barré lui aussi et percé, donne une tranche d'eau utilisable de 3.900.000 m³. L'ennui est que, vu la petitesse du bassin versant, ce lac ne se remplit pas tous les ans : on l'utilise en hiver en ouvrant les robinets au mois de décembre, et, faute d'y pouvoir monter fréquemment pour régler le débit, on laisse le flot s'écouler jusqu'à vidange complète.

Telle est ici l'œuvre de la C^{ie} d'Alais, Froges et Camargue. Mais sa filiale, les Forces motrices du Vic de Sos, a envisagé une utilisation bien plus complète des ressources lacustres de la vallée. Elle projette la création de trois réservoirs : l'*étang de Peyre-grand*, sur le Siguer, à la cote 1896, contiendra 2.400.000 m³ et se déversera dans la *retenue de Gnioure*; celle-ci, tout artificielle, formera à la cote 1.820 un étang de 68 hectares et de 19.200.000 m³; enfin l'*étang d'Izourt*, au moyen d'un barrage de 40 mètres de haut, formera à la cote 1.645 un réservoir de 7.250.000 m³. La chute de Gnioure, haute de 640 mètres, et la chute d'Izourt, haute de 470, aboutiront à une usine qui se construira au Pla de Pradières; sortant de là, les eaux s'en iront travailler à Auzat et à Sabart. L'énergie de régularisation à escompter en année normale sera en moyenne de 122.000.000 kwh. par an. Ainsi sera réalisé grâce à l'équipement de toutes ces pièces d'eau l'aménagement intégral des forces hydroélectriques du Vic de Sos.

Plus à l'est, nous rencontrons enfin l'une des plus anciennes parmi les grandes réalisations pyrénéennes : l'usine d'Orlu, inaugurée en 1910. Sa puissance lui vient de ce qu'elle utilise sous une chute de 936 mètres les eaux du lac de Naguilhes, vaste de 47 hectares, profond de 71 m. 80, et situé à la cote 1.854. Un tunnel a permis au lac d'*En Beys* de se déverser dans celui de Naguilhes et d'en grossir ainsi le volume. Puis, le lac de Naguilhes a été aménagé, mais d'une façon un peu spéciale, la technique

du percement n'étant alors pas encore au point. La galerie de prise n'a pas été d'abord jusqu'au contact de l'eau, mais sur elle s'est branché un puits vertical dans lequel on faisait arriver l'eau par pompage.

L'utilisation mixte

Tels sont les lacs aménagés à des fins strictement hydro-électriques. Mais il en est d'autres qui, tout à la fois, irriguent et produisent de l'énergie : après l'utilisation ancienne et l'utilisation moderne, on a vu l'utilisation mixte. Au fait, existe-t-il encore un seul lac pyrénéen ne rendant service qu'à l'agriculture?

Le *lac Bleu* actionne la petite usine électrique de Chiroulet.

Le *groupe d'Orédon* se trouvait aménagé aux fins d'irrigation quand éclata la guerre : celle-ci provoqua la naissance dans le pays d'usines hydroélectriques. Aujourd'hui, il est admis qu'Aumar, Aubert, Cap-de-Long et Orédon doivent consacrer leur eau d'abord à l'agriculture; l'industrie hydroélectrique en profite pourtant subsidiairement. Les centrales d'Eget et de Saint-Lary ne vivent pas seulement des eaux de l'Oule mais en partie de celles d'Orédon.

Quant au *lac de Caillaouas*, on a, en 1932, achevé son deuxième aménagement : sa réserve utilisable n'est plus de 6.500.000 m³ sous 17 mètres de haut, mais de 18.000.000 m³ sous 67 m. 45 de haut, les apports naturels du bassin versant étant complétés par pompage sous un refoulement maximum de 465 mètres. Un canal en charge le relie directement à l'usine de Lassoula. Si celle-ci venait à s'arrêter entre le 1^{er} août et le 1^{er} octobre, des prélèvements montant au besoin à 2.000 litres par seconde pourraient être exécutés en vue des irrigations. Mais en principe, le rôle de Caillaouas est désormais de faire clé de voûte au fonctionnement des usines hydroélectriques de Lassoula et de Tramezaygues et de venir instantanément au secours des producteurs défaillants.

Utilisation mixte aussi que celle du *réservoir des Bouillouses*, sur la Têt supérieure. Ce lac moribond, à demi asséché, a été ressuscité, voire agrandi par un barrage construit entre 1906 et 1910 qui lui donna une surface de 150 hectares et une capacité utilisable de 13.000.000 m³. On l'emploie de juillet à avril, et il est normalement vidé quand commence la fonte des neiges. Son écoulement est libre (800 litres par seconde au maximum). L'eau

va actionner les centrales de Lacassagne et de Fontpédrouse, et concourt à ce titre à créer l'énergie nécessaire à la traction des chemins de fer électriques des Pyrénées orientales : c'est en pensant au chemin de fer de Cerdagne que la C^{ie} du Midi construisit le barrage. Toutefois, après avoir alimenté lesdites usines, les débits prélevés sur le réservoir s'en vont dans les canaux d'irrigation.

Utilisation mixte encore, bien probablement, celle du *lac de Carança*. Tout le bassin supérieur de ce petit affluent de la Têt est installé dans le gneiss; cela explique la brusque rupture de pente de la vallée entre 1.660 et 850 mètres et le désir qu'on a eu d'utiliser cette chute de plus de 800 mètres. Le lac — ou plutôt le grand étang — de Carança serait érigé en réservoir annuel. Situé à 2.263 mètres, il aurait son plan d'eau relevé de 21 mètres par barrage. On obtiendrait ainsi une réserve utilisable de 2.000.000 m³. Elle serait mise à profit, on ne sait au juste comment, par deux usines superposées : l'une à 1.718 mètres, l'autre à 844. La hauteur de chute serait séduisante, mais la dépense apparemment bien forte au regard de l'exiguïté du réservoir. On a parlé aussi, il est vrai, d'aménager l'Etang Noir (à 2.870 mètres), mais sa contenance n'est que de 200.000 m³ ! Le projet remonte à cinq ans; la crise actuelle empêche sa réalisation; l'on ne sait quand il aboutira. Il est infiniment vraisemblable, en tout cas, que l'eau du lac servirait d'abord à des fins industrielles (notamment dans les concessions de mines de cuivre de Canaveille), puis à des fins agricoles.

Utilisation mixte, enfin, celle que l'on envisage pour le *lac de Lanoux*. C'est le plus vaste des Pyrénées françaises (84 hectares); il a 55 mètres de profondeur; il est à 2.154 mètres d'altitude, et sa capacité naturelle est de 25.000.000 m³ : comment ne pas rêver de lui faire jouer un rôle dans l'aménagement de la Haute-Ariège ? De multiples projets ont vu le jour. Le dernier en date nous montre la capacité du lac portée à 58.000.000 m³ par l'édification d'un barrage et par le pompage des eaux de l'Ariège, à la frontière d'Andorre, par une usine sise à l'Hospitalet : une galerie d'adduction passant par le col de Puymorens amènerait les eaux du lac successivement à trois centrales échelonnées entre le territoire andorran et Ax-les-Thermes. Le lac aurait donc dans la Haute-Ariège — mais en plus grand — une fonction analogue à celle du lac d'Artouste en Ossau; il régulariserait les

débits de l'Ariège, il aiderait à l'électrification du réseau du Midi, il aiguillonnerait l'activité industrielle du pays de Foix. Par ailleurs, il rendrait de grands services à l'agriculture. Le dernier projet a dû garantir annuellement 2.000.000 m³ d'eau aux riverains du Carol, émissaire naturel du lac; d'autre part, il est certain que, sur le versant français, l'irrigation devrait tirer profit de cet aménagement. Mais l'eau ira-t-elle dans les plaines maraîchères du Roussillon si altérées en été ? ou dans les plaines de l'Ariège qui prétendent avoir non moins besoin que celles des Pyrénées orientales d'irriguer leurs cultures ? On ne sait. Nous assistons, à ce propos, à des discussions assez âpres entre les deux départements. De quelque façon qu'elles se terminent, l'utilisation du Lanoux ne peut manquer de donner à la vallée de l'Ariège une importance hydroélectrique hors de pair.

Conclusion

Les lacs, en matière d'industrie électrique, sont l'« ersatz » des glaciers. Nos Alpes ont de beaux glaciers, mais leurs lacs (Annecy, Bourget) sont situés trop bas pour fournir de l'énergie. (Le Léman le pourrait mieux, mais en relevant son plan d'eau, on inonderait les caves des Genevois; en l'abaissant, on découvrirait leurs égouts.) Leurs réservoirs artificiels peuvent être immenses (56.000.000 m³ utilisables au Chambon, 100.000.000 m³ utilisables au Sautet), mais ils sont placés à des altitudes médiocres (environ 1.000 mètres au Chambon, 765 au Sautet). Les Pyrénées n'ont pratiquement pas de glaciers, mais elles ont des lacs très haut perchés : c'est là ce qui donne son originalité à cette forme d'aménagement de vallée que M. Raoul Blanchard appelle pour cette raison « la solution pyrénéenne ». Sans doute, ces lacs ne sont pas grands : un Canadien en sourirait. Tels qu'ils sont, ils rendent d'inappréciables services : non seulement ils donnent de l'eau en été, mais — et c'est là leur grande supériorité sur les glaciers — ils en fournissent en hiver ¹⁵. C'est grâce à eux que la production électrique pyrénéenne présente l'harmonieux équilibre que tous lui reconnaissent.

15. Par — 22°, l'épaisseur de la couche de glace qui recouvre le lac de Cail-laouas ne dépasse pas 80 centimètres. C'est dire qu'ici l'importance du gel est négligeable.

Au reste, est-ce le seul bienfait dont nous soyons redevables à leur aménagement ? Souvenons-nous de la catastrophe de 1925 sur la haute Pique, et songeons qu'une fois érigés en réservoirs, ces lacs jouent le rôle d'amortisseurs et atténuent largement les méfaits des inondations. Rappelons-nous enfin que, pour y accéder, il a fallu ouvrir des sentiers, des routes, voire construire des chemins de fer à voie étroite ¹⁶ : on n'a plus maintenant qu'à les entretenir. Ils permettent d'ores et déjà au grand public l'accès des lacs de Caillaouas, d'Artouste, et de bien d'autres hier encore connus des seuls pyrénéistes fervents. On a souvent reproché à l'industrie hydroélectrique la pénible dissonance que l'existence des centrales et surtout des conduites forcées introduit dans l'harmonie des solitudes : certains lui imputeront à crime le mélancolique spectacle qu'offrent à certains moments les cuvettes lacustres aux trois quarts vidées. Il faut avouer du moins qu'en vulgarisant, pour ainsi dire, d'admirables sites ignorés, l'aménagement des lacs aide la montagne à mettre en valeur son « capital-beauté » ¹⁷.

16. C'est précisément le cas du lac d'Artouste : la plupart des touristes y vont maintenant par le train, au sortir du téléphérique du pic Sagette.

17. Qu'il nous soit permis, en terminant, de remercier la *Société des forces motrices de la vallée d'Aspe*, les *Forces Motrices d'Arrens*, la *Compagnie Alais, Frogès et Camargue*, les *Forces motrices du Vic de Sos* et la *Compagnie d'Electricité industrielle* qui, avec une extrême obligeance, nous ont documenté sur leurs aménagements lacustres, réalisés ou projetés. Nous exprimons par ailleurs notre vive gratitude à M. Reynès, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées du département, chef de service de distribution des eaux de la Neste, à M. Leclerc du Sablon, directeur de la Société hydroélectrique du Midi et à son collaborateur, M. Moulinier, chef du service des études, enfin à M. Pouyat, ingénieur du Service des forces hydrauliques du Sud-Ouest, qui, avec leur serviabilité coutumière, nous ont fourni tous les renseignements désirés.