

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 124 (1998)  
**Heft:** 4  
  
**Artikel:** Aménagement Cleuson-Dixence (I)  
**Autor:** Boskovitz, Pierre  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-79371>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

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

# Aménagement Cleuson-Dixence (I)

Par Pierre Boskovitz,  
rédacteur

Rappelons qu'à la différence des carburants et autres combustibles, faciles à stocker, l'énergie électrique doit être produite au moment même où l'on en a besoin. Or si la demande varie selon l'heure du jour, le jour de la semaine et le mois de l'année en fonction, notamment, des saisons et des activités humaines, les capacités de production des centrales hydro-électriques, elles, fluctuent selon d'autres rythmes, en particulier en fonction des conditions hydrologiques.

Pour répondre à la demande variable, la capacité de base du réseau suisse est assurée par les centrales nucléaires et les centrales hydroélectriques au fil de l'eau dont la production varie peu dans le temps, alors que le rôle des centrales hydroélectriques à accumulation est de couvrir les pointes de la demande, notamment en hiver et aux heures de forte consommation des jours ouvrables. Ainsi, en Suisse, l'appel de puissance varie entre 4000 et 8000 MW alors que la capacité de production varie, en fonction des circonstances, entre 4000 et 10 000 MW (1996). Toutefois, leur fluctuation n'est pas simultanée.

Dans le cas de certaines centrales, le pompage dit « pur » permet, à des périodes creuses de la demande, de constituer des stocks d'énergie qui seront disponibles aux moments où cette demande est forte, l'avantage économique devant alors compenser le déficit énergétique.

Cela étant, les centrales ne peuvent produire de l'électricité que dans la limite de leur puissance installée et pour répondre à une demande dépassant les capacités de production locales, on doit faire appel à l'importation. Inversement, lorsque la capacité de production dépasse la demande, on peut exporter de l'énergie électrique. En fait, comme les centrales à accumulation peuvent être arrêtées ou remises en marche à volonté, la gestion de ces centrales

consiste en la recherche d'un optimum tenant compte à la fois de l'évolution du niveau des lacs de retenue – variable selon les saisons et prévisible –, de la demande, également variable, ainsi que des conditions du marché de l'énergie électrique.

Cette dernière est en outre transportée par un réseau à haute tension pour être livrée à l'endroit de la demande. Les réseaux régionaux, tout comme les réseaux nationaux européens sont interconnectés pour permettre des échanges et compensations. Toutefois, la capacité d'échange du réseau suisse s'avère localement insuffisante.

Enfin, si, dans l'ensemble et sur l'année, la Suisse produit plus d'énergie électrique (1996: 53 366 GWh) qu'elle n'en consomme (1996: 52 420 GWh), elle en importe, surtout depuis la France (*Electricité de France, EdF*), pendant l'hiver.

Production et consommation sont également variables à l'intérieur du pays et selon les régions, le bilan énergétique de la Suisse romande étant, quant à lui, déficitaire toute l'année.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet de Cleuson-Dixence, qui a pour but d'augmenter considérablement la puissance de l'aménagement de la Grande-Dixence. Cette réalisation est appelée à ren-

forcer la position du Valais et de la Suisse romande et à contribuer à l'autonomie et surtout à la sécurité d'approvisionnement de la Suisse, élément particulièrement important étant donné la capacité insuffisante du réseau.

## De la Dixence à la Grande-Dixence

La première Dixence a été construite entre 1930 et 1936. Elle consistait en un barrage élevé dans le val des Dix, d'une capacité d'accumulation de 50 millions de m<sup>3</sup>. Ses eaux alimentaient les turbines de l'usine de Chandoline, d'une puissance de 120 MW.

En complément de cet aménagement, un deuxième barrage a été édifié à Cleuson entre 1947 et 1951, d'une capacité d'accumulation de 20 millions de m<sup>3</sup>, dont les eaux peuvent être pompées vers le lac des Dix. Le barrage est de type gravité, évidé et à contreforts, haut de 87 m.

L'aménagement de la Grande-Dixence<sup>1</sup>, réalisé entre 1951 et 1965, a noyé le premier barrage derrière un nouveau, d'une capacité d'accumulation de 400 millions de m<sup>3</sup>. Le complexe hydro-électrique de la Grande-Dixence met en valeur les eaux des bassins

<sup>1</sup> MASSON, RENÉ: « L'aménagement hydro-électrique de la Grande-Dixence », *BTSR* 92(1966)10: 189-192

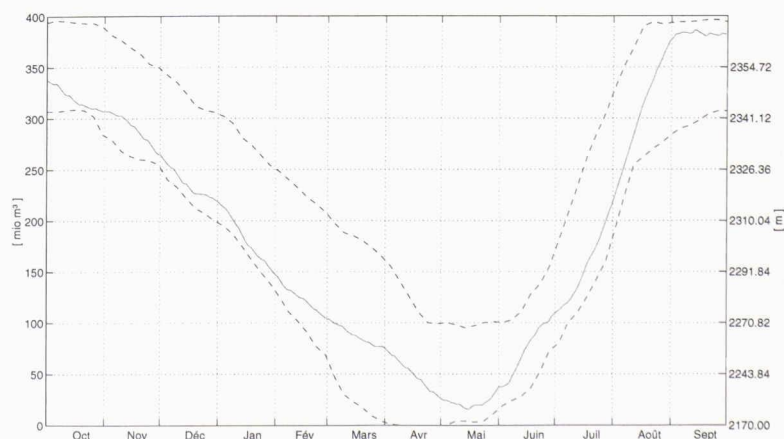


Fig. 1 – Lac des Dix: variation du niveau du lac et du volume d'accumulation le long de l'année (évolution 1996-1997, minimum et maximum entre 1966 et 1996)

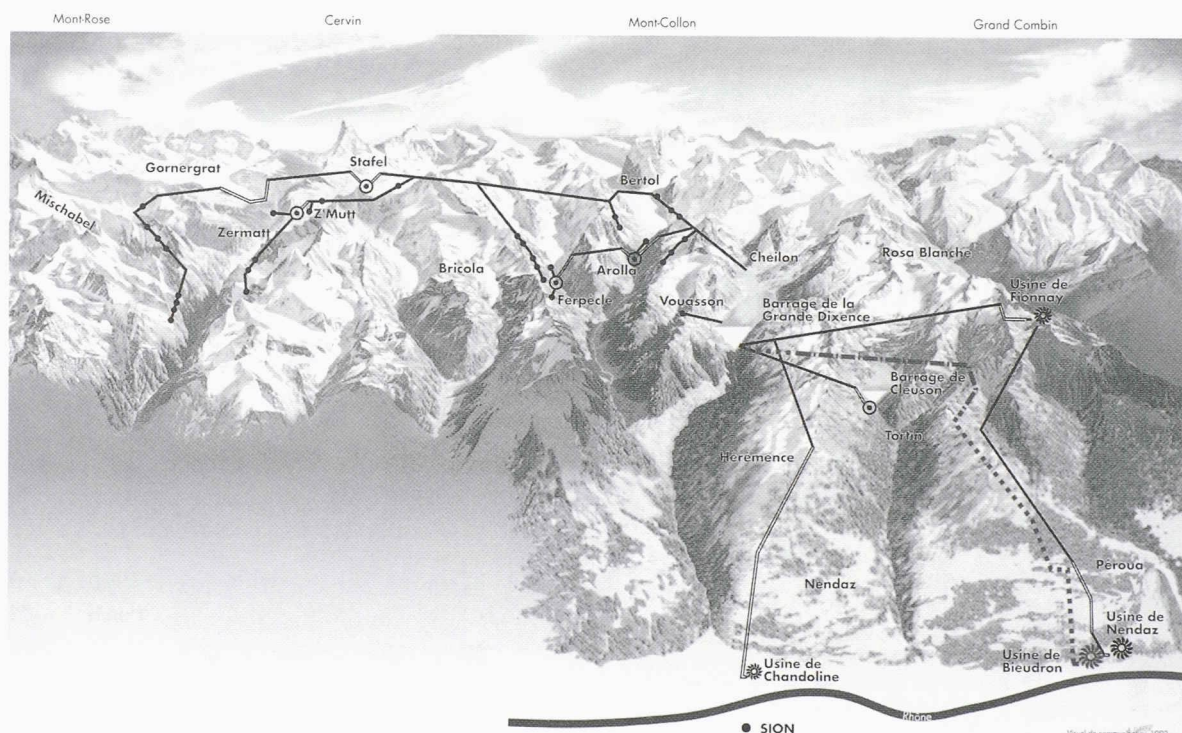


Fig. 2 – Le barrage de la Grande-Dixence, alimenté par des galeries d'adduction et des stations de pompage, permet d'accumuler les eaux de plusieurs hautes vallées des Alpes valaisannes, dont l'énergie est mise en valeur par des centrales hydroélectriques.

versants de la Dixence, de la Printze, du Chenaz, de la Borgne et de la Viège, d'une superficie totale de 420 km<sup>2</sup> aux deux tiers recouverts d'une cinquantaine de glaciers. Un réseau de galeries d'adduction d'une centaine de kilomètres, dont la presque totalité à plus de 2000 m d'altitude, alimenté par quelque 80 prises d'eau et quatre usines de pompage (Z'Mutt à 1900 mètres sur mer, Stafel à 2180 msm, Ferpeclé à 1835 msm et Arolla à 2009 msm), conduit les eaux recueillies (500 millions de m<sup>3</sup> par année, débit jusqu'à 80 m<sup>3</sup>/s) dans le lac de retenue. Avec ses 285 m, la Grande-Dixence est le plus haut barrage en béton du monde. Barrage-poids d'un volume de 6 millions de m<sup>3</sup>, il a une épaisseur de 200 m à sa base, mesure 700 m de longueur à son couronnement et pèse 15 millions de tonnes. 32 km de galeries et de puits de visite servent à sa surveillance.

Tableau 1. Etapes de réalisation du complexe hydroélectrique de la Grande-Dixence

|                                                                                    | 1934 | 1951 | 1965 | 1999 |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| <i>Lacs de retenue</i><br>(capacité d'accumulation en millions de m <sup>3</sup> ) |      |      |      |      |
| Dixence                                                                            | 50   | 50   | –    | –    |
| Cleuson                                                                            |      | 20   | 20   | 20   |
| Grande-Dixence                                                                     |      |      | 400  | 400  |
| Total                                                                              | 50   | 70   | 420  | 420  |
| <i>Usines de production</i><br>(puissance installée en MW)                         |      |      |      |      |
| Chandoline                                                                         | 120  | 120  |      | 120  |
| Fionnay                                                                            |      |      | 288  | 288  |
| Nendaz                                                                             |      |      | 384  | 384  |
| Bieudron                                                                           |      |      |      | 1200 |
| Total                                                                              | 120  | 120  | 792  | 2000 |
| Production annuelle brute en GWh                                                   | 225  | 330  | 2100 | 2100 |
| <i>Stations de pompage</i>                                                         |      |      |      |      |
| Cleuson                                                                            |      | *    | *    | *    |
| Z'Mutt                                                                             |      |      | *    | *    |
| Stafel                                                                             |      |      | *    | *    |
| Ferpeclé                                                                           |      |      | *    | *    |
| Arolla                                                                             |      |      | *    | *    |
| Pompage : puissance absorbée (MW)                                                  | –    | 4    | 194  | 194  |
| Pompage : production absorbée (GWh)                                                | –    | 10   | 380  | 380  |
| Production annuelle nette (GWh)                                                    | 225  | 320  | 1720 | 1720 |

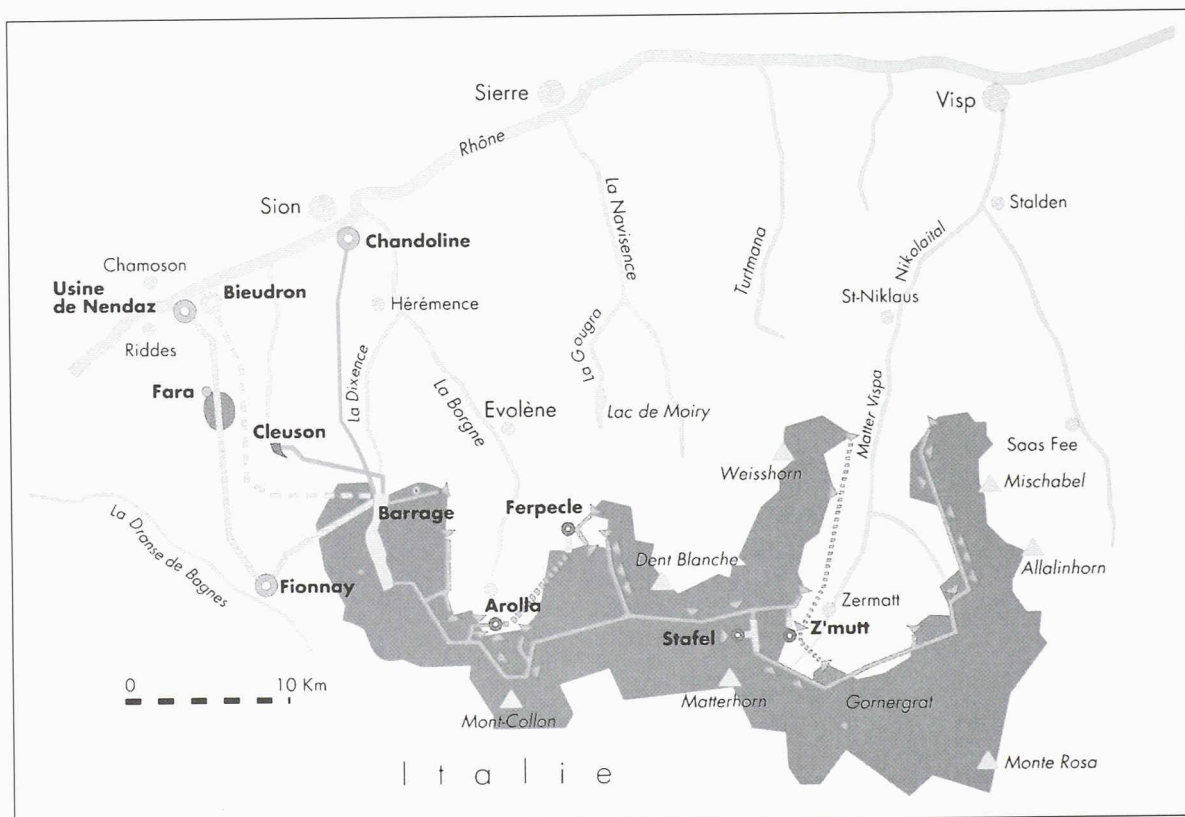


Fig. 3 – Bassin versant du complexe de la Grande-Dixence

L'énergie accumulée est exploitée actuellement par trois usines de production : Chandoline (493 msm, près de Sion), Fionnay (1486 msm, dans le val de Bagnes, souterraine) et Nendaz (478 msm, centrale souterraine au bord du Rhône), alimentées par des conduites sous pression et totalisant une puissance nominale installée de 800 MW.

L'usine de pompage de Cleuson (à 2186 msm) complète l'aménagement. Les cinq usines de pompage absorbent une puissance de 194 MW et une énergie annuelle de 380 GWh. Etant donné que les centrales à accumulation sont actives environ 2000 à 2500 heures par année, la production d'énergie annuelle, moyenne, nette est de 1720 GWh. Le complexe est géré depuis un centre d'exploitation à Lausanne alors que le niveau des lacs est surveillé depuis Sion. Ainsi, l'aménagement hydroélectrique de la Grande-Dixence est le plus important du pays.

### Développement des infrastructures

Le parc des centrales suisses évolue. Ainsi, en 1996, six nouvelles unités de production ont été mises en service et cinq autres transformées, ajoutant 10 MW de puissance à la capacité de l'infrastructure avec une production de

56 GWh supplémentaires prévue par année. D'autres centrales se trouvent en construction ou en transformation (tableau 2).

### Le projet Cleuson-Dixence

Le projet Cleuson-Dixence, actuellement en cours de réalisation, s'inscrit donc dans le cadre de la

Tableau 2. Centrales hydrauliques en construction à fin 1996

|                                       | Puissance (MW) | Production prévue (GWh/an) |
|---------------------------------------|----------------|----------------------------|
| <i>Constructions nouvelles</i>        |                |                            |
| Amsteg : centrale de régulation (CFF) | 1,7            | 6,5                        |
| Bieudron (VS)                         | 1200,0         | —                          |
| Juramill (Liestal, BL)                | 0,4            | 1,7                        |
| Mühlenplatz (Bâle)                    | 0,8            | 4,4                        |
| Neuwelt (Bâle)                        | 1,1            | 4,6                        |
| <i>Transformations</i>                |                |                            |
| Amsteg (CFF)                          | 74,1           | 112,0                      |
| Birsfelden (BL)                       | 7,4            | 12,6                       |
| Gösgen (SO)                           | 3,5            | 41,4                       |
| Ruppoldingen (SO)                     | 13,0           | 72,4                       |
| Ticinetto (TI)                        | 2,0            | 5,8                        |
| Verbois (GE)                          | 16,0           | 32,0                       |
| <i>Augmentation totale prévue</i>     | <i>1320,0</i>  | <i>303,0</i>               |

(Statistique suisse de l'électricité : 1996, p. 39)

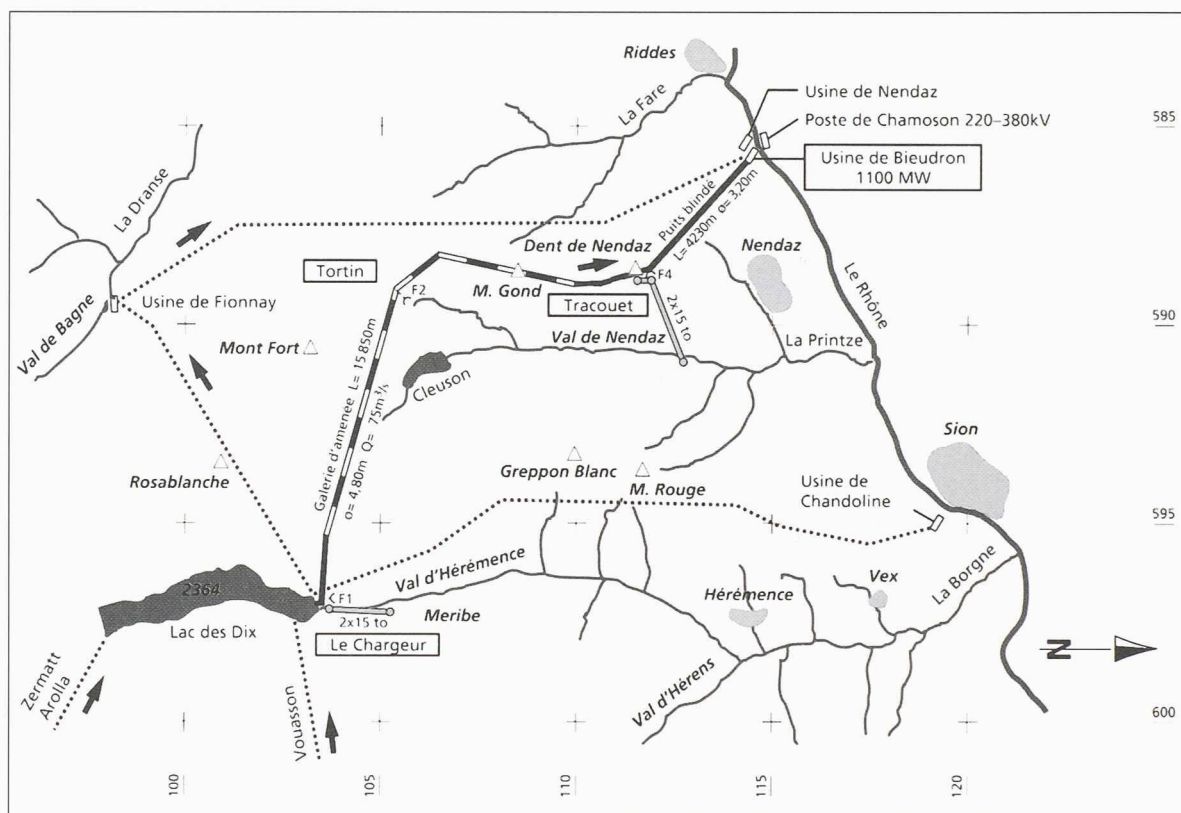


Fig. 4 – Les usines de production du complexe de la Grande-Dixence et leurs galeries d'amenée

modernisation des aménagements hydroélectriques existants et de l'optimisation de l'utilisation de la force hydraulique. Il ajoute au complexe de la Grande-Dixence une quatrième usine de production située à Bieudron, près de l'usine de Nendaz, au bord du Rhône. La différence de niveau entre le lac de retenue de la Grande-Dixence (2364 m) et le plan des turbines (481 m) est de 1883 m. Cette

hauteur de chute (brute, maximale) constitue un record mondial. Certes, la nouvelle installation ne modifiera pas la quantité totale d'énergie produite, mais elle augmentera de 1160 MW la puissance moyenne de l'aménagement pour la porter des 800 MW actuels à près de 2000 MW (nets), répondant par là à un besoin accru de puissance pendant les heures de pointe. Ainsi, le plus important aménagement hydroélectrique de

la Suisse disposera aussi de l'usine la plus puissante du pays<sup>2</sup>.

Le projet comprend la réalisation des ouvrages suivants :

- une nouvelle prise d'eau dans le barrage de la Grande-Dixence,
- une galerie d'amenée entre le Chargeur et la Dent de Nendaz,

<sup>2</sup> BEZINGE, A. & LOTH, P.: « Cleuson-Dixence extension sets world records », *The International Journal on Hydropower & Dams* 1(1994)2: 29-34

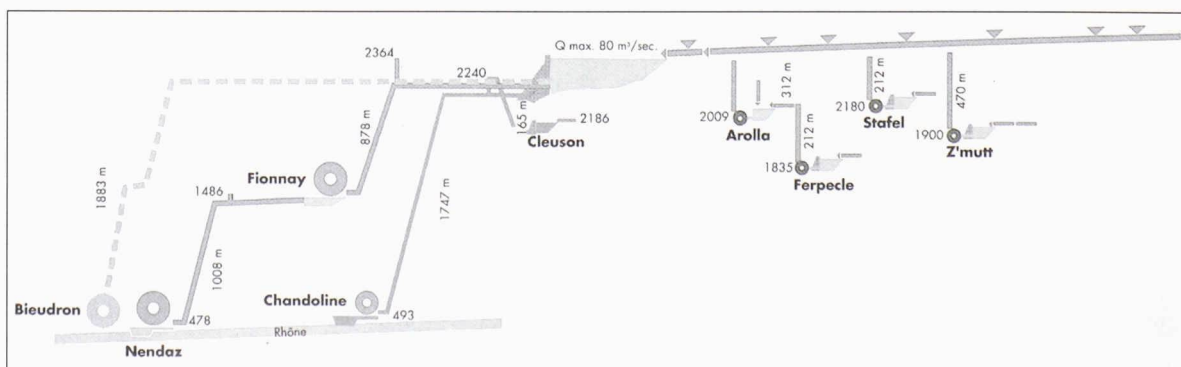


Fig. 5 – Complexe de la Grande-Dixence : profil en long

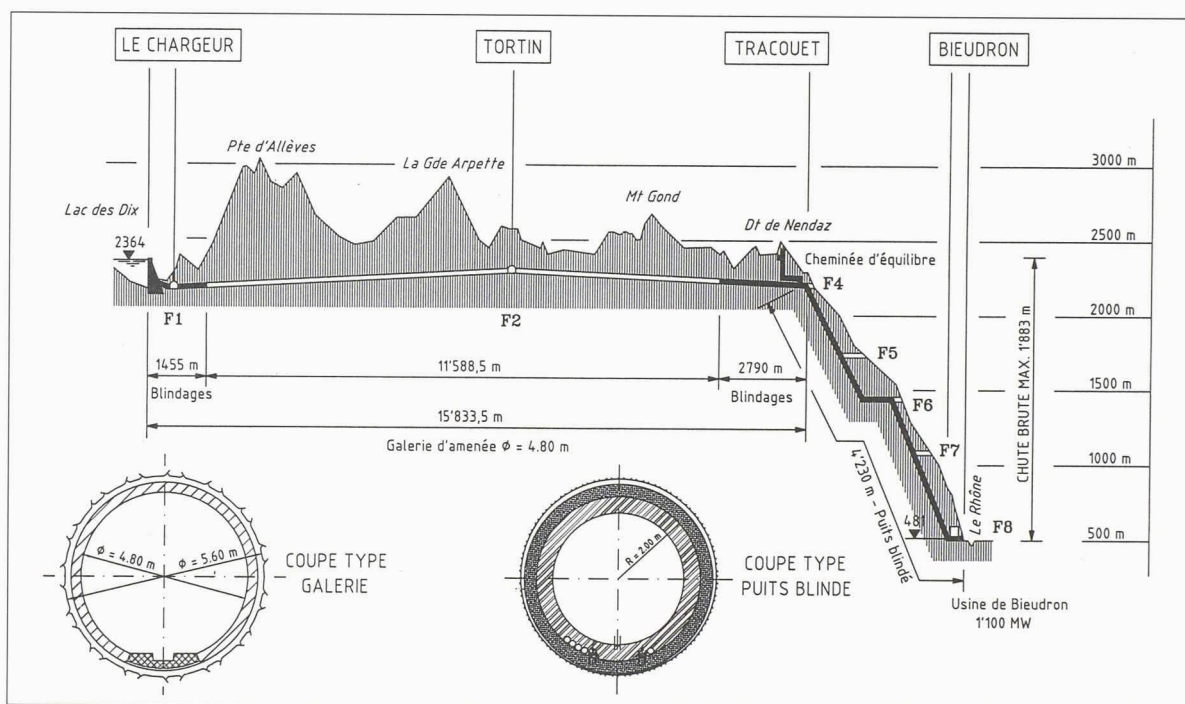


Fig. 6 – Galerie d'amenée et puits blindé de l'usine de Bieudron: profil en long et coupes types

- une cheminée d'équilibre,
- un puits blindé et
- une usine de production souterraine avec des équipements électromécaniques.

#### Prise d'eau

Une nouvelle prise d'eau d'un diamètre de 4,4 m, forée par un tunnelier, a été réalisée dans le barrage de la Grande-Dixence. Procédant depuis le chantier du Chargeur, le percement du barrage a eu lieu en avril 1995, à lac bas. La prise est équipée d'une vanne papillon d'un diamètre de 3,3 m.

#### Galerie d'amenée

Entre le Chargeur et la Dent de Nendaz, la galerie souterraine mesure 15,850 km de long, son diamètre intérieur est de 4,80 m et son débit s'élève à 75 m<sup>3</sup>/s. Elle a été creusée depuis ses deux extrémités en direction de son point culminant à Tortin. Sur deux tronçons aux extrémités, elle est munie d'un blindage autoporteur en acier.

#### Cheminée d'équilibre

Creusée depuis le chantier de Tracouet, au pied de la Dent de Nendaz, la cheminée d'équilibre com-

prend de bas en haut: une liaison avec la galerie d'amenée, munie d'un diaphragme d'amortissement des oscillations, un épanouissement inférieur, un puits incliné à 20 %, un puits vertical de 6,7 m de diamètre, un épanouissement supérieur et finalement une cheminée d'aération, pour une hauteur totale de 300 m. Elle sert à l'amortissement des oscillations de masses et de pressions dues aux démarrages et aux arrêts de l'usine de production.

#### Puits blindé

Entre la base de la Dent de Nendaz (à 2156 m) et l'usine de Bieudron (à 481 m), la dénivellation est de 1670 m. Le puits blindé qui la franchit a une longueur de 4,230 km et une inclinaison variable de 15 à 70 %, avec un diamètre intérieur qui varie de 3,0 à 3,8 m du bas vers le haut, et il est blindé sur toute sa longueur par des tubes en acier soudé à haute limite élastique, de type « trempé-revenu ». A sa base, la pression statique s'élève à 190 bars.

Des conditions géologiques mé-

diocres, surtout dans la partie supérieure du puits, ont nécessité la mise en oeuvre d'une grande variété de méthodes d'excavation. Cinq fenêtres d'accès ont été réalisées sur le tracé du puits en méthode traditionnelle, destinées aux quatre chantiers de pose des blindages exécutés en parallèle. En partie basse et médiane, le puits a été creusé en deux paliers au tunnelier, en forages ascendants (jusqu'à 70 %). La partie haute du tracé du puits a été réalisée en attaque descendante à 30 %. De nombreuses difficultés rencontrées en cours d'exécution ont dû être surmontées. Ainsi, lors de la creuse du premier palier, le tunnelier a subi une grave avarie mécanique (rupture de la couronne d'entraînement de la tête) qui a dû être réparée *in situ*. De plus, pour garantir l'exécution du puits dans les délais impartis, un second tunnelier a été engagé. Il s'agit d'un tunnelier de type différent, à pression de terre, pour assurer le confinement du front. Avec ses déboires et sa réussite finale, la réalisation du puits constitue une expérience riche d'enseignements: c'est la première

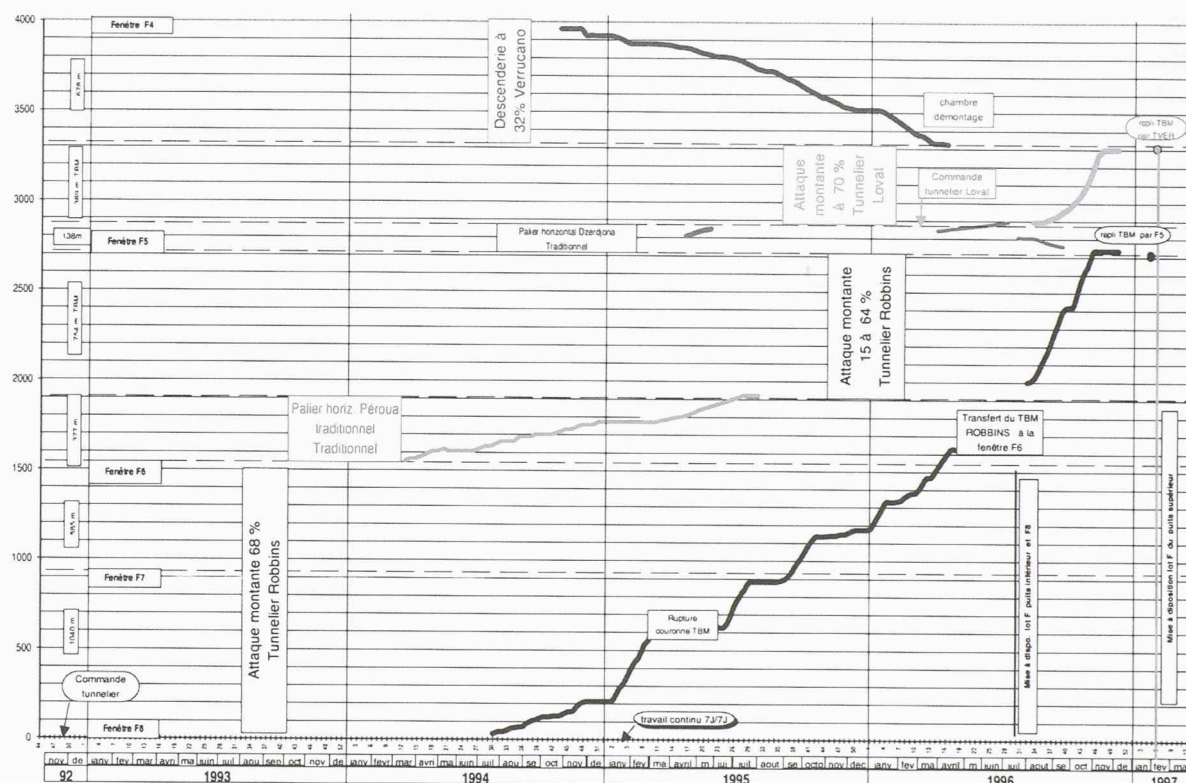


Fig. 7 – Puits blindé de l'usine de Bieudron: calendrier d'avancement des travaux souterrains

exécution programmée d'un puits incliné au tunnelier, en mauvais terrain avec utilisation de voussoirs, de même qu'il s'agit d'une première utilisation d'un bouclier à pression de terre en puits<sup>3,4</sup>.

<sup>3</sup>BOTTE, J., MÉAN, P. & TOURNERY, J.-F.: « Galerie d'amenée de l'aménagement Cleuson-Dixence: traitement des accidents géologiques », *Tunnels et ouvrages souterrains* (1996) 138: 329-338

#### Usine souterraine

L'usine de production est entièrement souterraine et comprend une vaste salle des machines complétée par un réseau complexe de galeries et de cavités: chambre des vannes, galerie du répartiteur, ga-

lerie des câbles reliant les cellules des transformateurs, canal de fuite pour la restitution des eaux au Rhône, etc. A elle seule, la salle des machines mesure 101 m de long, 24 m de large et 39 m de haut. Le volume des excavations est de 150 000 m<sup>3</sup> dont la moitié pour la seule caverne principale, excavée à l'explosif. L'usine est équipée de deux ponts roulants de 250 t chacun. (à suivre)

<sup>4</sup>BOTTE, J., MÉAN, P. & TOURNERY, J.-F.: « Le puits incliné de l'aménagement Cleuson-Dixence », *Tunnels et ouvrages souterrains* (1997) 142: 205-231

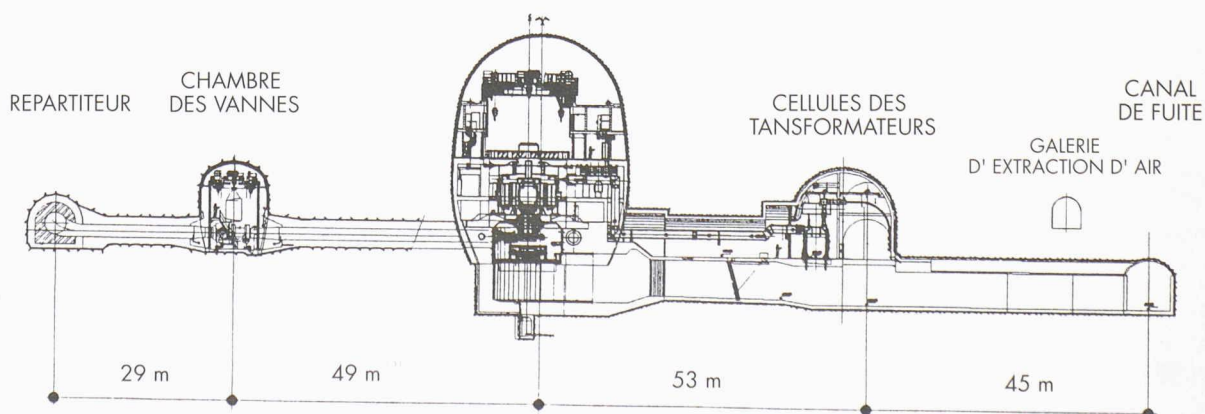


Fig. 8 – Usine souterraine de Bieudron: coupe transversale