

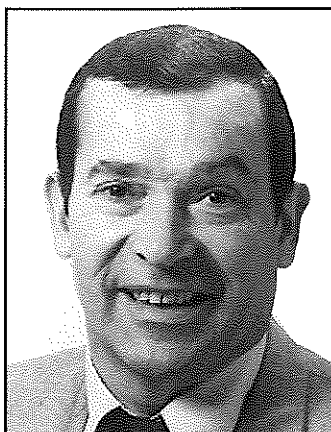
VILLE D'ESTAVAYER-LE-LAC

SERVICE DES EAUX

**STATION DE TRAITEMENT ET
DE POMPAGE D'EAU POTABLE**



1995



Le Conseil communal d'Estavayer-le-Lac est fier de vous présenter sa nouvelle station de traitement et de pompage des eaux de boisson.

Cette belle réalisation est la réponse donnée par les autorités aux besoins actuels et futurs de la consommation en eau de boisson, tout en respectant les normes de qualité exigées pour une denrée alimentaire vitale.

Ville lacustre, Estavayer-le-Lac se devait d'offrir une eau de bonne qualité.

Qu'il est long le chemin parcouru depuis la maisonnette abritant le premier pompage au lac des années 30 jusqu'à cette nouvelle réalisation, imposée par le développement économique et touristique. En quelque trois quarts de siècle, la bourgade a changé...

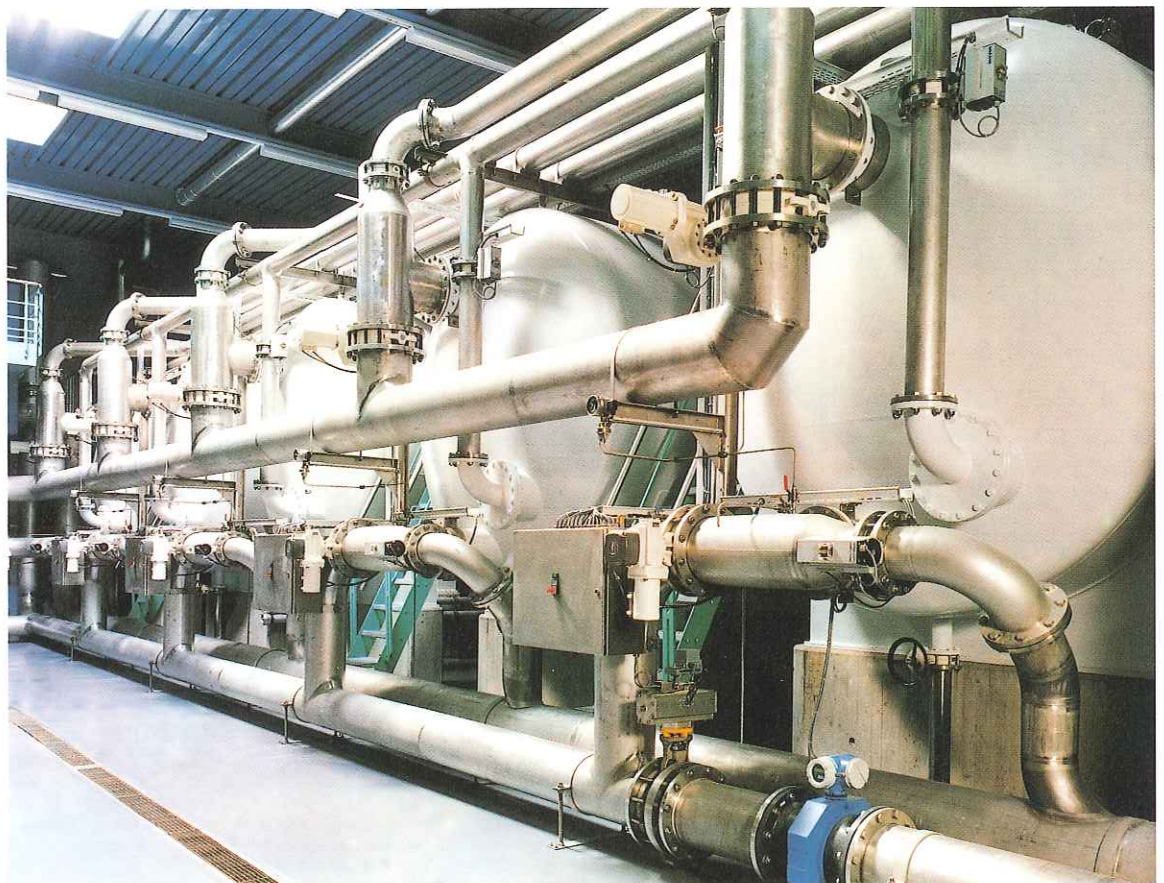
Cette réalisation est le fruit d'une excellente collaboration entre l'autorité communale et les maîtres d'état, les ingénieurs et les architectes. Un soin tout particulier a été porté à son aspect esthétique pour une parfaite intégration dans le site. La station se reflète dans l'eau et l'eau se reflète dans la station...

Tout comme le temps qui passe, notre monde ainsi que nos besoins changent. Fasse que nos installations affrontent aisément la demande future, que tous nos visiteurs puissent s'abreuver encore longtemps en nos murs et qu'artisans, industriels ou consommateurs trouvent en notre communauté le point d'eau suffisant à l'épanouissement de la vie.

Jean TERRAPON
Conseiller communal
Directeur des eaux



Pompage eau brute et ballons anti-bélier (refoulement eau traitée)



Filtres à sable

Table des matières

1. *Introduction*
2. *Historique*
3. *Etudes et travaux préliminaires*
4. *Description des installations*
 - 4.1 Capacité de traitement
 - 4.2 Etapes de traitement
 - 4.3 Description succincte de la nouvelle station
 - 4.4 Intégration du bâtiment au site
5. *Fonctionnement des installations*
 - 5.1 Hydraulique
 - 5.2 Traitement
 - 5.3 Autres équipements
 - 5.4 Commande et supervision des installations
 - 5.5 Analyses physico-chimiques et bactériologiques
 - 5.6 Vitesses de filtration
6. *Etudes particulières*
 - 6.1 Coup de bélier
 - 6.2 Résistance des matériaux
 - 6.3 Déshumidification
 - 6.4 Protection contre les accidents majeurs
 - 6.5 Filtres à charbon actif
 - 6.6 Production d'eau durant les travaux
7. *Coûts et délai de réalisation*
 - 7.1 Déroulement des études et travaux
 - 7.2 Coût de la réalisation
 - 7.3 Prix de l'eau
8. *Participants à la réalisation*
 - 8.1 Maître de l'ouvrage
 - 8.2 Mandataire
 - 8.3 Entreprises

1. Introduction

Depuis de nombreuses décennies, la seule ressource en eau potable de la ville d'Estavayer-le-Lac est constituée par le lac de Neuchâtel. Si l'aspect quantitatif de cette ressource ne pose pas de problème particulier, il n'en est pas de même de la qualité (eau de surface), qui nécessite un traitement adéquat, afin de respecter les normes de potabilité.

Un autre aspect important est la sécurité de fonctionnement des installations, ainsi que la facilité de leur entretien.

Les ouvrages de production d'eau potable construits dans les années 1960 ne répondaient que partiellement à ces critères. Leur exploitation en particulier était difficile et certains travaux nécessitaient un arrêt complet des installations (durant la nuit !).

Ces difficultés, dont les responsables de la ville d'Estavayer-le-Lac ont pris conscience depuis de nombreuses années, ont conduit à la réalisation de la nouvelle station de traitement et de pompage d'eau potable. La capacité (production) de cet ouvrage n'est pas très différente de celle de l'ancienne station. Par contre, des améliorations sensibles ont été apportées sur les points suivants :

- qualité de l'eau nettement améliorée (vitesse de filtration plus faible, ozonation plus performante, filtration sur charbon actif, absence d'herbicides et de micro-polluants)
- fonctionnement beaucoup plus régulier des installations de traitement
- accroissement important des volumes de stockage de l'eau traitée, avec trois réservoirs distincts
- exploitation et entretien des équipements et des ouvrages facilités (division des ouvrages, accessibilité des équipements, pompes de refoulement montées à sec, création d'un local de stockage pour le Service des eaux)
- meilleure sécurité de distribution d'eau par la mise en place d'un groupe électrogène de secours (fonctionnement de la station possible en cas de panne générale de courant, à débit réduit)
- amélioration de la protection de l'environnement (destruction ozone gazeux excédentaire, mesures de sécurités OPAM, intégration architecturale dans le site)

2. Historique

Au début de ce siècle, le Conseil d'Etat du canton de Fribourg, dans sa séance du 9 juillet 1909, a approuvé le projet du Conseil communal d'Estavayer-le-Lac d'«agrandir le château d'eau situé à Bellevue, rière Font, lequel alimente le réseau d'hydrants de la ville». Ce projet, réalisé en 1910 et 1911, a permis la construction de deux réservoirs de charge, d'un volume unitaire de 175 m³, creusés dans le roc, pour un prix de Frs. 12 653,10.

Ces travaux faisaient suite à de nombreux autres qui ont duré depuis l'année 1896 jusqu'à l'année 1907. Ils étaient destinés à «améliorer notablement l'installation existante de distribution d'eau et d'hydrants».

A cette époque, la commune d'Estavayer-le-Lac était alimentée par des sources, dont le débit pouvait descendre jusqu'à 200 litres/minute, ce qui était insuffisant en période de sécheresse.

Toutes les tentatives pour retrouver de nouvelles sources souterraines ayant été vaines, la commune a décidé en 1923 de faire étudier un projet d'utilisation de l'eau du lac de Neuchâtel. Elle y avait été encouragée par l'exemple d'autres communes riveraines, Saint-Aubin et Bevaix, qui avaient déjà recours pour leur alimentation à l'eau du même lac et qui étaient très satisfaites de leurs installations. Des recherches minutieuses et des analyses bactériologiques ont démontré que l'eau de lac était parfaitement pure à une profondeur de 25 mètres.



Filtres à charbon actif



Cuve et pompes d'eau de lavage des filtres, réservoir est

La première station de pompage d'eau du lac a été mise en service en janvier 1925 avec les caractéristiques suivantes :

- conduite sous-lacustre d'un diamètre de 125 mm, débit de succion 5 litres/seconde, longueur 1350 mètres (à l'ouest de la jetée du port)
- pompage dans un puits alimenté par la conduite et refoulement direct dans le réseau par une pompe débitant 180 litres/minute à 70 m CE.

La capacité de distribution de l'eau a ainsi été augmentée de la moitié :

- débit des sources (étiage) : 200 litres/minute x 24 heures = 288 m³/jour
- pompage dans le lac : 180 litres/minute x 12 heures = 130 m³/jour

La consommation totale, 418 m³/jour, correspondait alors à 210 litres/habitant/jour.

La demande en eau augmentant régulièrement, une extension des installations a été rendue nécessaire en 1956. Le Conseil d'Etat a donc accordé à la commune d'Estavayer-le-Lac une concession de prise d'eau au lac pour une nouvelle conduite d'une longueur de 1727 mètres (diamètre de 400 mm) avec crépine d'aspiration à 40 mètres de profondeur. Cette nouvelle conduite de prise a été complétée par une nouvelle station de pompage (2 pompes de 1'800 litres/minute) avec refoulement direct et distribution dans un nouveau château d'eau de volume total 1'200 m³ (dont 300 m³ de réserve incendie). Le coût total de ces travaux, y compris télécommande, s'est élevé à Fr. 1'338'654,60.

Une importante entreprise de la branche alimentaire étant venue s'installer à Estavayer-le-Lac, un projet de transformation des installations existantes avec adjonction d'une station de filtration et de stérilisation a ensuite été réalisée en 1966. Il s'agissait du premier traitement de l'eau du lac :

- 2 pompes d'eau brute de 6'000 litres/minute chacune
- 2 filtres à sable fermés d'une capacité de 3'000 litres/minute chacun
- 1 filtre à diatomées de capacité 6'000 litres/minute
- 1 groupe d'ozonation et 1 installation de désinfection de secours au chlore gazeux
- 4 pompes de refoulement-distribution dans le réseau existant (2 x 1'800 litres/minute, 1 x 4'000 litres/minute, 1 x 6'000 litres/minute)

Peu après (env. 1970), la station a été complétée par deux filtres à sable et un filtre à diatomées supplémentaires. Ultérieurement (env. 1971), la conduite sous-lacustre a été doublée en diamètre 700 mm., de longueur 1700 mètres, avec une prise d'eau à 40 mètres de profondeur près de celle de la conduite de 400 mm. En 1972, le Conseil d'Etat a accordé à la commune d'Estavayer-le-Lac une nouvelle concession de prise d'eau au lac de Neuchâtel, pour un débit maximum de 38'000 litres/minute, le débit effectivement utilisé ne portant d'abord que sur 15'000 litres/minute au maximum. Ce dernier débit a ensuite été ramené à 12'000 litres/minute en 1983.

3. Etudes et travaux préliminaires

La filtration sur diatomées, trop compliquée à exploiter pour une station d'eau potable, a rapidement été abandonnée. La seule filtration de l'eau était donc assurée par les préfiltres à sable, dont les vitesses de passage très élevées conduisaient à une turbidité trop importante de l'eau traitée, phénomène accentué par une marche intermittente de la station. Les premières mesures d'amélioration mises en place en 1984 ont donc consisté à :

- diminuer le débit d'eau brute par réduction du nombre d'étages des pompes immergées d'eau brute, ce qui a été rendu possible par une pression de refoulement nécessaire plus faible sans filtre à diatomées.
- installer une micro-floculation (avant filtres à sable) par du polychlorure d'aluminium (taux entre 2 et 4 milligrammes/litre)

Il a ainsi été possible de ramener la turbidité à des valeurs de l'ordre de 0,06 à 0,09 FTU, soit nettement moins que le maximum autorisé.

Malgré cette diminution sensible de la turbidité, l'eau traitée présentait toujours une oxydabilité (teneur en matières organiques) égale ou légèrement supérieure au maximum autorisé par la législation. Une campagne d'essais de filtration sur charbon actif avec un filtre pilote a donc été conduite de mi-1987 à mi-1988. Cette campagne a mis en évidence les éléments suivants :

- abaissement important de l'oxydabilité avec du charbon actif neuf
- diminution du rendement d'élimination de l'oxydabilité avec le temps, d'où nécessité d'intervenir sur d'autres paramètres comme l'ozonation (augmentation du carbone organique assimilable, ce qui favorise l'activité biologique du charbon actif)
- constance du rendement d'élimination du carbone organique total
- élimination totale des herbicides (atrazine, simazine)

En fonction de ces résultats, les principaux paramètres de dimensionnement de la nouvelle station de traitement ont pu être établis.

Parallèlement à ce travail, une étude a permis de définir les besoins en eau potable et par conséquent la capacité de production de la nouvelle usine.

Un avant-projet avec devis estimatif a été établi en mars 1989, suivi par un vote du Conseil général d'un crédit de construction d'une nouvelle station de traitement et de pompage d'eau potable.

Sur demande de la commission qui avait rapporté sur cet objet, une étude d'intégration au paysage a été effectuée, étude qui a conduit au bâtiment tel que réalisé.

4. Description des installations

4.1 Capacité de traitement

La capacité nominale de production d'eau potable s'élève à 12'000 m³/jour, répartie sur 20 heures de fonctionnement par jour. Le débit nominal d'eau brute est ainsi de 600 m³/h. Ce débit est obtenu par plusieurs pompes de capacité unitaire 120 et 360 m³/h, ce qui permet de moduler la production en fonction des besoins. La capacité maximale de production avec un fonctionnement ininterrompu à débit maximal est de 14'400 m³/jour.

La capacité de pompage de l'eau traitée dépend du réseau de distribution et se situe actuellement à environ 650 m³/h. Cette capacité pourra être portée à l'avenir à 900 m³/h par l'intermédiaire de 6 pompes identiques de capacité nominale 60 l/sec à 104 m CE (dont une en réserve). Actuellement, seules 4 pompes sont installées (dont une en réserve).

4.2 Etapes de traitement

Les principaux objectifs à atteindre en matière de qualité de l'eau traitée, en plus des paramètres définis officiellement, sont :

- oxydabilité : 4 mg KMnO₄/l
- absence de micro-polluants tel l'atrazine

Pour atteindre ces objectifs et compte-tenu des essais effectués, les différentes étapes de la chaîne de traitement sont les suivantes :

- pompage de l'eau brute dans le puits d'eau du lac au moyen de 2 pompes immergées anciennes (2 x 360 m³/h, dont une en réserve) et de 3 nouvelles pompes immergées (3 x 120 m³/h, dont une en réserve)
- micro-floculation au polychlorure d'aluminium (si nécessaire)
- filtration sur sable dans des filtres fermés en acier à une vitesse de filtration maximale de 7.5 m/h avec un filtre en lavage

- ozonation intermédiaire à un taux maximum de 2.3 g O₃/m³
- filtration sur charbon actif dans des filtres en béton à une vitesse de filtration maximale de 7.5 m/h et avec un temps de contact minimum de 12 minutes
- neutralisation de l'eau pour obtention du pH d'équilibre par dosage de soude caustique, (si nécessaire)
- désinfection de l'eau et protection du réseau par dosage de chlore gazeux
- refoulement des eaux traitées et comptage

De plus, il est prévu la mise en place ultérieure, le cas échéant, d'une étape de préozonation située entre le pompage de l'eau brute et la filtration sur sable.

4.3 Description succincte de la nouvelle station de traitement

L'extension de la station de traitement a été réalisée en direction du lac par la construction d'un bâtiment de 21.5 m x 24 m (rez-de-chaussée) comprenant deux niveaux et par agrandissement sur toute la largeur (19 m) du bâtiment actuel côté ouest, soit +7 m au niveau rez-de-chaussée.

Le niveau inférieur du nouveau bâtiment (sous-sol 2) comprend :

- deux réservoirs d'eau traitée de volume total 1'550 m³. Compte-tenu du réservoir existant, la capacité totale de stockage d'eau traitée est de 2'100 m³, répartis en trois réservoirs séparés pour faciliter leur entretien
- une chambre de mélange (injection de chlore et neutralisation)
- une cuve d'eau de lavage de 100 m³ utilisée uniquement pour les besoins des filtres à sable et des filtres à charbon actif
- deux pompes de lavage des filtres dans le local des vannes
- une fosse d'eau boueuse (eau de lavage des filtres) de 100 m³ destinée à régulariser le débit de rejet de ces eaux à la station d'épuration (évacuation par pompage ou par trop-plein le cas échéant)
- les pompes de refoulement de l'eau traitée (pompes haute-pression) comprenant en stade ultime 6 pompes identiques (capacité nominale 216 m³/h)

Le niveau intermédiaire (sous-sol 1) abrite les installations suivantes :

- deux fosses de neutralisation, fermées, en béton, pour la sécurisation des locaux de chlore du rez-de-chaussée
- deux compresseurs avec ballon de stockage pour la production d'air ozoné (local séparé)
- trois compresseurs pour la production d'air de commande
- les filtres à air des réservoirs d'eau potable
- les armatures et la tuyauterie de refoulement de l'eau traitée

Le rez-de-chaussée du nouveau bâtiment contient les installations de filtration, d'ozonation et de désinfection, soit :

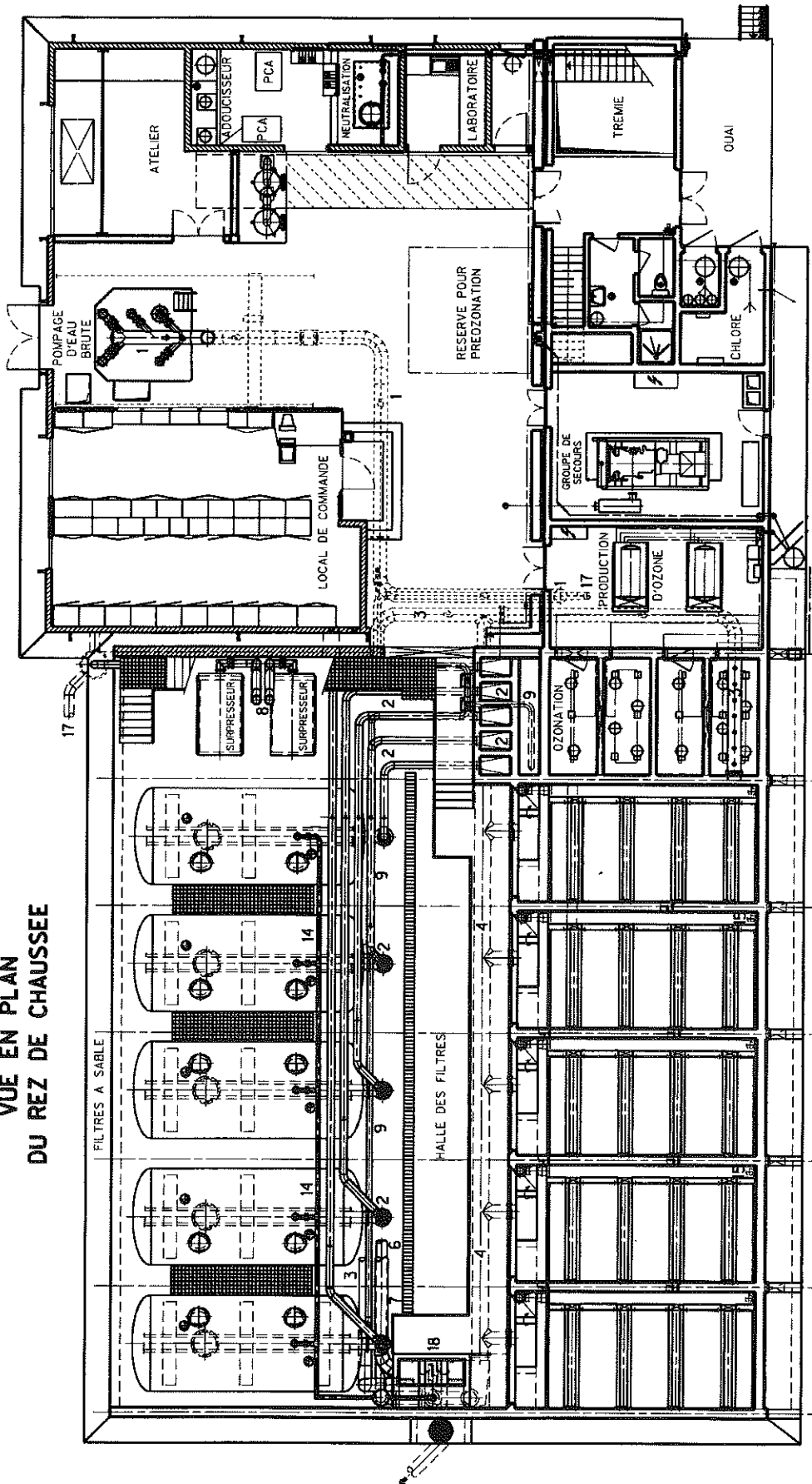
- cinq filtres à sable, cylindriques, horizontaux, fermés (sous pression), diamètre 3.0 m, longueur totale 7.0 m
- cinq filtres à charbon actif, en béton, à plan d'eau libre, dim. 3.65 m x 6.5 m
- une cuve de contact pour l'ozonation, dimensions 3.65 m x 7.1 m
- un local pour les installations de production d'ozone
- un local pour le groupe de secours avec sa citerne de diesel (1'400 litres)
- deux locaux pour les installations de chloration avec accès depuis l'extérieur (quai)
- les installations sanitaires (douche, WC, lavabo)
- un quai de chargement

Les niveaux supérieurs du nouveau bâtiment comprennent, outre la tour de répartition, un local de stockage ainsi que les installations de destruction d'ozone excédentaire.

Quant au bâtiment existant, il a été réaménagé pour recevoir :

- le local de commande avec les tableaux électriques
- le laboratoire avec les appareils de mesure en continu (turbidité, chlore et pH)

VUE EN PLAN
DU REZ DE CHAUSSEE



LEGENDE

- 1 EAU BRUTE
- 2 ALIMENTATION DES FILTRES A SABLE
- 3 EAU PREFILTREE
- 4 ALIMENTATION DES FILTRES MEDIAZURS
- 6 EAU DE LAVAGE DES FILTRES
- 7 EAU BOUEUSE

- 8 ALIMENTATION EN AIR DES SURPRESSEURS
- 9 AIR SURPRESSE DE LAVAGE DES FILTRES
- 14 PURGE D'AIR DES FILTRES A SABLE
- 15 EVENT DES FILTRES A CHARBON ACTIF
- 17 TROP PLEIN EAU BRUTE
- 18 OUVRAGE DES TROP-PLEINS

VILLE D'ESTAVAYER-LE-LAC
STATION DE TRAITEMENT ET DE
POMPAGE D'EAU POTABLE

hydrostep sa



- l'atelier avec trappe d'accès à la chambre des vannes
- la chambre des vannes en sous-sol (raccordement au réseau d'eau existant)
- le local pour les installations de stockage et dosage du polychlorure d'aluminium (micro-floculation) ainsi que pour celles de neutralisation
- les chaudières anti-bélier et le comptage de l'eau livrée au réseau

4.4 Intégration du bâtiment au site

Compte tenu des volumes imposés par les installations de traitement, de la particularité et de la beauté du site d'implantation, un certain nombre de critères ont influencé la réflexion architecturale dont les points essentiels sont en résumé les suivants :

- la beauté du site et la proximité immédiate du lac obligent à son respect, d'où la nécessité d'un bâtiment accordant la priorité à la nature.
- la simplicité et la compacité permettent souvent d'intégrer de grands volumes, d'où la volonté de composer avec peu de matériaux et de bonnes proportions. Il est alors possible d'obtenir un caractère architectural sobre et rigoureux
- la nécessité de prendre en considération la station existante et le transformateur qui lui est contigu.
- le choix du matériau qui est déterminant. Le verre, dans sa position inclinée, permet de jouer avec les reflets de l'eau, du ciel et des arbres environnants. Ainsi la mouvance des lumières et des reflets évolue avec l'environnement et épouse les conditions de celui-ci, en fonction des heures, des saisons et des conditions atmosphériques.
- un tel traitement des façades permet d'intégrer les vitrages nécessaires à l'exploitation et n'apporte aucun repère de la hauteur effective du bâtiment
- il est nécessaire, en plus du caractère propre du site, de se situer par rapport aux constructions environnantes et de choisir un style qui permette d'assurer la pérennité architecturale du bâtiment.

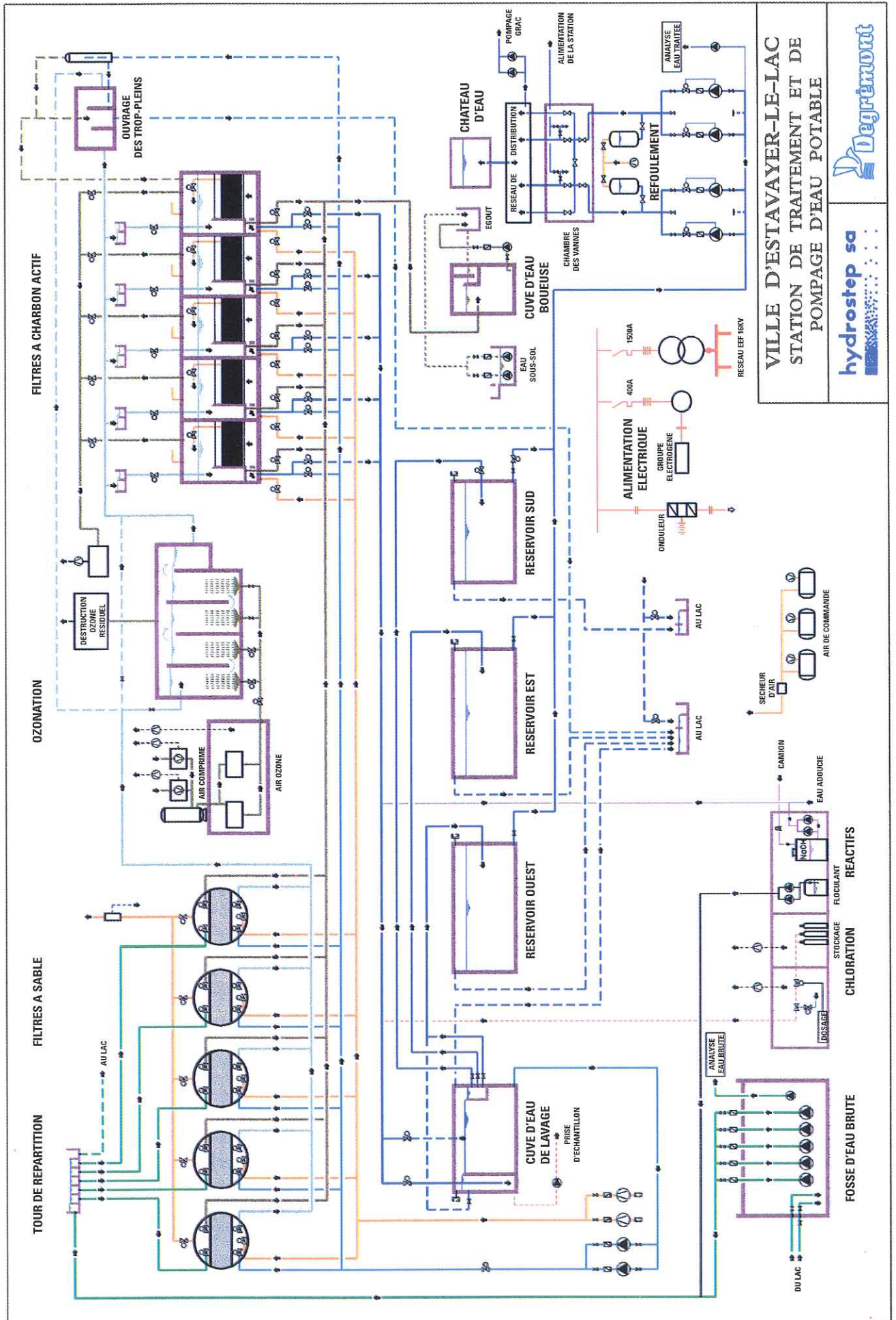
Ratios :

- | | | |
|------------------|------------------|----------|
| ● cube | ancienne station | 3'500m3 |
| | nouvelle station | 8'400 m3 |
| ● emprise au sol | ancienne station | 330 m2 |
| | nouvelle station | 620 m2 |

5. Fonctionnement des installations

5.1 Hydraulique

- amenée gravitaire des eaux du lac dans le puits d'eau brute situé dans la station
- pompage de l'eau brute par pompes immergées à un débit compris entre 120 et 600 m³/heure, par paliers de 120 m³/heure dans la tour de répartition (point haut) avec trop-plein, suivi d'un écoulement gravitaire à travers l'ensemble des ouvrages de traitement jusque dans les réservoirs d'eau traitée (point bas).
- division du débit à traiter au moyen de déversoirs, dans la tour de répartition, pour alimentation individuelle des cinq filtres à sable.
- réunion des eaux préfiltrées pour acheminement dans la chambre d'ozonation, avec possibilité de bypass de celle-ci.
- division du débit d'eau ozonée au moyen de déversoirs situés à l'entrée des cinq filtres à charbon actif avec trop-plein de sécurité pour l'ensemble de ces filtres.
- réunion des eaux filtrées pour acheminement dans la chambre de contact pour la correction du pH et la chloration, puis dans la cuve d'eau de lavage des filtres.
- alimentation parallèle des trois réservoirs de stockage d'eau traitée.
- refoulement dans le réseau par quatre pompes centrifuges montées à sec, avec protection des conduites par deux chaudières anti-bélier (volume unitaire 1'000 litres).



VILLE D'ESTAVAYER-LE-LAC
STATION DE TRAITEMENT ET DE
POMPAGE D'EAU POTABLE

hydrostep sa

Degrémont

5.2 Traitement

Micro-floculation (si nécessaire):

- réactif : polychlorure d'aluminium (PCA)
(teneur : env. 5,4 % en Al)
- taux de dosage : 4 mgPCA/litre
- injection dans la conduite de pompage de l'eau brute, proportionnellement au débit, par deux pompes doseuses (débit maximum 7 litres/heure)

Filtration sur sable :

- type : monocouche, Degrémont FH
- surface unitaire des filtres : 21 m²
- hauteur de la couche filtrante : 1,0 mètre
- vitesse de filtration : 5,7 mètres/heure
avec un filtre de lavage : 7,5 mètres/heure
- filtres sous pression en acier, à charge variable en fonction du degré d'encrassement
- lavage à contre-courant par air (2 soufflantes de 1'000 Nm³/heure de type RKR K70R, 15 kW) et par eau (2 pompes d'eau de lavage de 300 m³/heure de type Rüttschi NCP 20-270, 11 kW) avec régulation automatique du débit d'eau de lavage par débitmètre et vanne pilotée.

Ozonation :

- production d'air comprimé par deux compresseurs à vis (air sec) de type Airman SAW 11P de capacité unitaire 72 Nm³/heure à 8,5 bars (11 kW) avec stockage dans un ballon de 1'000 litres.
- production d'air ozoné à concentration constante (18 g. O₃/Nm³) par deux ozoneurs type Monozone ME 39, capacité unitaire de 750 g. O₃/heure (18 kW), équipés d'un refroidissement à l'eau
- injection de l'air ozoné (taux de dosage maximum 2,3 g. O₃/m³) dans une cuve de contact à quatre compartiments, au moyen de disques poreux, sélection automatique du nombre de compartiments d'injection d'ozone en service en fonction du débit d'eau à traiter
- régulation automatique du débit d'air ozoné injecté en fonction du débit d'eau et de la teneur résiduelle en ozone dans l'eau (valeur de consigne 0,3 g. O₃/m³)
- destruction thermique de l'ozone excédentaire (événements de la chambre d'ozonation)

Filtration sur charbon actif (CA) :

- type: Degrémont Médiазur GH
- surface unitaire des filtres : 20 m² (charbon actif)
27,2 m² (total)
- hauteur de la couche CA : 1,5 mètre
- type CA : Chemviron F400
- vitesse de filtration : 6 mètres/heure
avec un filtre en détassage : 7,5 mètres/heure
- temps de passage à travers CA : minimum 12 minutes
- filtres à plan d'eau libre constant, avec régulation par l'aval (capteur piézométrique et vanne pilotée), en enceinte fermée (dégagement d'ozone)
- détassage à contre-courant par air et eau (mêmes équipements que pour filtres à sable).

Désinfection finale :

- réactif : chlore gazeux
- taux de dosage maximum 0,3 g Cl₂/m³

- chloromètre sous vide, type V-761-GST
- régulation automatique du débit de chlore en fonction du débit d'eau et de la teneur résiduelle en chlore dans la chambre de contact.
- analyse en continu du chlore résiduel dans l'eau traitée avant refoulement dans le réseau
- locaux séparés ouvrants sur l'extérieur avec détection fuites de chlore (deux seuils), douches de sécurité, fosses de rétention de l'eau chlorée et ventilation séparée.

Correction du pH (si nécessaire) :

- réactif : soude caustique 30 %
- taux de dosage adapté à l'obtention du pH d'équilibre (mesures laboratoire).
- stockage NaOH dans une cuve en acier (5 m³) avec remplissage par camion citerne, avec sécurité antidébordement (sonde Hectronic)
- injection dans la conduite d'eau filtrée, avant chloration, proportionnellement au débit, par deux pompes doseuses (débit maximum 10 litres/heure).
- dilution préalable dans l'eau adoucie (adoucisseur à régénération automatique)
- analyse en continu du pH dans l'eau traitée avant pompage.

Autres mesures :

- turbidité de l'eau brute (avec enregistrement)
- turbidité de l'eau traitée (avec enregistrement)
- débit instantané et volume cumulé de l'eau brute
- débits instantanés et volume cumulé de l'eau refoulée (deux mesures)
- niveaux dans les réservoirs d'eau traitée
- niveaux dans les compartiments de trop-plein
- pression dans les filtres à sable

5.3 Autres équipements

Groupe électrogène de secours :

- type : Caterpillar 3406
- puissance moteur : 220 kW
- puissance génératrice : 275 kVA
- cylindrée moteur : 14,6 litres
- refroidissement à eau
- réservoir pour carburant diesel 1'400 litres

Ce groupe permet la marche simultanée des équipements suivants :

- deux pompes d'eau brute (2 x 15 kW)
- ozonation (20 kW), y compris production d'air comprimé (2 x 11 kW)
- compresseurs air de commande
- une pompe haute pression (eau traitée, 90 kW)
- éclairage de la station

Déshumidification :

- halle de pompage eau brute, halle des filtres et local des vannes :
trois déshumidificateurs CDS 6000 (4,2 kW)
- local de stockage et chambre des vannes :
deux déshumidificateurs HSK-60 S (0,78 kW)
- local de commande :
un climatiseur RAV-260 VH (2,8 kW)

5.4 Commande et supervision des installations

La philosophie choisie pour les systèmes de commande et de supervision des installations associe :

- un tableau synoptique classique pour la visualisation instantanée des équipements en service (ou en panne) avec indication des principaux paramètres de fonctionnement (débits, paramètres physico-chimiques)
- un ensemble de cinq automates programmables gérant le fonctionnement automatique de l'ensemble des équipements
- un système informatique de supervision type Ridat VME pour l'établissement des paramètres de fonctionnement de la station au moyen d'un ordinateur de prévision.

Le principe du tableau synoptique a été conservé à cause de son confort d'utilisation, la station n'étant pas occupée en permanence par le personnel d'exploitation. Quant à l'équipement informatique, il est indispensable pour optimiser la marche des installations et pour gérer les données de fonctionnement.

Par ailleurs, compte tenu que la station d'épuration des eaux usées est exploitée par le même personnel que la station de traitement d'eau potable, une transmission des principaux paramètres de fonctionnement de cette dernière a été mise en place entre les deux stations, avec imprimante à la Step.

Buts des systèmes :

- assurer une production d'eau en quantité suffisante et de manière la plus continue possible à travers les installations de traitement.
- gérer le stockage de l'eau traitée dans les réservoirs et le château d'eau.
- refouler et distribuer une eau de boisson de qualité en quantité suffisante dans le réseau de distribution.
- rassembler les données permettant l'impression de protocoles, de tables, de graphiques. etc.
- surveiller les installations et gérer les alarmes.

Structure des systèmes :

- la commande des installations se fait par des automates programmables.
- la supervision des pompes d'eau brute, des pompes d'eau traitée, des niveaux des cuves ainsi que des débitmètres se fait à l'aide d'un système RIDAT-VME.
- ces deux systèmes sont interconnectés et forment ensemble la «conduite de processus».
- l'interface homme-installation («conduite d'exploitation») se compose du synoptique, de l'ordinateur avec écran, des imprimantes et du ordinateur de prévision.

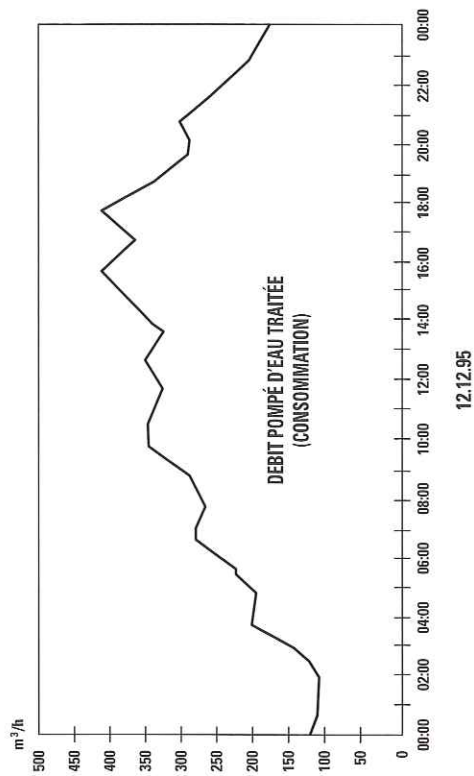
Calculateur de prévision :

- une courbe de production type (marche des pompes d'eau brute) est établie à partir de la courbe journalière de consommation, ce qui fournit également un volume journalier standard. Il est possible d'établir ainsi et de mémoriser cinq courbes de production-type différentes. A chaque jour de la semaine est attribué une de ces courbes avec le volume journalier standard correspondant, ainsi qu'un facteur de correction «manuel». Ce facteur modifie la courbe de production-type et par conséquent la production journalière correspondante. Par ailleurs, un facteur de correction «automatique» peut également être établi à partir de la valeur moyenne de production d'eau des trois précédents mêmes jours de semaine.
- en cas de volume d'eau excessif ou insuffisant, les niveaux dans les cuves sont pris en compte pour rectifier la production.

Les figures 2 et 3 illustrent pour deux jours consécutifs, les 12 et 13 décembre 1995 :

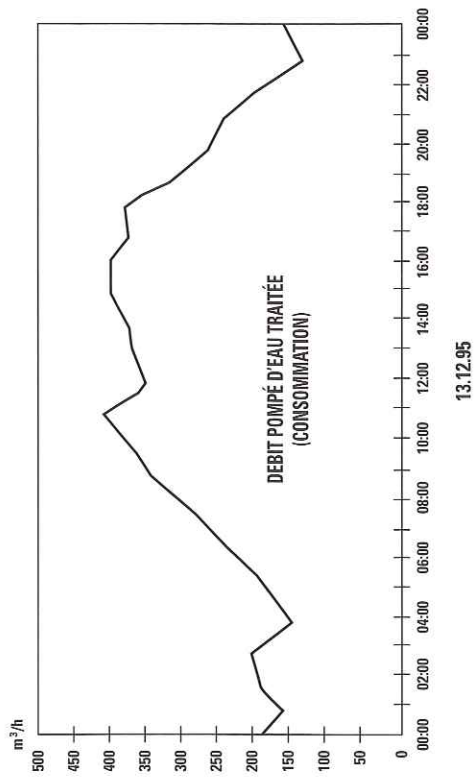
- la courbe de consommation d'eau (débit pompé d'eau traitée).
- la courbe de production d'eau (débit d'eau brute).
- les variations de niveau du château d'eau et des réservoirs d'eau traitée.

FIGURE 2
COURBES JOURNALIÈRES

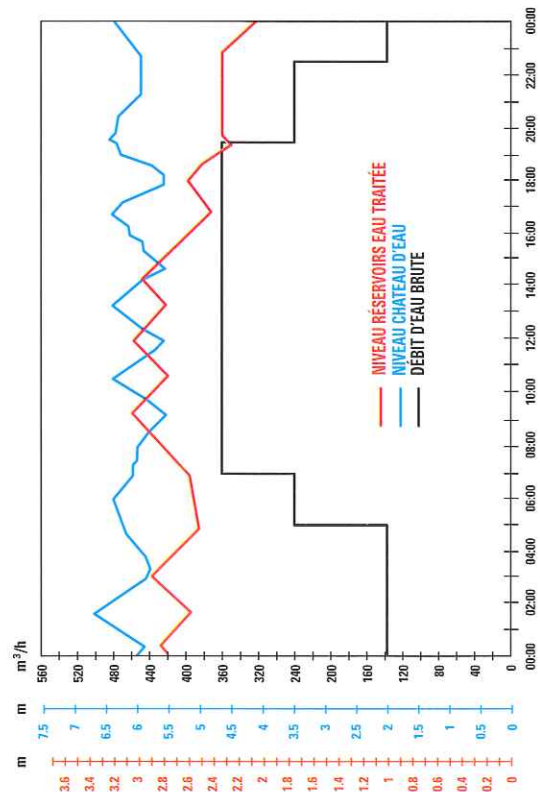


12.12.95

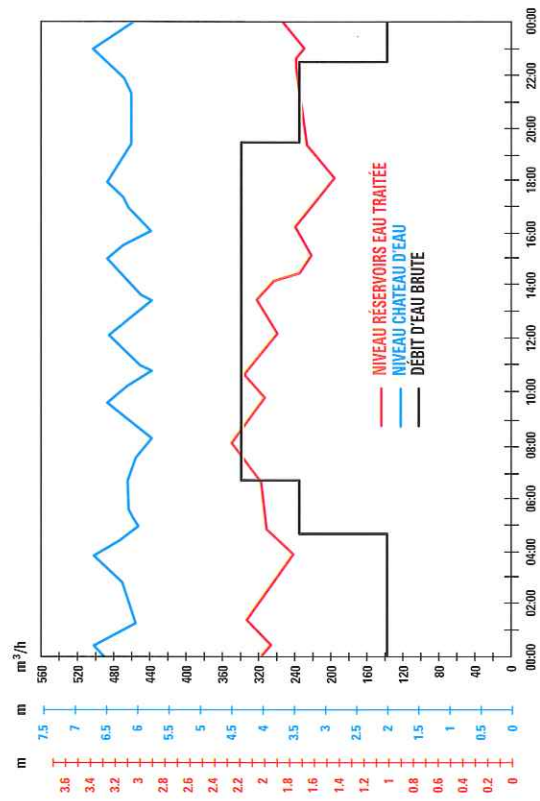
FIGURE 3
COURBES JOURNALIÈRES



13.12.95



12.12.95



13.12.95

5.5 Analyses physico-chimiques et bactériologiques

La figure «Analyses de fonctionnement» récapitule les résultats des analyses effectuées par le Laboratoire cantonal entre septembre 1994 (mise en service des ouvrages de traitement) et avril 1996, soit sur une période d'une année et demi environ.

Oxydabilité et absorbance :

L'efficacité du charbon actif, très grande avec le charbon neuf, a diminué ensuite après une année d'utilisation, puis s'est stabilisée. La raison en est essentiellement la modification du processus dans la masse filtrante, adsorption des matières organiques sur le charbon neuf, puis élimination bactérienne de ces matières.

Ce phénomène est confirmé par les mesures de l'absorbance.

Turbidité :

L'abaissement de la turbidité par la filtration sur sable, sans micro-floculation, est moins marqué après une année d'utilisation des filtres à sable.

Il apparaît également une augmentation de la turbidité dans l'eau filtrée sur charbon actif après une année, probablement pour la raison mentionnée ci-dessus.

Il n'y a par contre pas de grande différence dans la turbidité de l'eau traitée.

Germes aérobies mésophiles :

Le point à relever est une augmentation très importante du nombre de germes après la filtration sur charbon actif, en début de la période d'utilisation.

5.6 Vitesses de filtration

Les vitesses de filtration appliquées dans les filtres de la station de traitement (voir chapitre 5.2 ci-dessus), relativement lentes, ont été définies en fonction des points suivants:

- stabilité de la qualité d'eau traitée
- réserve de capacité
- un lavage hebdomadaire de chaque filtre en période normale, avec répartition des lavages sur la semaine pour minimiser les perturbations de production
- deux (ou plusieurs) lavages hebdomadaires en période de brassage du lac de Neuchâtel, au printemps et à l'automne, lorsque la teneur en matières en suspension dans l'eau brute augmente sensiblement
- possibilité à certaines périodes de ne pas mettre en oeuvre la micro-floculation, ce qui permet alors d'éviter la présence d'aluminium résiduel dans l'eau traitée.

6. Etudes et points particuliers

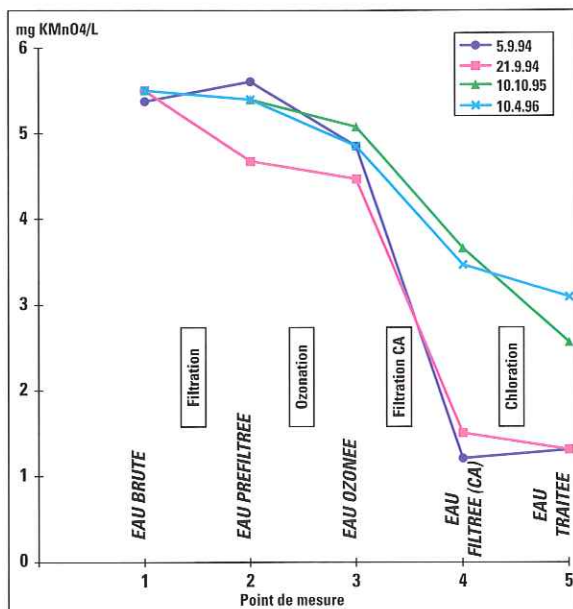
Certains problèmes particuliers ont nécessité l'intervention d'ingénieurs spécialisés afin de définir au mieux les solutions techniques à mettre en place.

6.1 Coup de bélier

Les calculs de coup de bélier ont concerné divers cas de déclenchement des pompes d'eau traitée (pompes haute pression) et ont établi la nécessité d'installer deux chaudrons anti-bélier de 1'000 litres (un sur chaque conduite).

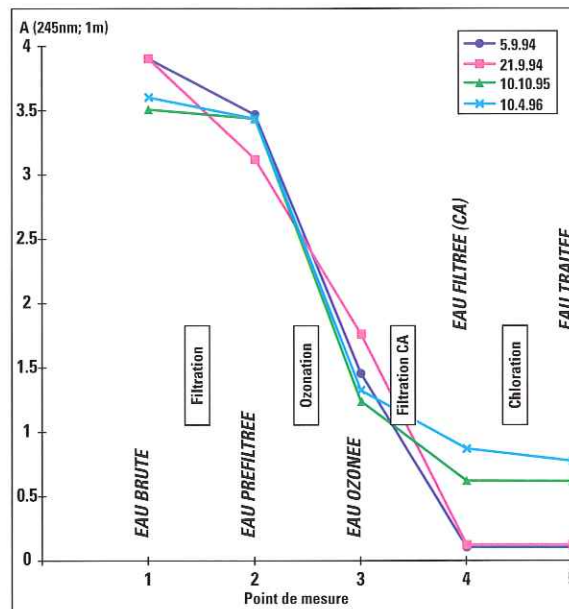
ANALYSES DE FONCTIONNEMENT

OXYDABILITE



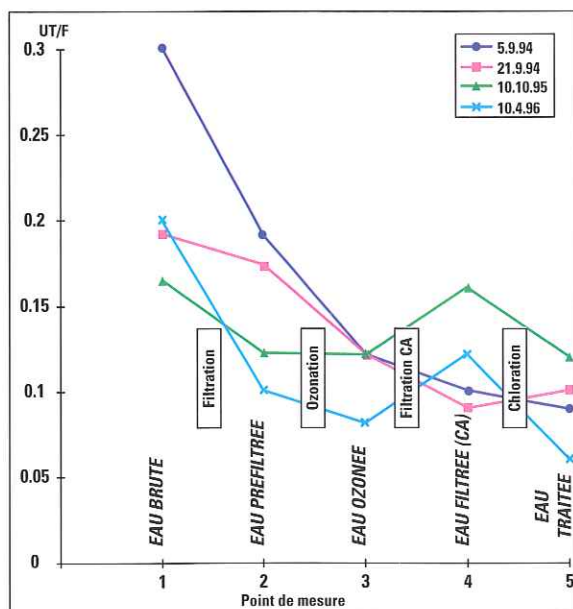
Analyses effectuées par le laboratoire cantonal

ABSORBANCE



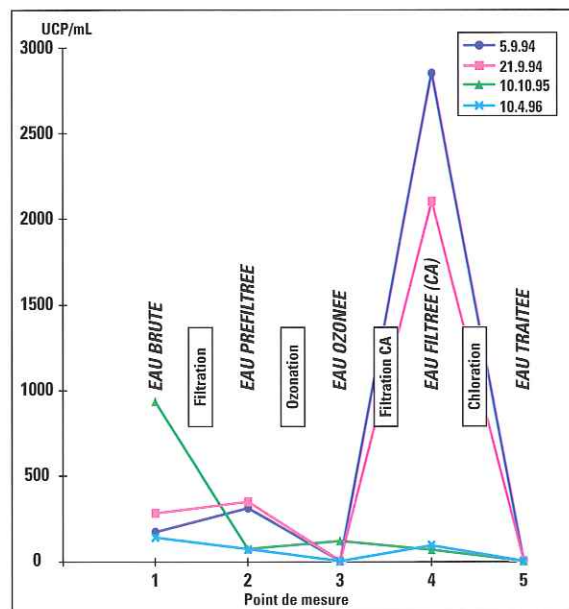
Analyses effectuées par le laboratoire cantonal

TURBIDITE



Analyses effectuées par le laboratoire cantonal

GERMES AER. MES.



Analyses effectuées par le laboratoire cantonal

6.2 Résistance des matériaux

Sur la base des recommandations faites par la Société suisse de protection contre la corrosion (SGK), les points suivants ont été définis :

- passages de mur (incorporés dans le béton) en acier 1.4435.
- brides et collets d'assemblage des tuyauteries et des armatures en acier 1.4435, quelle que soit la qualité de l'acier inox (par exemple 1.4306) des conduites à assembler.
- vannes et armatures montées sur conduites en inox avec couche de protection (époxy ou émail) d'épaisseur minimale 300 micromètres.
- mise en place dans les filtres à sable (acier normal) de deux anodes en magnésium, avec isolation électrique complète des filtres (pas de contact électrique avec conduites inox, ni avec mise à terre).
- mise à terre de l'alimentation électrique des pompes immergées d'eau brute par diodes antiparallèles.
- raccordement des installations de production et de pompage d'eau potable au réseau existant par des éléments assurant une isolation électrique totale.

L'ensemble des installations a été contrôlé afin de vérifier la qualité de l'isolation électrique à chaque changement de matériau (différence de potentiel supérieure à 50 mV, ou si inférieure à 50 mV, résistance supérieure à 10 ohms).

6.3 Isolation et déshumidification

Compte-tenu de l'impossibilité de chauffer le bâtiment, la solution technique retenue pour éviter les problèmes de condensation a été la suivante :

- isolation complète de l'enveloppe du bâtiment, avec pare-vapeur situé du côté extérieur
- réduction au minimum des échanges d'air entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment
- déshumidification des locaux par des appareils décentralisés.

6.4 Protection contre les accidents majeurs

La nouvelle station de traitement d'eau potable a été soumise à l'Ordonnance fédérale sur la protection contre les accidents majeurs (OPAM) pour les produits suivants :

- soude caustique 30 % (quantité stockée maximale 6'500 kg)
- chlore gazeux (quantité stockée maximale 150 kg)

L'élaboration d'un rapport succinct a défini les mesures de sécurité à mettre en place.

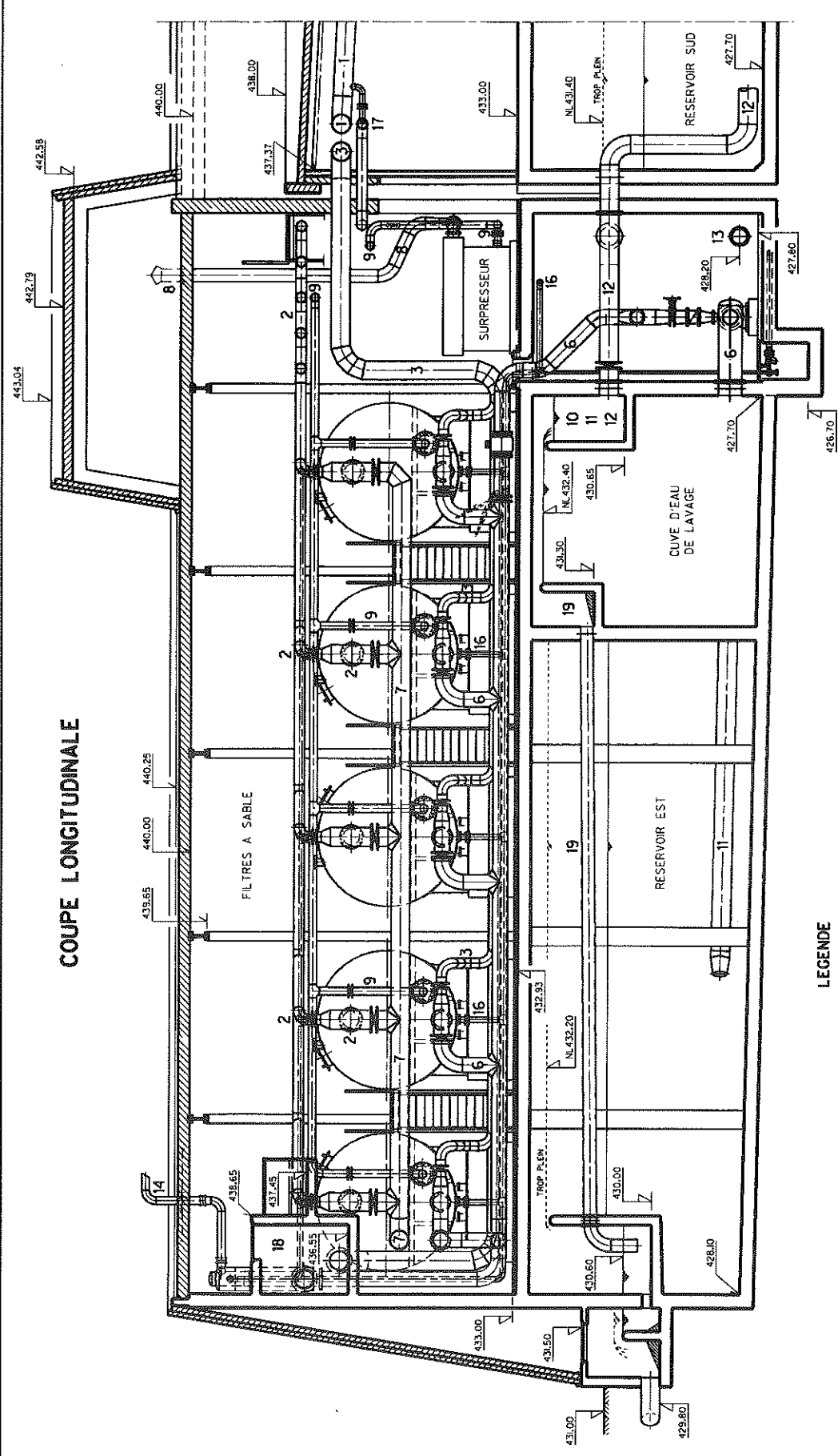
6.5 Filtres à charbon actif

Etant donné la surface disponible réduite, les entrées d'eau à filtrer, d'eau et d'air de décolmatage, ainsi que les sorties d'eau filtrée et d'eau boueuse et les trop-pleins de sécurité devaient tous être prévus du côté de la halle des filtres. Aucun équipement n'a donc été installé à l'arrière des filtres. Cette disposition, avec tous les raccordements à réaliser sur la même façade, est différente des filtres à charbon actif standards et a nécessité une étude de détail approfondie du profil hydraulique, des tuyauteries de façade et des conduites d'eau et d'air.

6.6 Production d'eau durant les travaux

La seule alimentation en eau d'Estavayer-le-Lac et de ses industries provenant de la station de traitement, le plus grand défi posé par les travaux d'extension a été d'assurer sans interruption la production et la distribution d'eau potable durant ces travaux. Une planification très étudiée des diverses opérations ainsi que des mesures particulières de sécurité ont permis une fourniture permanente, sans aucune exception, d'eau en qualité et quantité suffisantes.

COUPE LONGITUDINALE



LEGENDE

- | | | | |
|----|--|----|--------------------------------------|
| 1 | EAU BRUTE | 11 | ALIMENTATION E.TRAITEE RESERVOIR EST |
| 2 | ALIMENTATION DES FILTRES A SABLE | 12 | ALIMENTATION E.TRAITEE RESERVOIR SUD |
| 3 | EAU PREFILTREE | 13 | SUR POMPAGE EAU TRAITEE |
| 6 | EAU DE LAVAGE DES FILTRES | 14 | PURGE D'AIR DES FILTRES A SABLE |
| 7 | EAU BOUEUSE | 16 | VIDANGE DES FILTRES |
| 8 | ALIMENTATION EN AIR DES SURPRESSEURS | 17 | TROP PLEIN EAU BRUTE |
| 9 | AIR SURPRESSE DE LAVAGE DES FILTRES | 18 | COUVRE DES TROP-PLEINS |
| 10 | ALIMENTATION E.TRAITEE RESERVOIR OUEST | 19 | TROP PLEIN BACHE EAU DE LAVAGE |

VILLE D'ESTAVAYER-LE-LAC
STATION DE TRAITEMENT ET DE
POMPAGE D'EAU POTABLE



hydrostep sa



Chambre de mélange et réservoir sud, déshumidificateur



Refoulement eau traitée et production d'air comprimé pour ozonation

7. Coûts et délais de réalisation

7.1 Déroulement des études et travaux

Essais pilote de filtration sur charbon actif :	mi-1987 à mi-1988
Etude du projet :	mi-1988 à mi-1989
Vote du crédit de construction par le Conseil général :	automne 1989
Appel d'offres pour le traitement de l'eau, étude du projet d'exécution :	1990 à mi-1991
Vote du crédit complémentaire par le Conseil général :	automne 1991
Mise à l'enquête publique :	début 1992
Début des travaux :	mars 1992
Fin des travaux :	été 1995
Inauguration :	12 juillet 1995

La durée totale nécessitée par cette réalisation a ainsi été de huit ans, dont cinq d'études et trois de travaux.

7.2 Coût de la réalisation

Equipements EM	Fr. 5'905'000.-	(42,3 %)
Electricité	Fr. 1'568'000.-	(11,2 %)
Génie civil / constructions métalliques	Fr. 4'138'000.-	(29,6 %)
Second oeuvre	Fr. 834'000.-	(6,0 %)
Façades des bâtiments	Fr. 1'255'000.-	(9,0 %)
Frais administratifs et techniques	Fr. 268'000.-	(1,9 %)
Coût total	Fr. 13'968'000.-	(100 %)

Les subventions de l'ECAB pour l'amélioration de la défense incendie, à déduire de ce coût total, s'élèvent à Fr. 768'000.-

7.3 Prix de l'eau

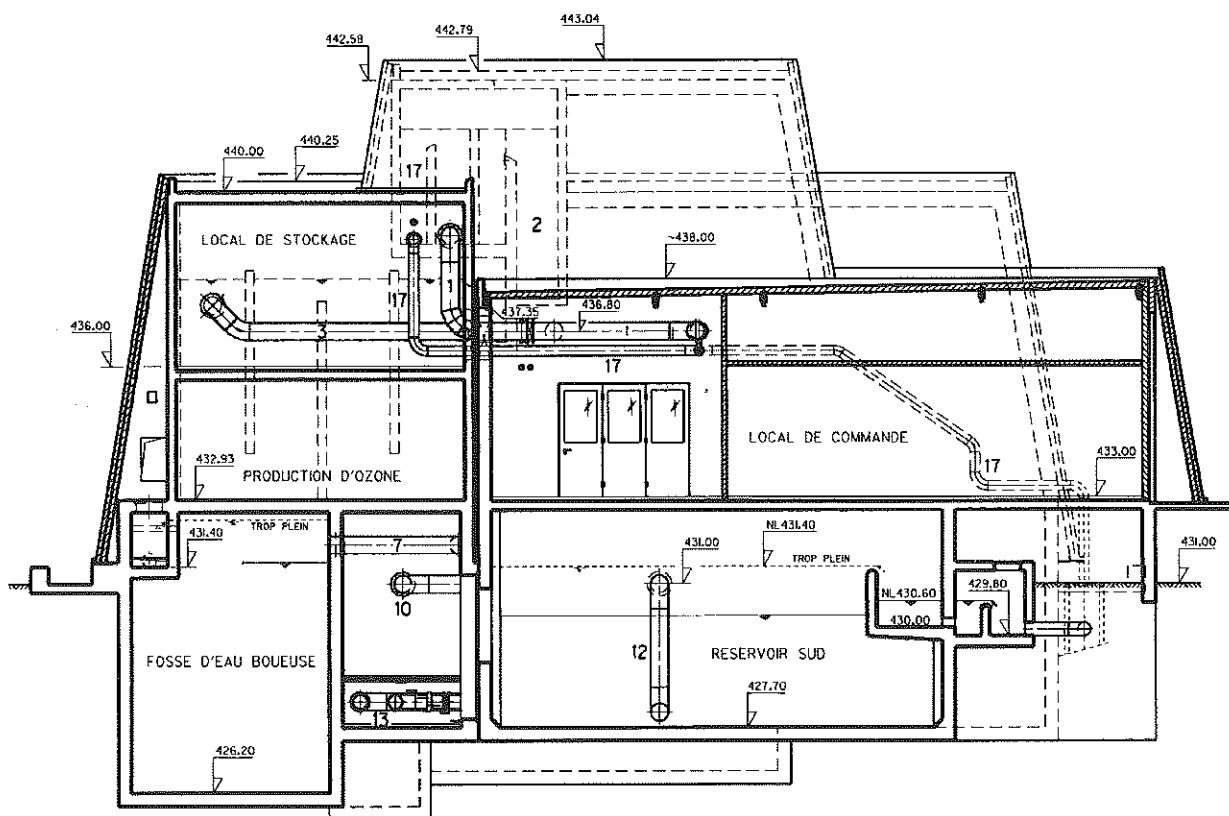
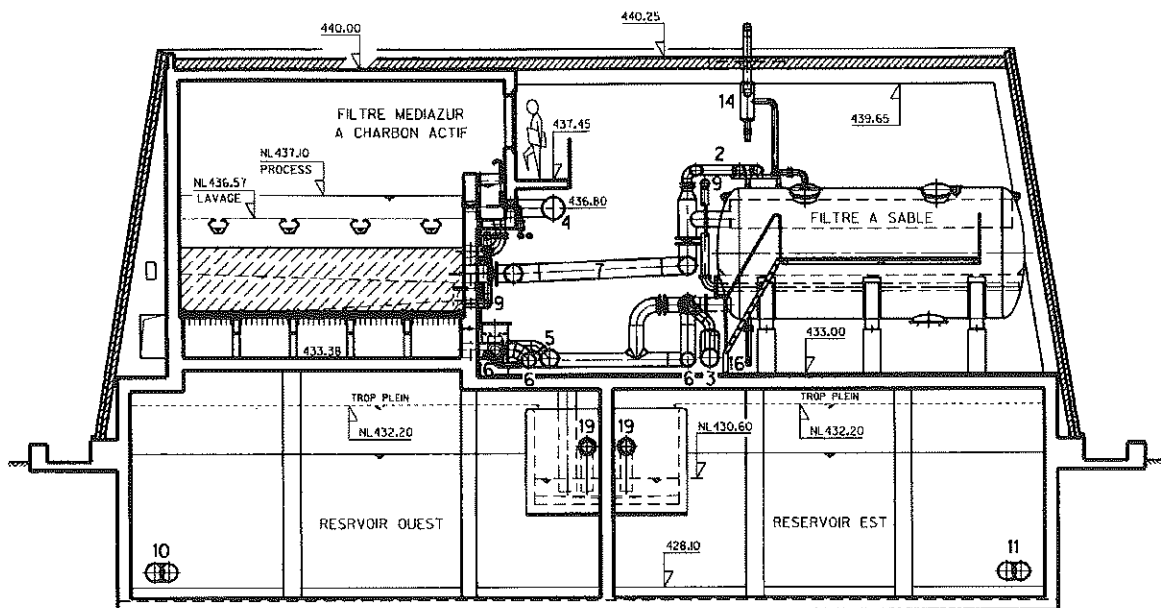
Sur la base des taux d'amortissement annuels légaux, compris entre 2 et 10 % selon le type d'ouvrages ou d'équipements, et compte-tenu des frais d'exploitation, le prix de vente de l'eau s'élève à Frs. 0,80/m³, pour un volume d'eau vendue un peu inférieur à 2'000'000 m³/an.

8. Participants à la réalisation

8.1 <u>Maître de l'ouvrage:</u>	VILLE D'ESTAVAYER-LE-LAC	
8.2 <u>Mandataires</u>		
Conception et direction générales des travaux, équipements EM,OPAM	Bureau d'ingénieurs HYDROSTEP SA	1093 La Conversion
Génie-civil, béton armé, constructions métalliques	Bureau d'ingénieurs F. Dreyfuss SA	1470 Estavayer-le-Lac
Conception architecturale	Ensemble Architecture et Urbanisme SA	1004 Lausanne
Electricité, commande et supervision Collaborateur	Bureau d'ingénieurs Pro Inel SA M. H. Jakob	1707 Fribourg 3150 Schwarzenburg
Isolation et déshumidification	Bureaux d'ingénieurs Ch. Lafranco	1084 Carrouge (VD)
Conception des façades en verre	Felitec SA	1030 Bussigny
Calcul du coup de bélier	SGL Ingénieurs-Conseils	1000 Lausanne 13
Protection contre la corrosion	SGK	8005 Zürich
8.3 <u>Entreprises</u>		
Pompage EB, filtration sable et CA	DEGREMONT SA	1800 Vevey
Ozonation	Entretec SA / Trailigaz SA	1720 Corminboeuf
Compresseurs d'air	Aeberhardt SA	1844 Villeneuve
Micro-floculation	Prominent Dosiertechnik AG	8105 Regensdorf
Chloration	Karrer + Co AG	8813 Horgen
Pompes et chaudrons anti-bélier	K. Rüttschi AG	5200 Brugg
Raccordements sanitaires et conduites	Consortium des installateurs staviacois (CIS)	1470 Estavayer-le-Lac
Engins de manutention	Stephan SA	1706 Fribourg / Givisiez
Déshumidification	Krüger & Cie SA	1606 Forel
Conduites et pièces en acier inox	Lavy SA Romag SA	1530 Payerne 3186 Dürdingen
Installations électriques	Consortium P.A. Fasel / EEF / R. Dougoud & Fils SA	1470 Estavayer-le-Lac
Tableaux électriques	Consortium Marion / EEF Commande SA Rittmeyer SA	1701 Fribourg 1720 Corminboeuf 6302 Zug
Système de supervision	Rittmeyer SA	6302 Zug

Groupe de secours	Ammann SA	4900 Langenthal
Lustrerie	Translumen Bag SA / Régent SA	1052 Le Mont s/Lausanne
Génie civil et béton armé	Consortium Pythoud SA / Mauron SA	1470 Estavayer-le-Lac
Etanchéité béton	Isotech SA	1024 Ecublens
Sciage béton	R. Mauroux SA	1630 Bulle
Analyses béton	LCBE SA	1615 Bossonnens
Charpente métallique et serrurerie intérieure	Andrey SA	1489 Murist
Façades	Gougain SA	1753 Matran
Pierres naturelles	Cl. Pillonnel	1470 Estavayer-le-Lac
Etanchéité toitures	Etanchéité SA	1752 Villars s/Glâne
Béton préfabriqué	Mouillet Frères	1468 Cheyres
Aménagements extérieurs	F. Sandoz	1474 Boillon
Faux plafonds	J. Rey	1470 Estavayer-le-Lac
Carrelages	Guy Pythoud	1470 Estavayer-le-Lac
Peinture	A. Perseghini S. à r. l.	1470 Estavayer-le-Lac
Menuiserie bois	Rosset SA	1470 Estavayer-le-Lac
Revêtement des sols	Famaflor SA	1782 Belfaux
Divers serrurerie	André Duc	1569 Autavaux
Nettoyages	DPN Service SA	1018 Lausanne
Panneau de chantier	M. Meier Reklamen AG	2555 Brügg
Enseigne	Graphico R. Margot SA	1009 Pully
Agencement de bureau	Page & Rotzetter SA	1709 Fribourg
Agencement de laboratoire	Waldner SA	1009 Pully
Démontage des anciennes installations	TMTI	1312 Eclépens
Assurances	La Mobilière Suisse	1470 Estavayer-le-Lac

COUPES TRANSVERSALES



LEGENDE

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1 EAU BRUTE | 10 ALIMENTATION E.TRAITEE RESERVOIR OUEST |
| 2 ALIMENTATION DES FILTRES A SABLE | 11 ALIMENTATION E.TRAITEE RESERVOIR EST |
| 3 EAU PREFILTREE | 12 ALIMENTATION E.TRAITEE RESERVOIR SUD |
| 4 ALIMENTATION DES FILTRES MEDIAZURS | 13 SUR POMPAGE EAU TRAITEE |
| 5 EAU FILTREE SUR CHARBON ACTIF | 14 PURGE D'AIR DES FILTRES A SABLE |
| 6 EAU DE LAVAGE DES FILTRES | 16 VIDANGE DES FILTRES |
| 7 EAU BOUEUSE | 17 TROP PLEIN EAU BRUTE |
| 9 AIR SURPRESSE DE LAVAGE DES FILTRES | 19 TROP PLEIN BACHE EAU DE LAVAGE |

VILLE D'ESTAVAYER-LE-LAC
STATION DE TRAITEMENT ET DE
POMPAGE D'EAU POTABLE

hydrostep sa

Degrémont

