



Amphitria, station d'épuration sur site classé

●●● CONCEVOIR ET CONSTRUIRE UNE STATION D'ÉPURATION GAGNÉE SUR LA MER AU PIED DE L'UN DES PLUS HAUTS À-PICS ROCHEUX OFFERTS PAR LA CÔTE D'AZUR, VOILÀ QUI TENAIT DE LA GAGEURE. UN VRAI DÉFI, EN TOUT CAS, RELEVÉ PAR LE SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE L'AGGLOMÉRATION TOULONNAISE POUR RÉSOUDRE LE PROBLÈME DU TRAITEMENT DES EAUX USÉES. NON SANS PROUESSES TECHNIQUES. MAIS LOIN DE TOUTE OSTENTATION, ENFOUIS DANS LE PAYSAGE, TECHNIQUE ET SAVOIR-FAIRE ONT SU RESTER DISCRETS.



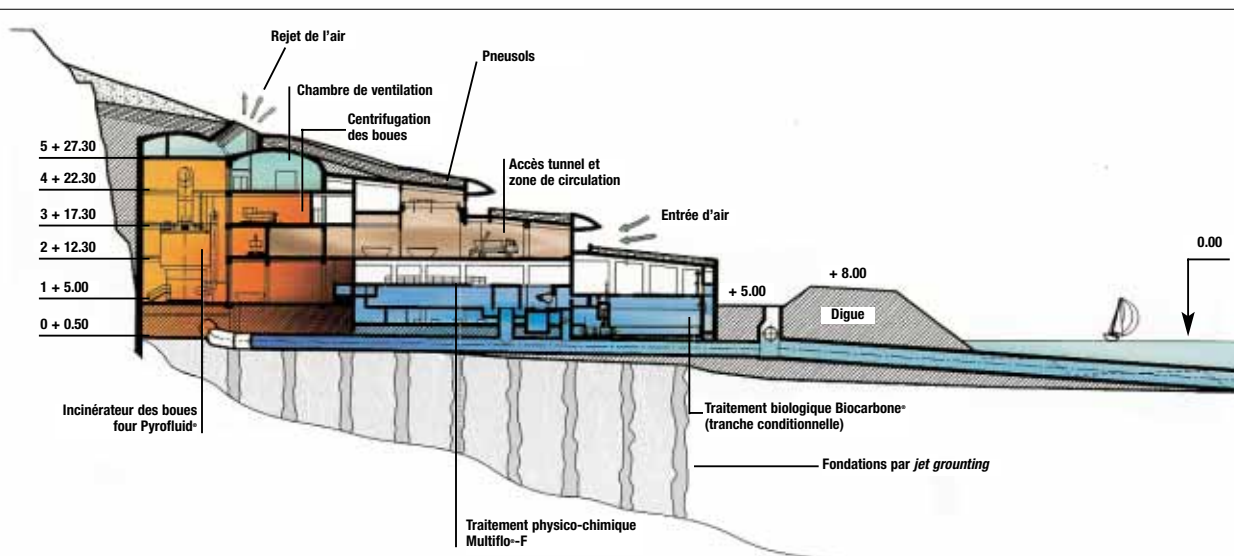
>>> • **1** Première étape de la construction de l'usine : la mise en place de la plate-forme. Celle-ci comprend d'une part une digue de 200 m dont la forme a été conçue pour résister à une houle de 8 m de hauteur, et d'autre part un massif de remblai d'environ 8 500 m² de surface. Cette base de forme convexe sert d'assise à l'ensemble de l'installation. • **2** **3** D'une surface totale de 30 000 m² répartis sur cinq niveaux, la station d'épuration a nécessité l'emploi de quelque 100 000 tonnes de béton. • **4** Seuls éléments visibles aux yeux des plaisanciers, les fines ouvertures longitudinales dessinent un arc de cercle donnant sur la mer.

L'origine du projet est ancienne. Créée il y a un siècle, la première usine de dépollution de Toulon est rapidement saturée. Dès 1941, un émissaire est construit qui collecte les eaux, assainissant ainsi le milieu terrestre aux dépens du milieu marin. C'est en 1977 que la décision est prise d'épurer les eaux usées avant leur évacuation en mer. À cette date, plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes d'eau sont déjà rejetés quotidiennement en bordure du cap Sicié, causant d'énormes dégâts au milieu naturel selon les responsables scientifiques de la fondation Paul-Ricard. Restait, pour la future usine de dépollution, à choisir entre huit emplacements possibles et trois principes – site de surface, site souterrain et site endigué – celui qui présenterait le meilleur compromis économique, environnemental et technique. Le syndicat intercommunal des sept communes de l'ouest de l'agglomération toulonnaise opte à l'unanimité pour une station adossée au cap Sicié, édifiée sur une plate-forme gagnée sur la mer. Dès 1978, le projet est inscrit au plan d'aménagement du littoral. Mais il faudra près de dix ans pour voir donner les premiers coups de pioche. Le projet, qui

suscitait l'ire des associations de défense de l'environnement, ne verra le jour qu'au prix d'un véritable feuilleton juridico-légal. Les interventions successives de cinq ministres de l'Environnement, un recours devant le tribunal administratif de Nice puis devant le Conseil d'État, l'annulation d'une déclaration d'utilité publique (DUP), un amendement à la "loi littoral" de 1986 – qui interdit toute construction à moins de 100 m du bord de mer – et une nouvelle DUP en furent les principaux rebondissements. Le financement, quant à lui, s'est partagé entre l'État (21,5 %), la région Paca (12 %), l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse (12,5 %), le département du Var (16 %) et le syndicat intercommunal (38 %).

● Indispensable intégration

La construction de la station s'est accompagnée de mesures compensatoires en application de la "loi littoral". Ainsi, les lignes électriques extérieures ont été supprimées, tandis que le site classé dans lequel le programme devait s'inscrire était porté de 200 à 930 hectares. Loin de s'exhiber, la station joue la carte de la discrétion. Un souci qui se manifeste dans le dimensionnement même des installations. La



III Élévation dans l'axe de l'émissaire

Cette vue en coupe permet de distinguer les cinq niveaux de fonctionnement de l'usine : le niveau 0, constitué par le radier des ouvrages de traitement des eaux, accueille les machines de dessablage-déshuilage ; le niveau 1 abrite les ouvrages de traitement de l'eau proprement dits ; le niveau 2 comprend les accès à l'extérieur et permet le déchargement des matériels ; le niveau 3 abrite la zone "vie", les installations de déshydratation des boues et l'ensemble de production d'air ; au niveau 4, sont aménagées les installations de ventilation de la zone "vie" ; enfin, au niveau 5, est rejeté l'air de la ventilation.

taille de la plate-forme est limitée à 8 500 m² et le volume de l'usine (30 000 m³) se déploie sur cinq niveaux. Posée en postulat, la contrainte d'exiguïté a requis l'emploi de techniques de traitement alliant performance et compacité. La coagulation prolongée, associée à la décantation lamellaire, a permis de réduire d'un facteur 10 la taille des bassins du traitement physico-chimique. De même, la filtration biologique réunit en un seul ouvrage les phases de biologie et de séparation des boues sur un matériau granulaire immergé. Résultat : des bassins dont l'emprise est limitée.

L'architecture participe du souci d'intégration. Le bâtiment semi-circulaire, en amphithéâtre inversé, voit ses cinq niveaux s'incliner en pente douce jusqu'à la mer. Sa forme convexe épouse celle de la plate-forme et respecte l'irrégularité de la côte. Les deux fentes longitudinales dessinées par les architectes au moyen de vides surplombés d'ogives en béton préfabriquées tracent la ligne de force du projet. Elles en sont la marque majeure. Et quasiment la seule visible aux yeux des plaisan-

ciers, puisque l'ouvrage s'efface sous un remblai composé de morceaux empruntés à la roche naturelle. Les architectes se sont aussi mus en paysagistes, disposant un par un blocs et rochers afin de recréer un massif dont l'apparence sauvage s'achèvera avec la revégétalisation naturelle.

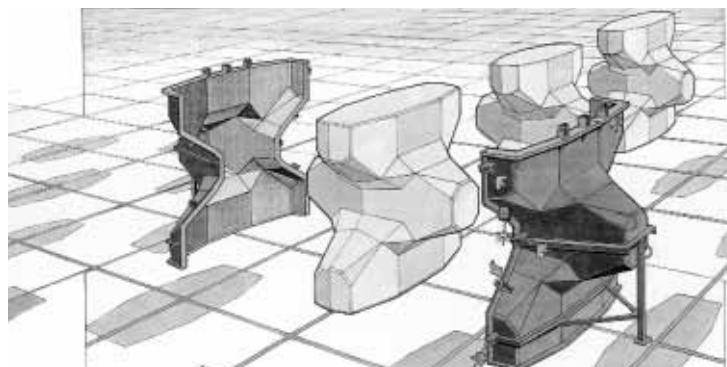
● Vingt hectares de falaise confortés

La construction de la station n'est que l'ultime étape d'une série de travaux spectaculaires débutés en septembre 1991 avec le confortement de la falaise. Ainsi, quelque 5 000 clous de 8 à 12 m de longueur et pas moins de 5 000 m² de filets équipent 20 hectares de falaise, tandis que des écrans anti-éboulis et des murs-butons protègent plus directement la plate-forme. En dépit de ces dispositifs, deux effondrements sont venus ralentir les terrassements, jetant à bas près de 400 m³ de roches supplémentaires. L'instabilité de la falaise a conduit les concepteurs à adopter des disposi-

INNOVATION

Du béton contre la houle

Longue de 200 m et haute de 8 m, la digue de protection de la station est parachevée par des éléments en béton de forme originale, des "acropodes" dont le dessin résulte de l'association de deux enclumes et de deux cônes. Assez trappus, ces blocs ont été conçus par l'entreprise Sogreah Ingénierie – qui en exploite toujours le brevet – pour absorber l'énergie de la houle en offrant le meilleur compromis possible entre résistance propre et faculté d'imbrication. Ainsi chaque bloc profite en partie de la masse des blocs voisins pour résister aux assauts de la mer. En l'occurrence, il s'agissait de supporter une houle centennale de 6 m de haut. Pas moins de 1 135 "acropodes" de 6,3 m³ (15 t) ont été coulés sur un terrain de la commune de Sanary-sur-Mer, puis transportés à pied d'œuvre. Là, ils ont été appréhendés à la grue et mis en place en une seule couche, suivant un plan de pose précis, pour offrir une carapace efficace au corps de digue.



III Acropodes

La volonté clairement affirmée de protéger l'environnement est à l'origine de l'emploi des "acropodes", des blocs de béton dont l'aspect final se confond avec la roche naturelle voisine.





1



2

tions d'exception pour la protection de la station. Dans sa partie la plus menacée, au long de l'à-pic, la toiture est constituée de deux voûtes en béton de 50 cm d'épaisseur recouvertes de "pneusols" : des pneus de poids lourds posés en quinconce, en sept couches successives, permettent d'amortir la chute éventuelle d'un bloc rocheux de 7 t lancé à une vitesse de 150 km/h au moment de l'impact. La technique, classiquement employée en construction routière pour l'allègement des remblais édifiées sur des terrains peu porteurs, trouve ici un domaine d'application original.

● Précontrainte et béton prêt à l'emploi

Une galerie de 1 200 m de long percée à travers la falaise est le seul lien entre la station et le monde extérieur. Sa gestion durant la phase des travaux a joué un rôle clé dans la tenue du planning. L'autre grande difficulté de l'exécution tenait à l'exiguïté du site. Les 8 500 m² de la plate-forme marine

n'ont laissé que peu d'espace pour le stockage et la mise en œuvre des matériaux. Et les quantités étaient énormes. À titre d'exemple, la station aura consommé 32 000 m³ de béton, sans parler des quantités utilisées pour les "acropodes" (voir encadré). À elles seules, les armatures représentent 2 800 t. Une bonne part de la structure a été préfabriquée. Ainsi, les dalles et les poutres courantes sont en béton précontraint. Les trente bassins de décantation, de dessablage ou de filtration biologique utilisent quant à eux des BPE coulés en place. L'étanchéité est assurée par des joints en élastomère hydrogonflant à chaque reprise de bétonnage. Les voiles périmétriques ont eux aussi été bétonnés. Mais une partie de leur résistance provient de la falaise. Des tirants profondément ancrés dans le rocher assurent la tenue de l'ouvrage, comme pour souligner que, désormais, la station fait partie intégrante de la géographie du cap Sicié. ■

TEXTE : PHILIPPE MORELLI

PHOTOS : OTV MÉDITERRANÉE

LES FONDATIONS

Des techniques de pointe

La nature de la plate-forme, composée de blocs rocheux importants, a conduit à adopter la méthode du *jet grouting* pour fonder la plate-forme. La technique consiste à injecter à haute pression un coulis de ciment dans le sol afin d'en améliorer la portance. En l'occurrence, compte tenu de l'importance des vides, le *jet grouting* aurait pu s'avérer fort onéreux sans l'ingéniosité des techniciens. Ces derniers procédèrent – c'est une première – à un gavage préalable du terrain avec du sable. Après forage, l'atelier d'injection fut mis en œuvre avec un mélange de sable et d'eau qui permit de colmater les poches de vide. L'injection d'un coulis de ciment à 500 bars de pression de bas en haut permit de former des colonnes qui furent ensuite renforcées par un tube d'armature. Il aura fallu quelque 2 000 t de sable et 5 000 t de ciment pour réaliser les 500 colonnes de 4 à 18 m de hauteur qui relient le remblai au substratum en schiste et arkose fracturé. Chacune de ces colonnes permet de reprendre une charge de 300 t.



Maître d'ouvrage :
Syndicat intercommunal de la région toulonnaise pour l'évacuation en mer des eaux usées (Sirtemeu)

Maître d'œuvre :
DDE du Var

Architectes :
cabinet Nothhelfer-Duchier, Alozie et Bonnet

Contrôle :
Socotec, CETE

Entreprises :
confortement de la falaise
Entreprise industrielle Simeco
galerie d'accès
Sotrabas-Spie Batignolles
plate-forme marine et digue
Spada – Borie SAE
station d'épuration
OTV,
mandataire du
groupement/équipement,
Degremont (équipement),
Camponon Bernard,
Mistral travaux,
Senec (génie civil)

Coût de l'opération :

700 MF

Sur ce budget, 540 MF ont été affectés à la construction et à l'équipement de l'usine proprement dite.

Le creusement de la galerie (80 MF) et l'aménagement de la plate-forme (50 MF) sont les deux autres postes budgétaires importants.

>>> • **1** L'intérieur du bâtiment et ses grands volumes de béton destinés à accueillir la machinerie complexe du processus de traitement des eaux usées. • **2** Les arcs de béton de la façade affichent une texture étudiée pour se fondre dans la matière de l'environnement rocheux du cap Sicié.