

Zeitschrift:	Ingénieurs et architectes suisses
Band:	105 (1979)
Heft:	15
Artikel:	Traitements physico-chimiques dans l'épuration des eaux résiduaires urbaines
Autor:	Bernard, Jacques
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-73843

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

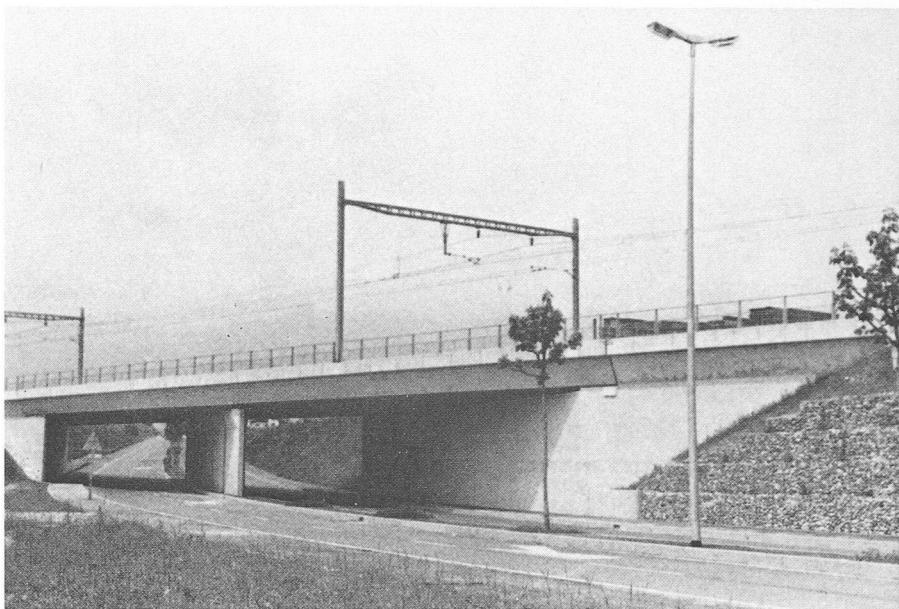
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

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

Pour terminer, on peut dire que la réalisation du pont CFF sur la route du Nant d'Avril s'est faite grâce à la collaboration étroite et efficace entre la section des ponts du Département des travaux publics du canton de Genève, aux sections des ponts, des voies et des lignes de contact du 1^{er} arrondissement des CFF, ainsi qu'avec l'entreprise de gros œuvre et ses principaux sous-traitants (précontrainte, appuis, barrières, étanchéité) et le bureau d'ingénieurs.

Fig. 9. — Ci-contre, l'ouvrage terminé (photo Précontrainte SA, Crissier).



Adresse de l'auteur :

François Légeret, ingénieur civil EPFL
c/o Bureau Zimmerman & Schutze
ingénieurs civils EPFZ/SIA
Avenue du Bois-de-la-Chapelle 15
1213 Onex (Genève)

Traitements physico-chimiques dans l'épuration des eaux résiduaires urbaines

par Jacques Bernard, Vevey

Depuis une quinzaine d'années, la mise en œuvre de traitements physico-chimiques dans l'épuration des eaux usées a fait l'objet d'un nombre considérable d'études et d'essais-pilotes ainsi que d'un certain nombre de réalisations. Cette mise en œuvre n'a pas toujours le même objectif et, de ce fait, les quiproquos sont nombreux sur l'intérêt de telles techniques.

Leur renouveau est lié aux premières études lancées aux U.S.A. sous le terme de « Advance Treatment », qui, au départ, avaient pour but de compléter l'épuration biologique et de s'attaquer ainsi à la pollution résiduelle correspondante. Il s'agit alors essentiellement d'éliminer ou de réduire les matières en suspension, les agents nutritifs (tels que le phosphore) et la pollution non biodégradable. Le but recherché est une meilleure protection du milieu récepteur et peut aller jusqu'au recyclage total de l'eau usée vers la consommation humaine. Les exemples ayant fait l'objet de la plus intense publicité sont ceux des installations du Lac Tahoe (USA) et de Windhoek (Afrique du Sud) qui ont maintenant plus de dix ans. A la suite de ce mouvement technologique, l'intérêt envers les procédés physico-chimiques s'est étendu, sur des bases plus ou moins rationnelles, à leur utilisation en combinaison ou en absence d'épuration biologique. A ce sujet, on notera que les possibilités des traitements directs de flocculation-décantation d'eaux résiduaires urbaines, sans épuration biologique, avaient déjà été abordées il y a trois quarts de siècle (Dr Calmette, 1905).

1. Modes d'utilisation des procédés physico-chimiques

Les procédés physico-chimiques disponibles sont extrêmement variés et comprennent essentiellement :

- la filtration ou le microtamisage ;
- la flocculation (suivie d'une phase de séparation) ;

- la décarbonisation et la recarbonisation ;
 - l'adsorption (essentiellement sur charbon actif) ;
 - la déminéralisation (par osmose inverse ou échange d'ions) ;
 - le stripping (pour dégazage et après ajustement éventuel de pH) ;
- auxquels on peut ajouter éventuellement les agents oxydants (chlore, ozone, etc.)

ou les rayonnements (ultra-violets, irradiations) à des fins de désinfection.

1 a) Traitements tertiaires :

Il s'agit de traitements physico-chimiques mis en œuvre après épuration biologique. Leur but est de réduire les matières en suspension (en particulier les colloïdales), phosphates, C.O.T.¹. L'élimination de l'azote est envisageable par stripping ou échange d'ions (mais avec des rendements partiels et/ou certaines difficultés d'exploitation). Dans le cas d'une réutilisation à des fins de production d'eau potable, la déminéralisation sera indispensable, si l'on ne dispose pas d'une autre source d'eau douce, pour ramener la salinité du mélange dans les limites acceptables.

1 b) Traitements combinés :

L'exemple le plus symptomatique est celui de la déphosphatation simultanée par laquelle l'ajout de réactifs dans la liqueur de boues activées permet la précipitation des phosphates et leur élimination dans les boues en excès. Cette méthode, très répandue en Suisse, s'est révélée être la méthode de déphosphatation la plus simple, mais elle peut s'avérer insuffisante pour des éliminations de phosphates très poussées (supérieures à environ 95 %). Dans ce cas, un véritable traitement tertiaire de déphosphatation est à mettre en jeu avec la flocculation associée à une séparation (filtration ou décantation).

Une autre application est celle prévoyant la mise en œuvre discontinue de la flocculation au stade de la décantation primaire d'une station d'épuration biologique. Elle a pour but, dans des stations à régime variable, d'écrêter les pointes de pollution avant épuration biologique, lors des périodes saisonnières de forte charge.

¹ Carbone organique total.

BASSIN TAMPON
DE SECOURS

DEGRILLAGE
AUTOMATIQUE

RELEVEMENT

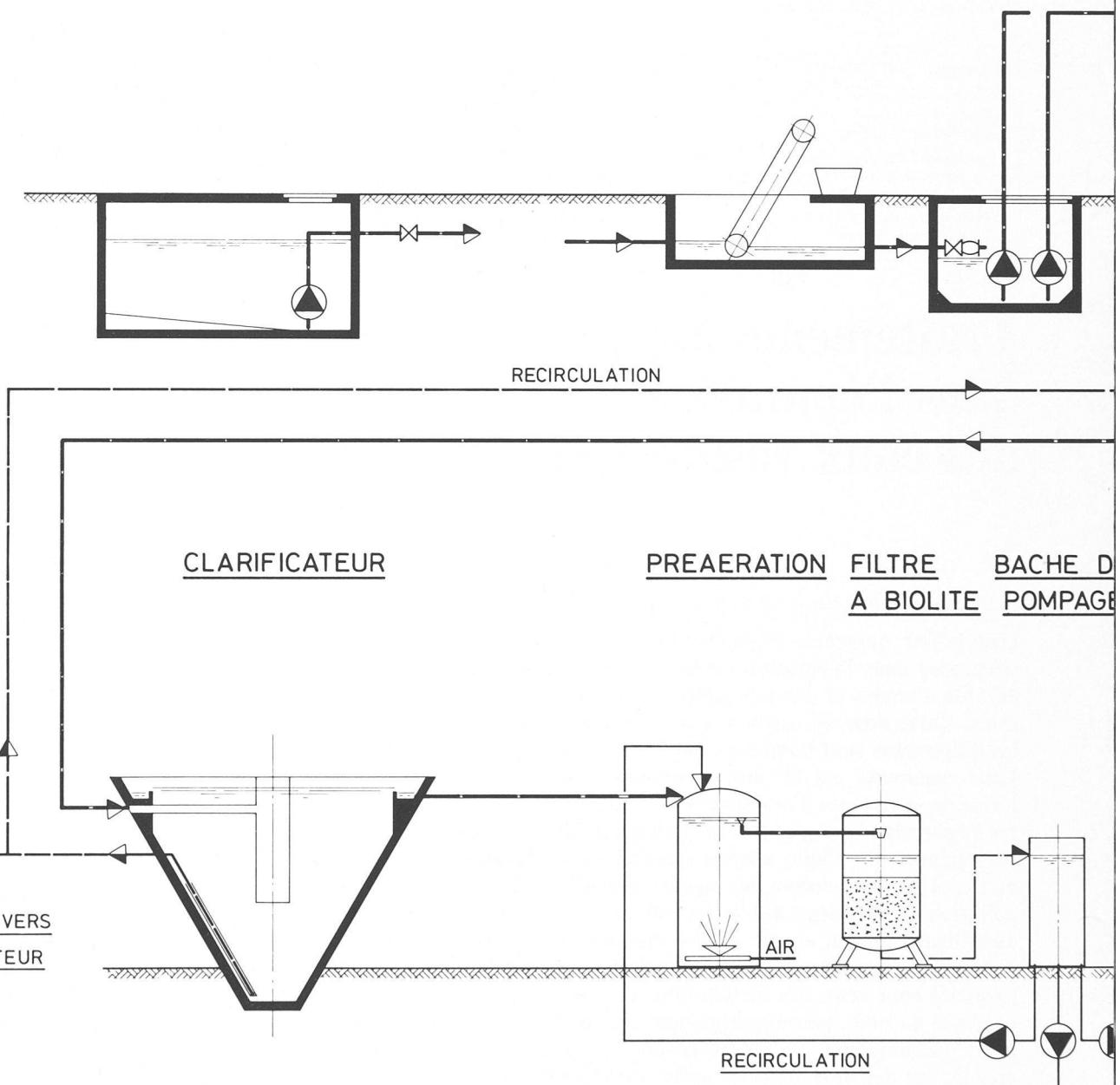
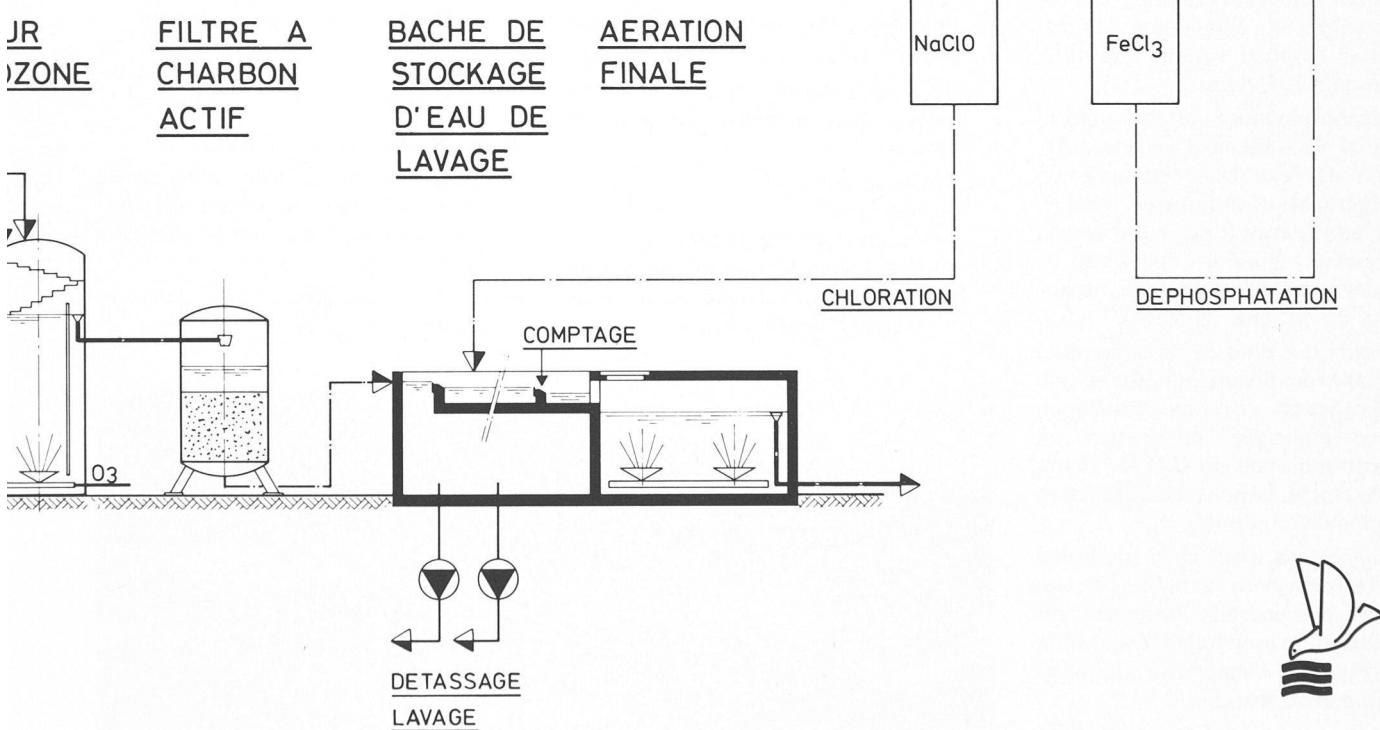
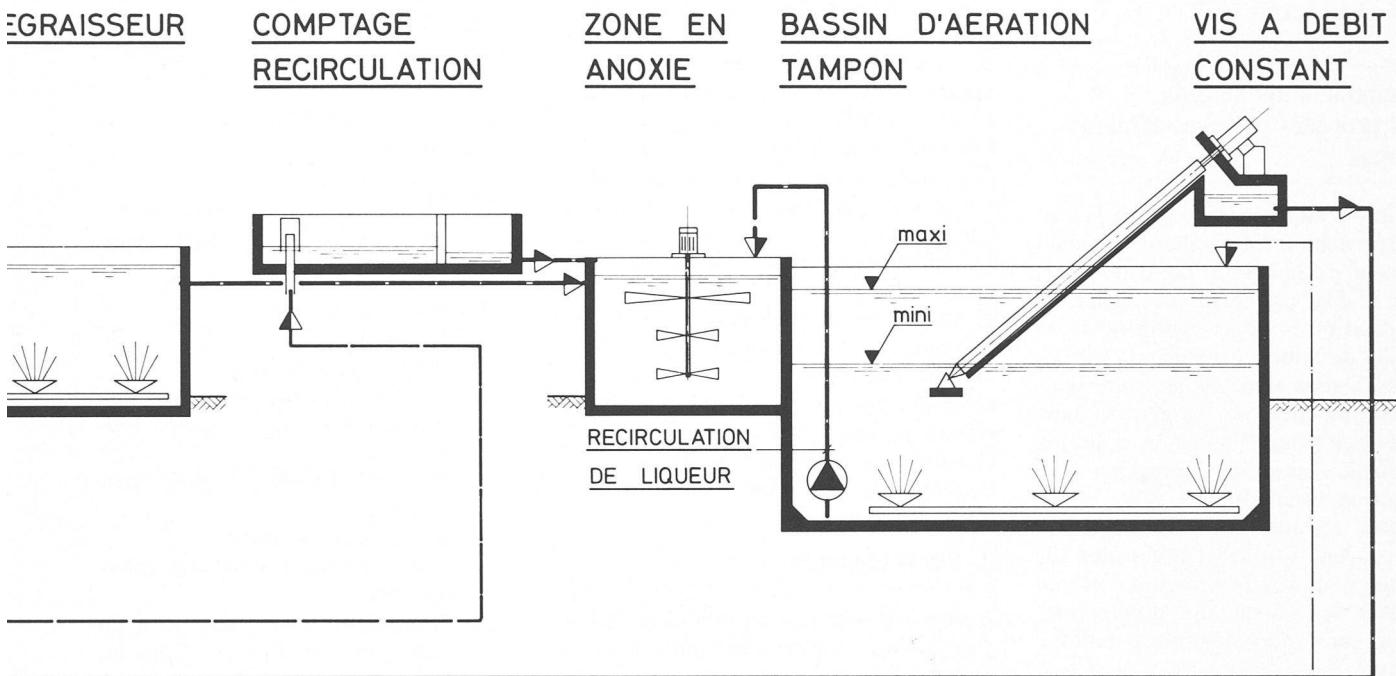


Fig. 3. — Station de Nice-Lingostière.



1 c) Traitements directs :

Après un prétraitement éliminant graisses, sables et corps volumineux, l'eau entre alors directement dans une chaîne plus ou moins étendue de traitements physico-chimiques.

2. Domaine d'application des procédés physico-chimiques directs

L'épuration biologique demeure la méthode permettant d'atteindre un haut rendement d'élimination de la pollution biodégradable (carbonée et azotée) à moindre coût et avec une production minimale de boues. En général, sur des eaux résiduaires urbaines, les traitements physico-chimiques ne paraissent intéressants que pour éliminer la pollution sur laquelle l'épuration biologique a un effet nul ou insuffisant.

Toutefois, certaines conditions particulières peuvent justifier l'application de traitements physico-chimiques, et en particulier de la flocculation-décantation, sur des eaux non dégradées biologiquement :

- Les conditions de rejet ne justifient pas ou permettent de tolérer provisoirement un abattement partiel de la pollution biodégradable et exigent essentiellement l'élimination des matières en suspension ainsi que de la pollution particulaire.
- La déphosphatation est un objectif essentiel du traitement et la concentration de l'eau brute en pollution biodégradable et en azote est relativement faible (tel est le cas, par exemple, de réseaux unitaires collectant de grandes quantités d'eaux de ruissellement ou de fonte de neige).

Il est à noter que dans de telles éventualités, l'étape de flocculation-décantation peut être suivie par une étape de filtration biologique immergée qui permet un abattement important du C.O.D.² (comme, par exemple, la nouvelle installation de la station de Lausanne).

— les charges en débit et en pollution sont extrêmement variables et des craintes peuvent être formulées sur les possibilités d'ouvrages d'épuration biologique à s'adapter à de telles conditions de marche.

Une mauvaise appréciation de ces difficultés potentielles est courante. Elle a souvent son origine dans un manque de compétence. L'adoption de charges massives nominales faibles, un fractionnement judicieux des ouvrages permettent d'adapter des stations d'épuration biologique à des variations de charge très élevées (comme le démontrent d'ailleurs de nombreuses stations d'épuration en service, en particulier dans le domaine agro-alimentaire).

Un tel problème peut exister, par exemple, dans certaines stations de sports d'hiver, de construction récente, où la population sédentaire entre-saison est très faible. La « mise en charge » d'une station d'épuration biologique peut alors présenter des difficultés, lors de la période de Noël où l'arrivée des touristes est extrêmement brutale ; pendant le reste de la saison hivernale, le problème est beaucoup plus simple.

A ce sujet, on notera que les températures froides ne sont favorables ni à l'activité bactérienne ni à la flocculation chimique. La difficulté est alors contournée, tout au moins en ce qui concerne l'élimination de la pollution carbonée, en adoptant, en épuration biologique, un dimensionnement d'ouvrages assez confortable et, en traitement physico-chimique, en prévoyant des doses de réactifs suffisamment élevées et des vitesses prudentes dans l'ouvrage de séparation.

3. Trois exemples

A titre d'illustration des différentes voies d'utilisation des traitements physico-chimiques, nous citerons trois types de stations d'épuration d'eaux résiduaires urbaines :

Station de la Ville de Cannes (fig. 1)

- Population hivernale 153 000 hab.
- Population estivale 225 000 hab.
- Rejet de l'effluent traité en mer au moyen d'un collecteur immergé de 1150 m.

Chaine de traitement :

- dégrillage,
- dessablage-dégraissage,
- décantation (avec possibilité de flocculation durant la saison touristique),
- épuration biologique avec nitrification,
- désinfection au chlore,
- bassin de marée (stockage intermittent),
- filtration sur sable d'une partie du débit pour production d'eau industrielle et d'arrosage.

- Epaississement des boues fraîches
- Déshydratation par filtres-presses
- Incinération des boues par four à lit fluidisé
- Qualité de l'effluent rejeté (valeurs moyennes) :

— DCO	200 mg/l
— MES	50 mg/l

Station de Saint-Palais — Ville de Royan (fig. 2)

- Population en haute saison 100 000 hab.
- Population hors saison 20 000 hab.
- Rejet en zone balnéaire.

Chaine de traitement :

- dégrillage,
- dessablage-dégraissage,
- décantation (avec possibilité de flocculation durant la saison touristique),
- épuration biologique avec nitrification,
- désinfection au chlore,
- bassin de marée (stockage intermittent),
- filtration sur sable d'une partie du débit pour production d'eau industrielle et d'arrosage.

Qualité de l'effluent épuré après traitement biologique :

— MES	8 mg/l
— DBO ₅	10 mg/l
— DCO	35 mg/l
— NT _K	5 mg/l
— N/NO ₃	12 mg/l

Station de Nice-Lingostière (fig. 3)

- Traitement de l'effluent d'un centre commercial par une station d'épuration possédant une chaîne complète de traitement tertiaire.
- Rejet de l'effluent traité dans un ancien thalweg sec.



Fig. 1. — Station de la ville de Cannes : vue d'ensemble. (Photo Degremont.)

² Carbone organique dissous.

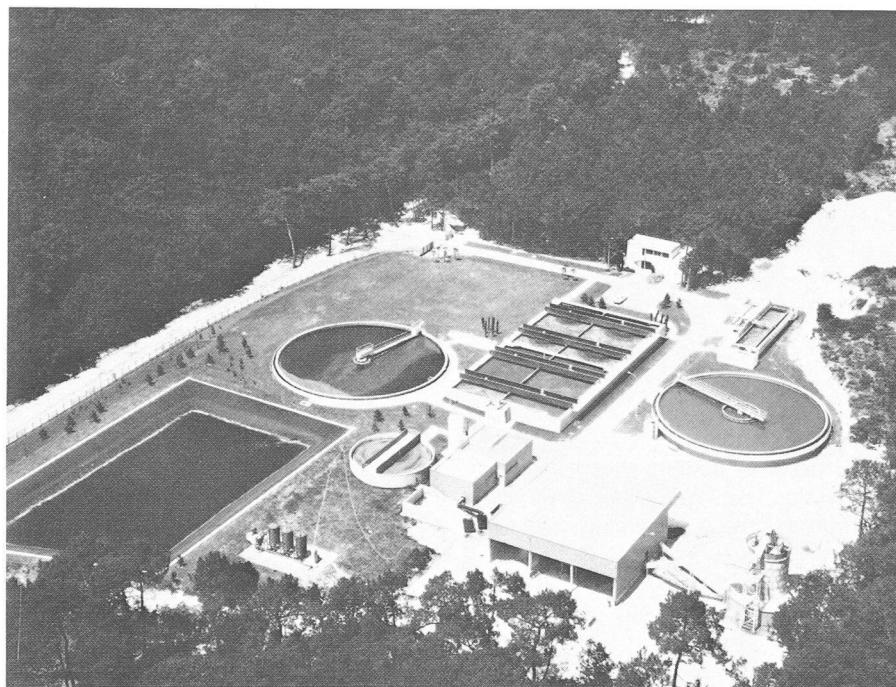


Fig. 2. — Station de Saint-Palais, ville de Royan : vue d'ensemble. (Photo Degrémont.)

Les caractéristiques moyennes des eaux brutes qui proviennent pour l'essentiel d'un atelier de découpe de viande, d'une cafétéria et des sanitaires, sont les suivantes :

— Débit	200 m ³ /j
— MES	150 mg/l
Valeurs extrêmes : 70,6 mg/l -	588 mg/l
— DBO ₅	650 mg/l
— DCO	1400 mg/l
Valeurs extrêmes : 406 mg/l -	2646 mg/l
— NTK	100 mg/l

— Chaîne de traitement :

L'expérience acquise depuis quelques années déjà, aussi bien par des études pilotes approfondies, que sur des

stations déjà existantes, a conduit à l'adoption du schéma de traitement donné en figure annexe et comprenant :

- dégrillage,
- dessablage-dégraissage,
- épuration biologique avec élimination partielle de l'azote,
- filtration sur *biolite*,
- ozonation,
- adsorption sur charbon actif en grains,
- chloration.

Le traitement secondaire comprend une boue activée fonctionnant en aération prolongée et précédée par une zone d'anoxie : une double recirculation de boues du clarificateur et de liquide mixte

permet de combiner ainsi nitrification et dénitrification. En outre, une injection de chlorure ferrique directement en aération permet de déphosphater.

Après clarification, l'eau est envoyée sur un filtre à biolite, précédé d'une aération intense. On réduit encore à ce stade la concentration en MES, ainsi que les concentrations en DCO et DBO₅ solubles.

Après la filtration, une première désinfection à l'ozone permet une réduction substantielle des micro-organismes pathogènes ainsi qu'une réduction très importante des phénols.

Une filtration sur charbon actif en grains permet de réduire la fraction de DCO non biodégradable ayant échappé aux traitements biologiques. Le charbon actif permet également l'élimination des détergents et des phénols restant après ozonation. Le charbon actif permet enfin d'obtenir une décoloration pratiquement totale de l'eau.

Le traitement se termine par une désinfection finale à l'eau de Javel et par une réaération avant rejet au milieu naturel. Les boues issues de ce traitement sont déshydratées sur une petite unité filtre presse après conditionnement à la chaux.

— Qualité de l'effluent épuré :

— MES	< 5 mg/l
— DCO	< 25 mg/l
— DBO ₅	< 5 mg/l
— NTK	< 3 mg/l
— colif./100 ml .	< 100 mg/l

Adresse de l'auteur :

Jacques Bernard, ing. en chef
Degrémont SA
av. Général-Guisan 26,
1800 Vevey

Industrie et technique

Automatisation de bancs d'essais par miniordinateurs

Les miniordinateurs des systèmes Siemens 300 associés au système de programmes utilisateurs Simat S permettent une automatisation économique des bancs d'essais, même dans le cas de tâches peu complexes et de configurations simples. Le point fort de cette automatisation réside dans la facilité de conduite du déroulement des essais. Au nombre des autres avantages figurent le raccourcissement de la durée des essais, l'édition rapide des résultats d'essais précis sous forme de procès-verbaux objectifs et une protection sûre de l'échantillon et du banc d'essais. L'instrumentation conventionnelle est des plus réduites. Après lecture d'une carte d'identification, le miniordinateur affecte un programme d'essai à l'échantillon. L'opérateur du banc d'essais peut intervenir à

tout moment dans le déroulement de l'essai. Il dispose de touches fonctionnelles pour le démarrage de l'essai, son interruption, sa reprise et son arrêt à l'état de charge momentané ou à tout état de charge préalablement fixé. Conformément au programme d'essai choisi, le miniordinateur délivre les consignes à destination de l'échantillon, telles que vitesse de rotation et couple dans le cas d'un moteur. Les capteurs sont scrutés cycliquement à une cadence fixée, normalement toutes les une à deux secondes, et les résultats affichés sur une console de visualisation graphique, accompagnés des numéros du banc d'essais, de l'échantillon, du programme d'essai et du palier de charge. En outre, tous les dépassements de seuils sont signalés sur l'écran par un signal clignotant. Après quittance par l'opérateur, le clignotement s'arrête dès que la valeur mesurée revient dans les tolérances.



Poste de commande d'un banc d'essais automatique de moteurs.

Le dépassement du seuil d'alarme provoque l'arrêt automatique du banc d'essais ou son délestage. A la fin de l'essai, le miniordinateur commande une imprimante qui édite un procès-verbal de réception et un listing d'erreurs. Ce dernier rend compte de toutes les interruptions qui ont marqué le déroulement de l'essai. Toutes les valeurs technologiques concernant le déroulement de l'essai (temps de réglage, temps de déroulement, valeurs de consigne et seuils) figurent dans

le programme d'essai du miniordinateur. Ces valeurs dépendent de l'échantillon et du genre d'essai. Elles peuvent être modifiées par l'opérateur pour être adaptées à de nouvelles conditions d'essai. A cet effet, les valeurs mémorisées dans l'ordinateur sont appelées et affichées sur l'écran, corrigées et retransférées dans le miniordinateur.

L'opérateur peut également choisir les points de mesure à retenir pour l'essai considéré.