

2300

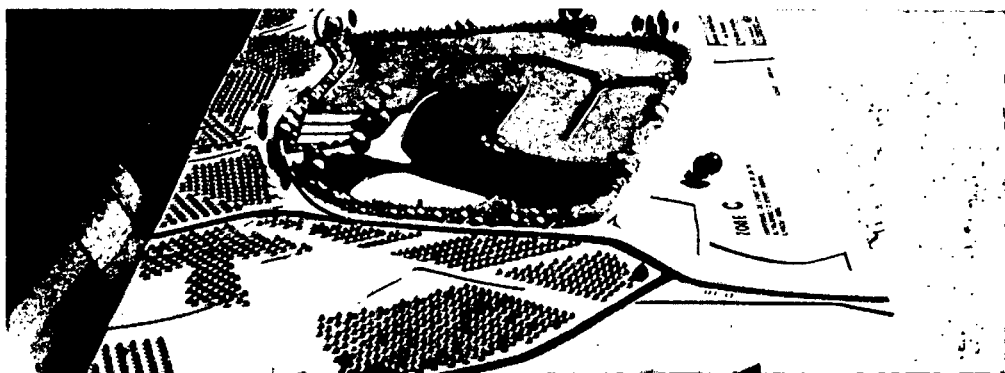
13626

# **LE LAGUNAGE NATUREL**

## **Résultats d'expériences récentes, recommandations pratiques de conception et méthodologie d'intégration**

par Philippe PIMPARE  
Ingénieur au BCEOM

*Lagunage de MEZE-FRANCE - 10 000 Equivalents/habitants – Maquette de projet au 1/1000*



La multiplication des bassins de lagunage en France depuis une dizaine d'années reflète l'intérêt nouveau pour cette technique d'épuration des eaux usées domestiques et industrielles.

Ce développement concrétise l'impulsion donnée par des bureaux d'études spécialisés et les Administrations de tutelle en faveur de ce procédé ; cette recommandation a d'ailleurs été donnée pour les petites collectivités locales à l'échelon le plus élevé puisque l'on peut lire, dans une publication récente de l'Agence financière de bassin Loire Bretagne et du Centre technique du Génie rural des Eaux et des Forêts, une préface signée de MM. les Ministres de l'Agriculture et de l'Environnement et du Cadre de Vie, précisant *«l'intérêt de concilier une technique fiable et une exploitation simplifiée, avec un coût acceptable pour les petites communes et une intégration harmonieuse dans les paysages ruraux»*.

Actuellement l'option «lagunage» dans tout projet de dépollution est souvent envisagée, du moins lorsque la nature géologique du sous-sol ou l'emprise foncière disponible ne constituent pas un empêchement majeur à la réalisation des bassins.

Le BCEOM s'est, pour sa part, intéressé depuis longtemps au lagunage, tant du point de vue des connaissances que des réalisations. Déjà en 1963, le numéro 25 du «Bulletin d'Informations» du Service de l'habitat et de l'urbanisme du BCEOM traitait des étangs de lagunage en région tropicale. Plus récemment, deux articles ont été publiés dans la revue «Informations et documents», (1er trimestre 1971 - 4ème trimestre 1978) faisant le point sur les connaissances actuelles et les applications spécifiques du lagunage.

De 1973 à 1975, le Ministère de la Qualité de la Vie et le Service régional d'Aménagement des Eaux ont confié au BCEOM des études sur l'efficacité et le dimensionnement du lagunage tertiaire en décontamination microbienne et virale. Ces expérimentations ont conduit à une connaissance précise des cinétiques d'élimination des germes pathogènes.

En matière de réalisations, le BCEOM a déjà contribué à la construction d'une vingtaine de bassins tant en France qu'à l'étranger - conception, projet d'exécution, contrôle de travaux - lui permettant d'acquérir une expérience pratique dans ce domaine. Au delà de la simple conception technique, le lagunage peut être bien souvent harmonieusement intégré dans le milieu environnant si, dans l'étude de projet, les caractéristiques spécifiques du site affecté à la fonction de lagunage ont été prises en compte et ont étroitement conditionné la forme des bassins et le traitement paysager des digues.

Le présent article présentera une méthodologie d'étude appliquée dans les projets les plus récents permettant de concilier technique et intégration. Auparavant, il sera donné une actualisation des connaissances sur la cinétique de dégradation à partir d'expérimentations en vraie grandeur sur des lagunes en fonctionnement. Une deuxième partie traitera des idées et recommandations pratiques en matière de réalisation résultant d'une quinzaine d'années d'expérience dans ce domaine.

Pour ce qui est du principe de fonctionnement et des performances à attendre en lagunage total et en tertiaire, nous renvoyons le lecteur aux articles précédemment parus dans cette revue.

## I.

### RESULTATS D'EXPERIENCES RECENTES ACTUALISATION DES NORMES DE DIMENSIONNEMENT

#### 1. Le lagunage total

Nous rappellerons que le lagunage total réalise l'épuration des eaux usées brutes (éventuellement prétraitées) en assurant la dégradation et la minéralisation de la charge organique d'une part, la destruction des germes pathogènes d'autre part. Précisons également que les équations de dimensionnement données ci-après sont exclusivement relatives à des bassins de type aérobie facultatif, c'est-à-dire fonctionnant avec des conditions d'oxygénation telles que l'aérobiose est la règle sauf au fond du premier bassin où la minéralisation ou la solubilisation des boues décantées s'effectuent par voie anaérobie.

#### *Réduction de la pollution organique*

Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses méthodes de dimensionnement ont

été proposées, rationnelles ou empiriques ; en lagunage total le critère de référence est la réduction de la  $DBO_5$  (demande biochimique d'oxygène en 5 jours). Les méthodes empiriques basées sur les résultats d'expérimentations locales donnent la charge admissible exprimée en kg de  $DBO_5$  par hectare de bassin et par jour. Si la charge maximale recommandée varie selon les pays et les régions, elle est aussi très variable selon les auteurs. Le tableau ci-après donné par GLOYNA, met en évidence ces divergences dans l'hypothèse d'une élimination de 80 à 90 % de la charge entrante:

Zone climatique	Charge superficielle Kg $DBO_5$
glaciale	10
froide	10 à 50
tempérée à semi-tropicale	50 à 150
tropicale	150 à 300

Les expérimentations menées en France sur des installations en fonctionnement donnent des valeurs de charges admissibles s'inscrivant dans les limites ci-dessus, c'est-à-dire :

- l'hiver : 20 à 50 kg/ha/j respectivement au Nord et au Sud du territoire.
- l'été : 50 à 90 kg/ha/j

Au Grau-du-Roi (Gard), une charge de 240 kg/j pendant les semaines de pointe n'a entraîné que des remontées de sédiments et quelques odeurs, mais sans baisse de rendements épuratoires.

Une autre méthode fréquemment utilisée pour le dimensionnement consiste à prendre en compte les temps de séjour nécessaires à la satisfaction de l'objectif de qualité fixé. Ce temps est de l'ordre de 60 à 90 jours pour un effluent brut et de 20 à 30 jours pour un effluent décanté.

Parmi les méthodes rationnelles de dimensionnement, nous présenterons celle qui définit l'évolution des coefficients de vitesse d'élimination des facteurs-tests de pollution. On admet en effet généralement que le modèle mathématique traduisant le mieux les processus biochimiques d'épuration naturelle des eaux est du type «exponentielle inverse»:

$$L = L_0 e^{-KT} \quad (1)$$

- $L_0$  DBO<sub>5</sub> de l'effluent en temps 0
- L DBO<sub>5</sub> de l'effluent en temps T
- K constante de vitesse de dégradation de la DBO<sub>5</sub>
- T temps de séjour en jours.

MARAIS a appliqué cette loi aux étangs de stabilisation avec les hypothèses suivantes : équilibre dynamique des bassins et mélange

instantané des eaux, ce qui permet d'écrire la relation précédente sous la forme :

$$L = \frac{L_0}{KT + 1} \quad (2)$$

La constante de vitesse K est étroitement liée aux conditions climatiques, elle est bien évidemment fonction aussi du facteur-test considéré (DCO - DBO<sub>5</sub>...). Parmi les facteurs climatiques, la température et l'ensoleillement constituent les paramètres essentiels : MARAIS lie K à la température par la relation

$$K = 1,2 \cdot 1,085^{t-35}$$

(t : température en degré Celsius).

Cette relation admet une limite pour une température supérieure ou égale à 35° C. Au-delà, la fonction algale essentielle dans un lagunage est inhibée. En fait les expérimentations réalisées dans le Sud de la France semblent montrer que la relation  $K = f(t)$  est plus complexe. Au Grau du Roi, en période estivale, on a pu en déduire une valeur optimale de  $K = 0,26$  (contre 0,35 donnée par la formule). Autrement dit, lors du dimensionnement et du moins pour des conditions climatiques de type tempéré, il paraît plus sécurisant de donner une limite supérieure à la constante de dégradation de la DBO<sub>5</sub> égale à 0,25.

En ce qui concerne les pays chauds, des expérimentations menées en Tunisie ont effectivement confirmé une baisse sensible d'efficacité sous de fortes températures et surtout une irrégularité des rendements. Si l'incidence des mauvaises conditions de transfert d'oxygène est évidente, on constate également une baisse de la productivité algale

se traduisant par une baisse de la production d'oxygène photosynthétique.

Les phénomènes évolutifs sont toutefois encore mal connus et d'autres expérimentations ont été programmées pour quantifier la valeur de la constante de vitesse pour de fortes températures avec ou sans recirculations des eaux épurées oxygénées en tête de l'installation.

Lors du cheminement de l'effluent dans les bassins, une partie de l'eau s'évapore, ce qui tend à augmenter le temps de séjour; on peut donc s'attendre à une amélioration du rendement théorique résultant de l'application de la relation (2). Si E est l'évaporation en m/jour et S la superficie des bassins en m<sup>2</sup>, la relation (2) s'écrit :

$$L = \frac{\left[ Q_0 - \frac{ES}{2} L_0 \right]}{KhS + Q_0 - \frac{ES}{2}} \quad (3)$$

$Q_0$  étant le débit entrant en m<sup>3</sup>/jour et h la profondeur moyenne des bassins en mètres.

### Réduction de la pollution bactérienne

Les processus de destruction des germes ont pu être exprimés par un modèle cinétique analogue au précédent :

$$\frac{N}{N_0} = e^{-K' T'} \quad (4)$$

$N_0$  et N sont les nombres les plus probables de bactéries-tests initiales et après le temps de séjour  $T'$ .

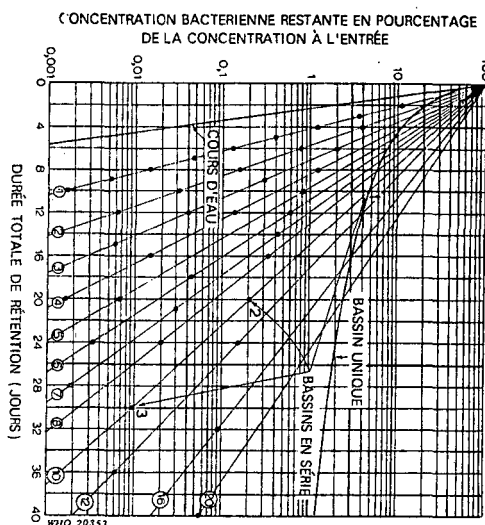
$K'$  est la constante de vitesse de dégradation.

MARAIS a appliqué la relation (4) avec les hypothèses habituelles de mélange instantané et d'équilibre dynamique :

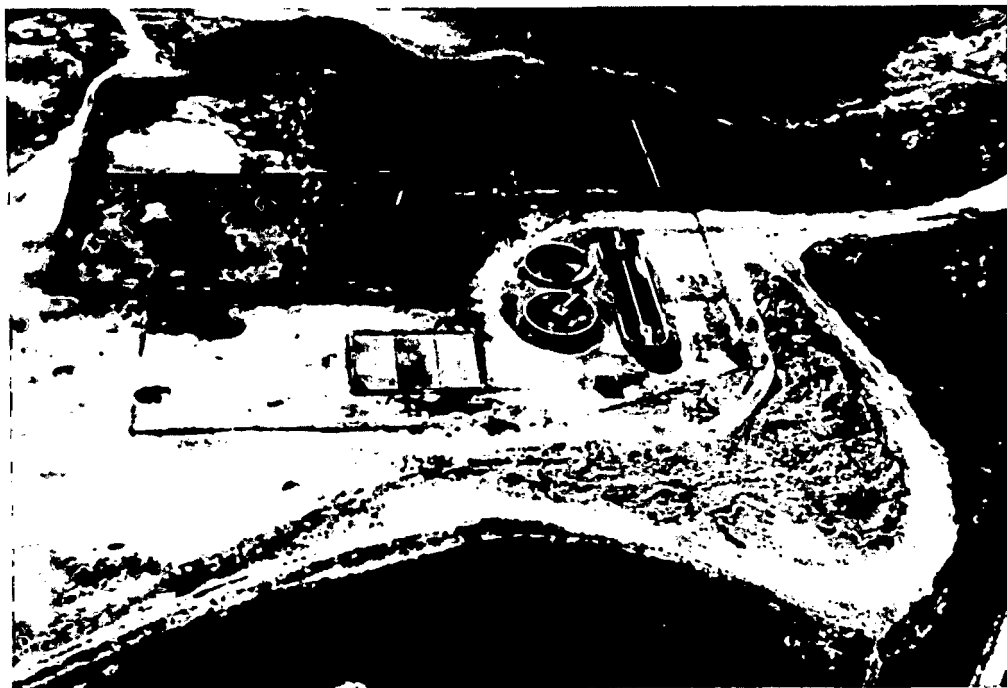
$$N = \frac{N_0}{(1 + KT_1)(1 + KT_2) \dots (1 + KT_n)} \quad (5)$$

n étant le nombre de bassins en série et  $T_1, T_2 \dots T_n$  les temps de séjour respectifs dans chaque bassin.

Les résultats expérimentaux donnent une valeur de  $K'$  égale à 2 pour les coliformes fécaux et 0,8 pour les Salmonella. Le graphique ci-après donne les concentrations théoriques de bactéries fécales dans un bassin unique, une série de bassins et une rivière avec  $K' = 2$



Extrait de «Bassin de stabilisation des eaux usées» par E.F. GLOYNA  
Ed. OMS - Genève 1972



## 2. Le lagunage tertiaire

Situé à l'aval d'une station d'épuration classique, le lagunage tertiaire est essentiellement destiné à l'épuration des eaux déjà débarrassées de leurs éléments décantables et organiques. Il n'en reste pas moins un excellent outil de polissage de la charge organique résiduelle et surtout un excellent palliatif en cas de défaillance de la station d'épuration conventionnelle.

### *Réduction de la pollution organique*

Divers résultats d'expériences disponibles sur des installations de lagunage tertiaire en

France ont permis à F. SAUZE, de donner des valeurs de constantes de dégradation organique applicables à l'ensemble d'une série de bassins :

$$0,06 < k < 0,18 \text{ pour la DBO}_5$$

En l'absence de données expérimentales suffisantes, ces valeurs sont purement indicatives.

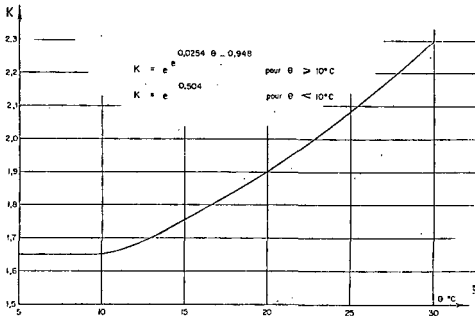
### *Réduction de la pollution bactérienne*

De 1973 à 1975, le BCEOM a réalisé, pour le compte du Ministère de la Qualité de la Vie, des études sur les performances du lagunage tertiaire sur des installations en fonctionnement dans le Sud de la France : Mar-

seillan Plage (Hérault) et Leucate Village (Aude). La première lagune, malgré un sous-dimensionnement manifeste, a permis de dresser l'esquisse d'un modèle expérimental de cinétique de dégradation des germes. Il a ainsi pu être montré que la disparition de la pollution dans le temps ne suivait pas en lagunage tertiaire la formule de Marais, mais était du type exponentielle inverse «atténuée».

$$\frac{N}{N_0} = e^{-k' T^{0,5}} \quad (6)$$

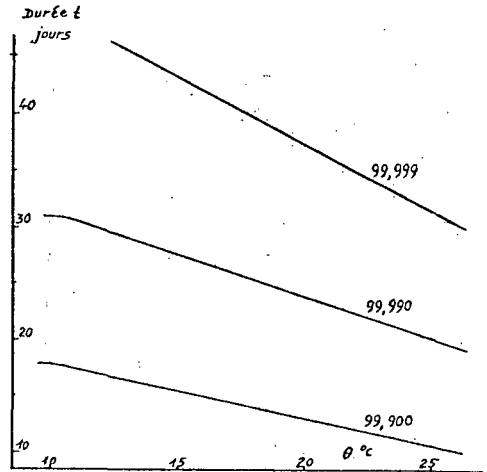
Les résultats expérimentaux sur la deuxième lagune ont confirmé cette relation et permis d'établir une loi de variation de la vitesse de dégradation avec la température.



*Lagunage tertiaire - Décontamination microbienne*  
Valeurs de  $k'$  en fonction de la température (d'après doc. SRAE L.R. BCEOM)

En matière de décontamination microbienne, on parle souvent d'abattement de la charge bactériologique en puissances de 10 (unités  $\log_{10}$  = UI). Sauf cas particuliers, on recherche le plus souvent une réduction

d'au moins 4 UI d'une concentration initiale généralement comprise entre  $10^7$  et  $10^9$  germes au litre, soit un rendement de 99,99 %. Le tableau ci-après, application de la relation (6) donne les temps de séjour en fonction de la température pour divers rendements d'épuration. On peut ainsi en déduire que pour une température de l'ordre de  $15^\circ\text{C}$ , un temps de séjour de 30 jours est nécessaire si l'on veut obtenir 4 UI de réduction, ce qui correspond à une emprise de bassins de 4  $\text{m}^2/\text{habitant}$  sur la base d'un rejet de 150  $\text{l}/\text{hab.}/\text{jour}$ .



*Lagunage tertiaire - Durée du séjour nécessaire en fonction du degré de décontamination en Esch. Coli et de la température de l'eau (d'après doc. SRAE L.R. BCEOM)*

### La décontamination virale en lagunage

La cinétique de la dégradation virale en lagunage est encore mal connue du fait même que les virus pathogènes sont rarement

présents dans des eaux usées et n'ont pas la possibilité de se développer dans le milieu naturel. Le BCEOM a récemment participé à des études sur la décontamination virale en lagunage tertiaire sur la lagune de Leucate Village ; des expérimentations similaires ont été effectuées en lagunage total.

Ne pouvant envisager l'inoculation de virus pathogènes, ni de virus vaccin, il a été utilisé des bactériophages, (particules d'acide nucléique à comportement probablement très voisin de celui des virus dans le milieu natu-

rel) dans la mesure où aucune souche bactérienne présente dans les bassins ne leur manifesterait de sensibilité. C'est le phage actif sur le Staphylocoque Twort qui a été utilisé et injecté en continu dans l'effluent admis dans les bassins. Les expérimentations ont mis en évidence l'action favorisante de la lumière sur les particules virales et un rendement d'élimination qui a atteint 100 % sur le phage Twort après 8 jours d'exposition à la lumière. D'autres expérimentations seront cependant nécessaires avec d'autres traceurs avant d'en déduire une loi de dégradation.

## II.

### RECOMMANDATIONS PRATIQUES EN MATIERE DE REALISATION ET D'EXPLOITATION

Il sera donné ci-après quelques idées ou recommandations quant à la conception et à l'exploitation des lagunes d'un point de vue essentiellement pratique à travers les résultats d'expériences ou de réalisations effectuées par le BCEOM au cours des dernières années.

#### 1. Conception des lagunes

##### *Les prétraitements*

Les prétraitements ne sont pas indispensables au bon fonctionnement des lagunes. Un dégrillage grossier est toutefois souhaitable en tête de l'installation pour éliminer les flot-

tants pouvant constituer une gêne esthétique. En ce qui concerne le dégraissage, l'épuration doit être pratiquée au niveau de chaque pollueur, avant admission dans le réseau. Toutefois, eu égard au risque de réduction des échanges air-eau par la présence d'un film de surface, il peut être prévu un dispositif de récupération des surnageants.

Dans tous les cas, les prétraitements doivent être simples et rustiques, fonctionnant sans énergie électrique et pouvant accepter des surcharges hydrauliques. On pourra profiter de ces dispositifs pour installer à l'aval un débit-mètre. Le dessin ci-après donne un exemple de principe de réalisation pour une commune de 10 000 habitants.





## Profondeurs d'eaux optimales

L'activité photosynthétique, essentielle dans un lagunage, s'exerce entre 0 et 1 m de profondeur avec un maximum dans les 30 centimètres supérieurs.

En fonctionnement de type aérobie facultatif, une profondeur de 1,50 m, qui correspond à la limite de pénétration de la lumière, est le maximum au-delà duquel les risques d'anaérobiose peuvent devenir sérieux. D'un autre point de vue, la profondeur ne doit pas être inférieure à 0,80 m si l'on veut éviter la pousse des végétaux supérieurs.

En France, la profondeur moyenne en lagunage total est de l'ordre de 1,10 m. Sous des climats plus chauds, on peut avoir intérêt à augmenter cette profondeur pour limiter les concentrations par évaporation.

Pratiquement en lagunage total, il est pratiqué une gradation des profondeurs : jusqu'à 1,50 m dans le premier bassin et 0,90 m à 1,00 m dans le dernier. En lagunage tertiaire, la profondeur optimale est de 1,00 m (rayonnement solaire essentiel).

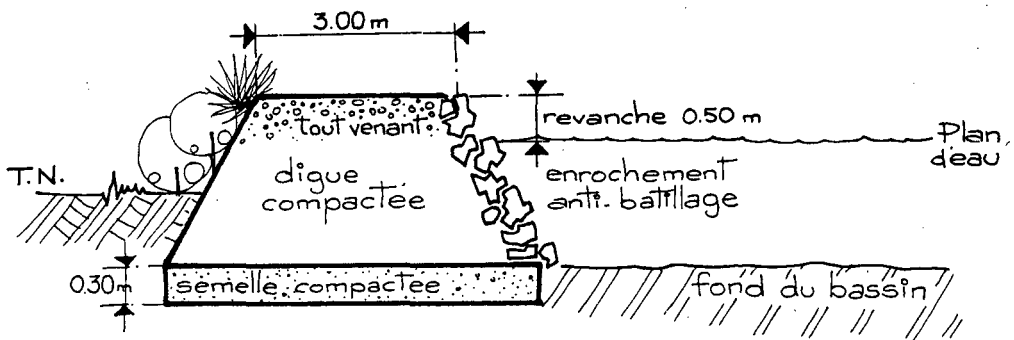
## Les digues

Les digues sont de deux types :

- digues de ceinture limitant chaque bassin,
- digues d'homogénéisation internes ou simples murettes en béton pour un cheminement hydraulique de l'effluent aussi parfait que possible.

Le choix du site doit permettre pour la réalisation des bassins une opération «déblais-remblais compensés». Sauf cas très particuliers de sites rocheux, les déblais extraits du fond des bassins servent à la réalisation des digues ; ces dernières reposent sur une semelle d'ancrage, le tout étant compacté par couches successives de 0,30 m d'épaisseur. Une étude géotechnique des matériaux permet de retenir un profil-type de digues et les conditions générales de chantier. L'étude hydrogéologique préalable est tout aussi importante pour préjuger la nécessité ou non d'une imperméabilisation artificielle, par couches d'argiles ou membranes, des talus internes des digues ou du fond.

L'expérience montre en effet que le colma-



lage naturel des bassins est très rapide dans le temps, mais cette solution d'attente peut ne pas être envisagée si la nappe phréatique sous-jacente est exploitée.

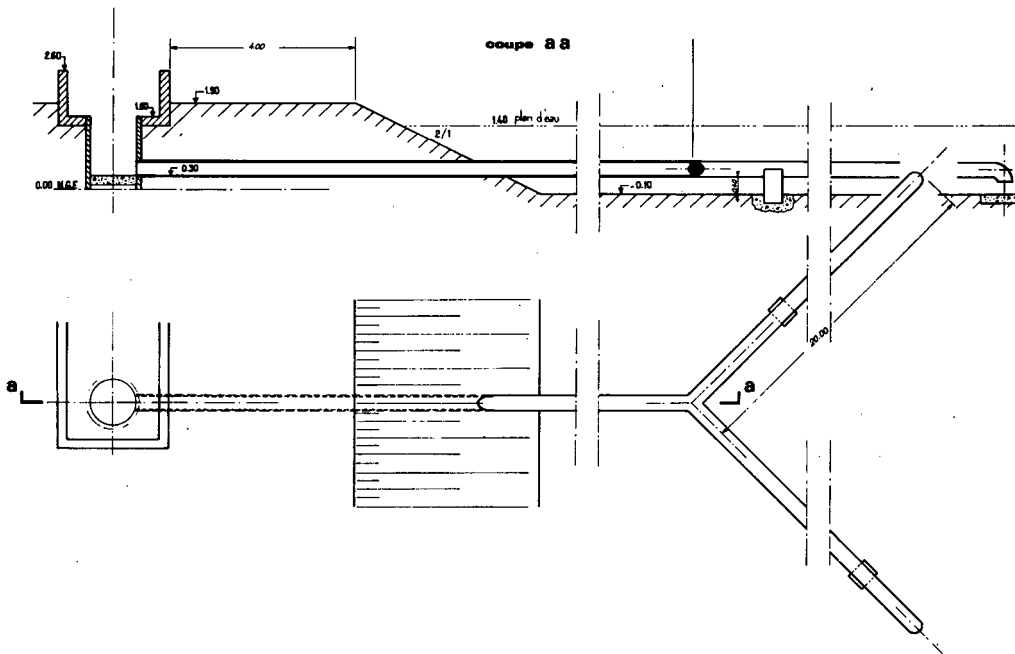
Les caractéristiques des digues sont généralement les suivantes :

- . pentes de talus 1/2 à 1/3,
- . largeur en crête 3 m pour permettre le compactage,
- . revanche 0,50 m,
- . enrochements à gros galets sur le talus interne,
- . tout-venant en crête pour la circulation,

- . plantations éventuelles sur le talus externe,
- . les angles de bassins sont arrondis pour éviter l'accumulation des dépôts flottants.

### *Admission des effluents dans le premier bassin*

L'efficacité du traitement suppose une homogénéisation du milieu le plus rapide possible. L'admission, qui doit toujours être noyée, est généralement effectuée par l'intermédiaire d'un regard de mise en charge débouchant sur un diffuseur placé dans le tiers amont du premier bassin.



*Ouvrage d'admission type*

## Ouvrages de communication et d'évacuation des eaux lagunées

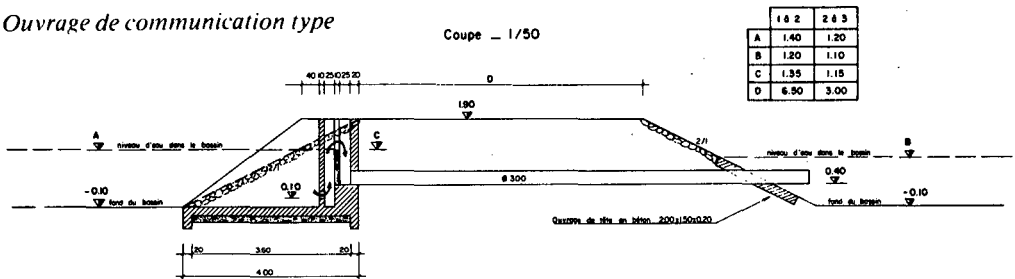
Ils sont conçus pour que les eaux du fond du bassin amont - les moins oxygénées - soient dirigées en surface du bassin suivant. On utilisera le plus souvent le système du double batardage qui présente en outre l'avantage de permettre un réglage de niveau des plans d'eau qui peut s'imposer en fonc-

tion des saisons ou de surcharges temporaires.

L'ouvrage d'évacuation est conçu selon les mêmes sujétions, mais en évacuant le tiers supérieur de l'eau tout en évitant l'écrémage des flottants éventuels.

Dans les pays froids, nous préconisons une liaison entre bassins par canalisations enterrées pour s'affranchir des risques de gel.

Ouvrage de communication type



## Vidange des bassins

La vidange des bassins pour un curage des boues du fond doit être prise en considération dans les projets. Toutefois, le problème des boues étant le plus souvent décennal, seules les grandes installations seront équipées de dispositifs de vannage, très rustiques, les risques de grippage étant fréquents ; pour les petites installations, il paraît suffisant d'envisager un pompage, cette opération restant somme toute exceptionnelle.

## 2. Exploitation des lagunes

Le lagunage naturel se caractérise par l'extrême simplicité de l'exploitation, qui fait

que la présence d'un personnel permanent ne se justifie que pour les très grosses installations. Des visites périodiques (hebdomadaires) sont cependant nécessaires, même pour des unités de quelques centaines d'équivalents-habitants, pour surveiller les équipements mécaniques (dégrillage, batardage, débit-mètre...) et assurer l'entretien des lagunes (élimination des flottants, entretien des digues). Très rarement peut se poser le problème du curage du premier bassin. Des reproches sont cependant souvent formulés à l'égard du lagunage quant à son exploitation ou son fonctionnement ; du suivi des installations existantes, nous pouvons assurer que ces reproches, si la conception du projet est satisfaisante, ne sont pas fondés.

### ***Le problème des flottants***

La présence fréquente de pompes de relèvement sur le réseau favorisera la dilacération des éléments contribuant à réduire la présence des matières flottantes dans les bassins. La présence d'un dégrillage permet également d'en limiter l'admission. Sous l'influence du vent, les flottants s'accumulent de toute manière dans un coin de la lagune où ils peuvent être facilement éliminés s'ils constituent une nuisance esthétique. En ce qui concerne les remontées des plaques de boues du fond, ceci correspond à un fonctionnement anormal, conséquence d'un sous-dimensionnement du bassin de tête ou d'une surcharge temporaire.

### ***Le problème des odeurs***

Sur toutes les stations correctement dimensionnées, il n'a jamais été constaté d'odeurs septiques ; seuls les bassins fonctionnant en anaérobiose émettent des odeurs.

### ***Le problème des moustiques***

La présence de moustiques est toujours associée à un mauvais entretien des bassins, par manque de contrôle de la végétation ou des flottants. Le tapis d'enrochement sur le talus interne joue à cet effet un rôle positif en gênant la végétalisation naturelle des talus. Le maintien d'une tranche d'eau supérieure à 0,80 m est également indispensable pour éviter la pousse de la végétation sur l'ensemble du fond. Au niveau de la zone de battillage, un faucardage périodique permet d'éviter la fixation des larves. Enfin, il peut

être utilisé un larvicide injecté dans l'effluent à l'aide d'un dispositif de goutte à goutte à l'entrée des bassins. Cette technique donne d'excellents résultats et permet de s'affranchir de toute nuisance culicidienne.

### ***Le problème des boues***

Contrairement aux autres dispositifs d'épuration par oxygénation, le lagunage produit peu de boues. Les mesures sur des installations en service mettent en évidence une hauteur de dépôts annuels de l'ordre de 1 cm. La périodicité du curage est en moyenne décennale pour le bassin de tête, 20 à 30 ans pour les suivants.

### ***L'empoisonnement des bassins***

Il n'est pas raisonnable, en l'état actuel des connaissances, de conseiller l'empoisonnement des bassins de lagunage pour parfaire l'épuration et éliminer les algues. Il est en tout cas impossible de préjuger du choix des espèces susceptibles d'atteindre ces objectifs ; le risque d'un effet inverse (proliférations algales consécutives à une redissolution d'éléments nutritifs) n'est pas exclu, tant que ne seront pas bien connues les conditions de développement, de régime alimentaire et de facteurs limitants (prédateurs). Nous déconseillons donc l'introduction de poissons, tels les Cyprinidés, même dans le dernier bassin.

L'élevage dans des bassins indépendants et alimentés en eau lagunée peut être par contre très intéressant et constituera le stade de recherche intermédiaire au choix d'une espèce éventuellement utilisable.

### ***Le problème du traitement primaire***

Il a parfois été conseillé de faire précéder le bassin de lagunage d'un dispositif de décantation primaire. La justification en était la suppression des odeurs et des remontées de boues. Il doit cependant être précisé qu'une décantation amont n'induit que des désavantages :

. forte croissance du coût d'amortissement

global ;

. énergie électrique souvent indispensable ;

. réduction des superficies de lagunage faible, la loi de dégradation étant du type exponentiel ;

. production de boues primaires nécessitant un traitement spécifique enlevant au lagunage son caractère rustique ;

. conduite de l'exploitation plus complexe nécessitant entre autre des interventions journalières.

### **III.**

## **INTEGRATION DU LAGUNAGE DANS LE MILIEU NATUREL**

Un concept géométrique trop rigide s'attache bien souvent à la réalisation de bassins de lagunage, résultant de la concordance de 3 critères :

. obtenir un linéaire de digues minimum ;

. occuper une emprise minimale, les disponibilités foncières étant le plus souvent limitées ;

. faciliter les opérations de terrassement.

En fait, une grande liberté est laissée au concepteur dans la disposition et l'établissement des formes des bassins ; la seule contrainte technique à respecter est la circulation des eaux selon le principe du chenal ouvert.

Depuis plusieurs années, le BCEOM essaie, dans la conception de ses projets, d'intégrer le lagunage dans son environnement par une démarche réflexive sur le milieu existant et sur l'impact du projet sur ce milieu. Cette réflexion s'exerce à la fois sur le choix du site, puis sur la localisation du lagunage dans le site choisi. Elle débou-

che sur des propositions de traitements visant à limiter les effets d'une artificialisation des plans d'eau ou, mieux, utilisant les potentialités de mise en valeur d'un paysage qu'offre la présence d'un plan d'eau.

### **1. Choix du site de lagunage**

La recherche du site qui paraît le mieux adapté à une fonction de lagunage constitue la phase préliminaire de l'étude. Bien souvent d'ailleurs, l'importance de l'emprise nécessaire limite les possibilités de choix. Il s'agit enfin soit de zones agricoles délaissées, soit de zones naturelles. Pour les premières le lagunage apporte un intérêt nouveau, pour les secondes, la conservation de l'aspect naturel, sinon l'embellissement du lieu doivent être le souci constant du concepteur. De toute manière, il faut bien préciser que le lagunage ne fixe pas définitivement le devenir du site. Si au bout de quelques décennies,

des impératifs quelconques conduisent à envisager son déplacement, la zone libérée est réutilisable. Dans toutes les zones naturelles de marais ou du littoral, le lagunage peut

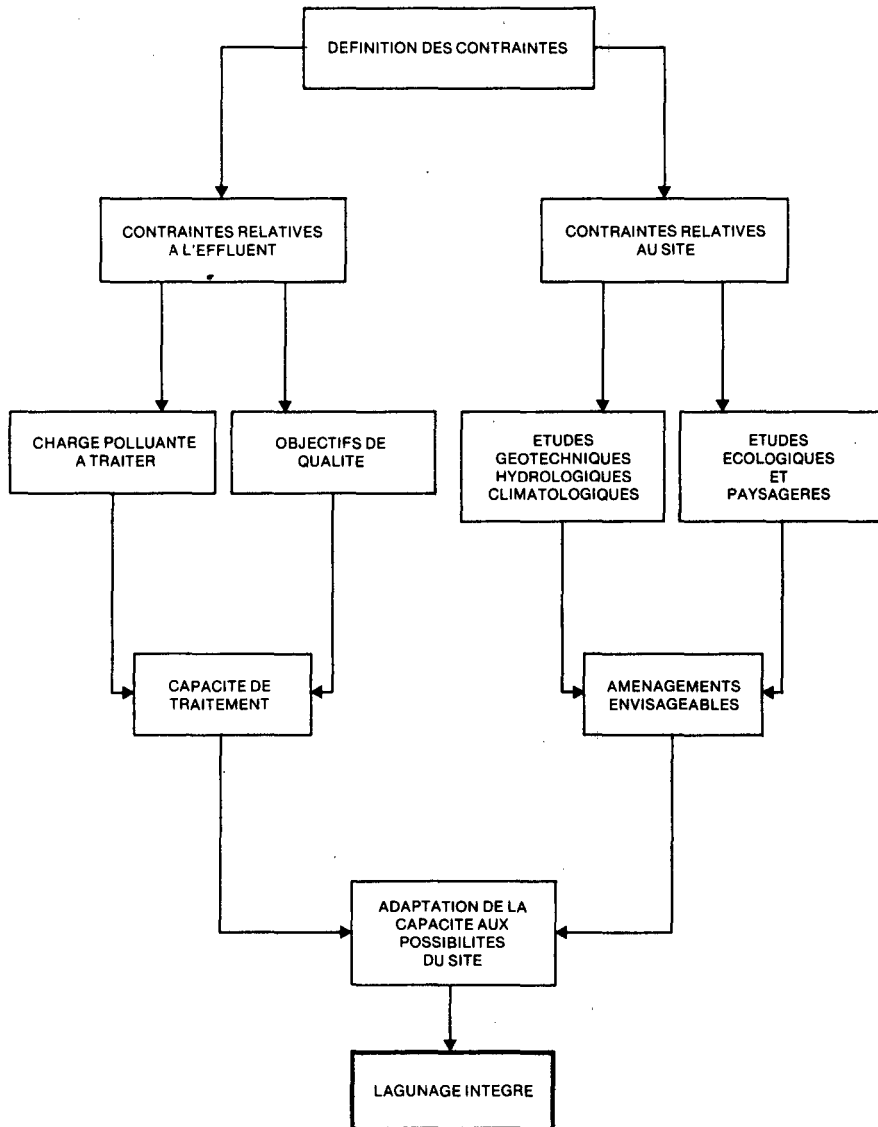
fortement contribuer à préserver ces milieux de l'urbanisation ou de l'industrialisation excessive en leur attribuant une fonction supplémentaire.



*Un concept géométrique trop rigide s'attache bien souvent à la réalisation de bassins de lagunage*

## METHODOLOGIE POUR ETUDE DE LAGUNAGE

La méthodologie généralement employée correspond au processus suivant :





Le choix du site résulte d'une analyse multicritère simple dans laquelle sont pris en compte et analysés divers éléments tels que :

- la topographie ;
- les caractéristiques géologiques et géotechniques du sous-sol, essentielles pour juger de l'aptitude aux terrassements, de l'imperméabilité naturelle des terres ...
- les éléments d'occupation du sol et notamment le bâti en situation actuelle et à moyen terme ;

- l'analyse paysagère de l'état actuel destinée à garantir la préservation du paysage. Cette analyse est établie sur la base du degré d'intérêt (élevé ou faible) et le mode des perceptions (vue à courte ou longue portée - effet de découverte avec champ de perception à protéger). Dans le cas du lagunage cette analyse est essentielle pour la conception de l'aménagement. Elle conduit à mettre en évidence certains champs de perception privilégiés pour lesquels on pourrait constater :

. soit une artificialisation trop perçue du paysage naturel, conséquence de la création des plans d'eau et surtout du linéaire des digues,

. soit une « intrusion » intéressante, peut être agréable, de ces étangs.

Selon le cas, la démarche d'intégration sera différente ; dans le premier cas, on s'efforcera de sauvegarder les vues et de préserver la spécificité du lieu en jouant sur l'alternance plans d'eau - végétation ; dans le second, on affirmera autant que faire se peut le caractère « aquatique » agréablement perçu. Ces quelques remarques montrent l'intérêt de l'analyse paysagère, car bien souvent en

matière de lagunage, les modifications sur l'environnement touchent essentiellement au paysage.

- les éléments du milieu : flore, faune, cultures sur le site et aux alentours ;
- les vents dominants en tant qu'agents d'oxygénation et d'homogénéisation ;
- les risques de submersion et les contraintes hydrauliques en général ;
- les conditions d'aménagement : arrivée et rejet des effluents.

## 2. Localisation des bassins dans le site

Sur le site choisi ou obligé, une deuxième étape de réflexion conduisant à l'élaboration d'une implantation intégrée, permet de localiser les bassins. La démarche consiste à confronter les données du milieu (déjà énoncées précédemment, mais en travaillant à une échelle plus fine) avec les contraintes techniques (surface et nombre de bassins - voirie - locaux ...). Parmi les éléments pris en compte, l'analyse paysagère est fondamentale ; d'autres facteurs interviennent également ; ils sont spécifiques de chaque projet. Outre ceux déjà énoncés plus haut, ce pourrait être des périmètres de site protégé, des proximités d'habitations ou de voies de communication conduisant à en éloigner le plus possible le bassin primaire ...

Cette phase analytique permet de définir les zones de moindre impact relativement à la mise en œuvre du lagunage de même que la disposition et la forme des bassins. Dans le cas où le lagunage est proposé dans une zone naturelle et sans stricte limite

d'emprise, l'agrégation des critères considérés - en leur attribuant une hiérarchie relative entre eux et pour chacun individuellement une notation - permet de dresser une carte des sensibilités sous forme de zonage (forte - modérée - faible) permettant de choisir le secteur où l'aménagement n'entraînera qu'une atteinte limitée ou nulle.

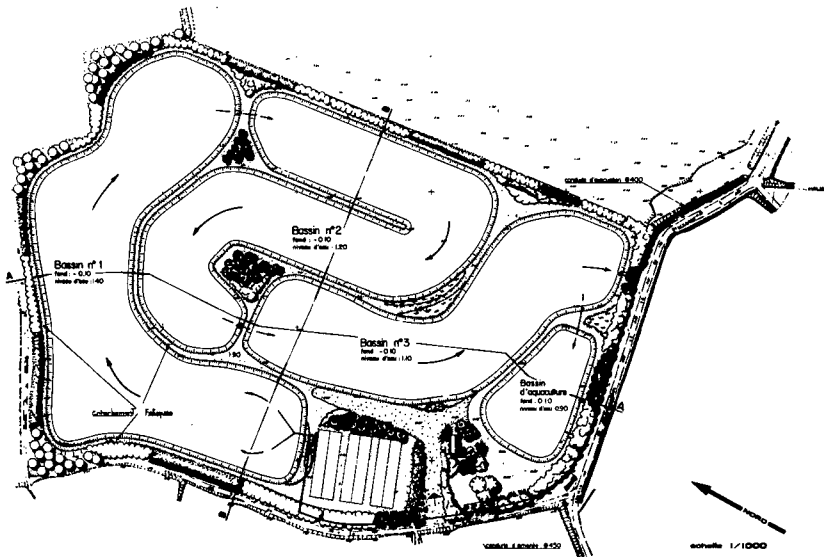
### 3. Propositions de traitement d'intégration

La forme et la disposition des bassins étant définies, l'étape finale conduit à établir des propositions de traitement, qui touchent essentiellement la végétalisation des digues, ainsi que les abords et les locaux techniques éventuels. Le choix des plantations vise à sélectionner des essences locales pour éviter

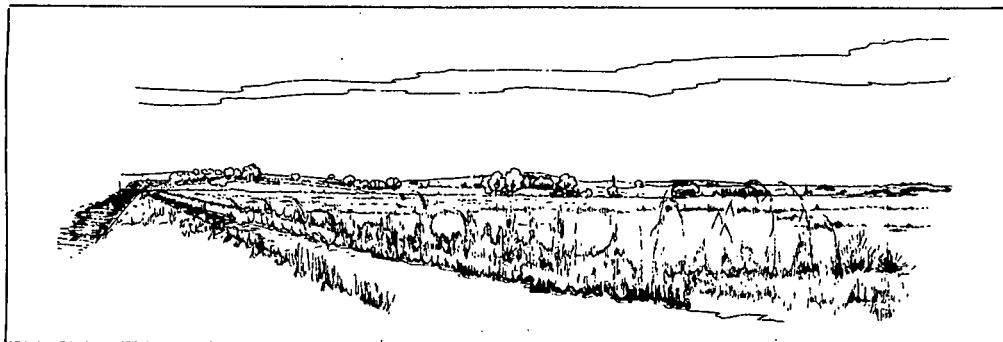
l'effet d'intrusion ; la mise en place d'arbres de haute taille (ombre) et à feuilles caduques est à éviter à proximité immédiate des bassins.

L'ensemble de ces recommandations et propositions est généralement visualisé par un plan de masse paysager des aménagements et plantations. Il est accompagné d'une série de croquis montrant le site dans son état initial, à l'issue de la réalisation des terrassements, et dans la phase terminale après traitement paysager. Pour les installations importantes, une maquette du projet, permettant aux responsables de l'assainissement d'appréhender les dispositions projetées, peut être proposée.

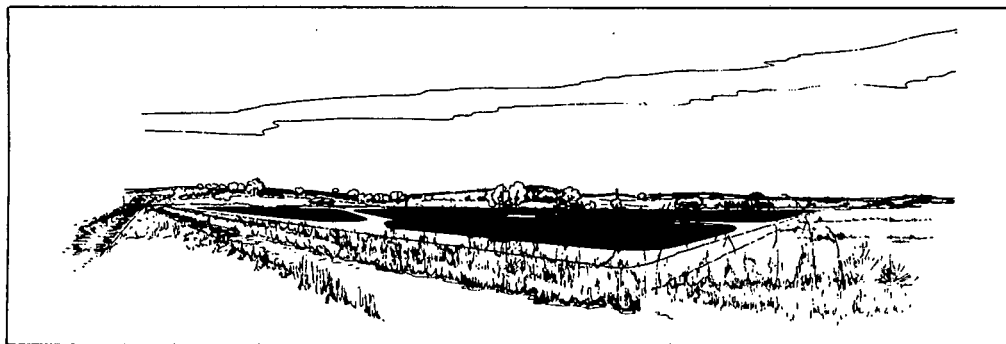
Les documents ci-après donnent un exemple d'étude récente du BCEOM appliquée à une commune du Sud de la France de 10 000 équivalents-habitants.



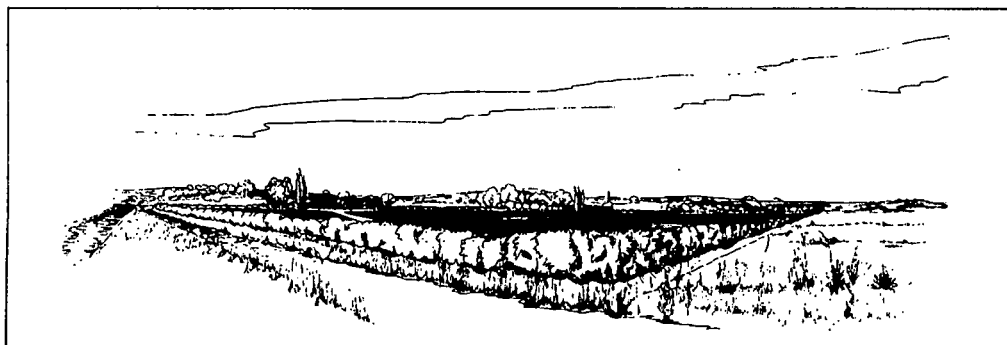
Exemple de proposition de lagunage intégré pour 3 bassins



*Etat initial*



*Fin de terrassements*



*Lagunage intégré*

## CONCLUSIONS

Le récent regain d'intérêt du lagunage en tant que technique d'épuration a suscité de nombreuses expérimentations visant à quantifier les phénomènes de dégradation et à définir des modèles de cinétiques de réduction des charges. Ces derniers permettent le dimensionnement des installations fonctionnant sous diverses conditions climatiques à partir d'un élément facilement connu : la température. Le BCEOM a pour sa part contribué à ces expérimentations en proposant un modèle relatif à un lagunage tertiaire.

Mais au-delà de sa contribution à la maîtrise technique du procédé, le BCEOM a introduit une évolution enlevant l'exclusivité aux nécessités fonctionnelles, techniques et économiques et conférant aux préoccupations d'environnement une dimension toute nouvelle dans ce type de projet, conduisant à une deuxième «génération» d'étangs dits de

lagunage intégré au site.

Elles s'expriment sous la forme d'une analyse multicritères spécifiques à chaque projet, mais parmi lesquels les données de paysage sont essentielles. Il importe à ce sujet de bien distinguer un lagunage «intégré» d'un lagunage «végétalisé» que l'on voit souvent proposer et qui ne consiste qu'en un habillage végétatif d'un projet strictement établi sur des bases technico-économiques. La végétalisation seule des digues ne peut empêcher l'effet d'intrusion et d'artificialisation de plans d'eau continus, si l'on crée par exemple des structures rectilignes dans un site à relief ondulant et au parcellaire non géométrique. Le lagunage intégré par contre, en combinant des propositions de forme et de disposition des bassins avec des programmes de végétalisation, peut maintenir la spécificité du site tout en lui attribuant une fonction nouvelle.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### **Association française pour l'étude des eaux**

- Le lagunage - étude de synthèse 1976

### **Agence de Bassin Adour-Garonne**

- Le lagunage naturel - un procédé d'épuration adapté aux petites collectivités.

### **Agence de Bassin Loire-Bretagne**

- CTGREF - Aix-en-Provence : Lagunage naturel et lagunage aéré. Procédé d'épuration des petites collectivités - juin 1979.

### **BCEOM**

- Etangs et bassins d'épuration d'eaux usées en région tropicale (Bulletin d'Information du Service de l'Habitat et de l'Urbanisme n° 25) - 1963.
- Les étangs de stabilisation (Informations et Documents n° 1 - 1971).
- Applications et limites des étangs de stabilisation. (Informations et Documents n° 31 - 1978).

### **BCEOM - Institut BOUISSON-BERTRAND**

- Etude de la décontamination virale en lagunage - 1977 - Ministère de l'Agriculture.

### **BCEOM**

- Etude des conditions de fonctionnement des étangs de stabilisation du Grau-du-Roi - 1970.

Direction Départementale de l'Équipement du Gard.

- Etude des conditions de fonctionnement de l'étang de Marseillan Plage 1974.

Ministère de la Qualité de la Vie.

Ministère de l'Agriculture.

- Etude des conditions de fonctionnement d'étangs de stabilisation - Etang tertiaire de Leucate-Village - 1976.

Ministère de la Qualité de la Vie.

Ministère de l'Agriculture.

**Ernest F. GLOYNA**

- Bassins de stabilisation des eaux usées - OMS - 1972.

**R. RINGUELET**

- Le lagunage - Résultats d'expérimentations menées dans le Languedoc.

Le Moniteur des Travaux Publics - août 1977.

**F. SAUZE**

- Regard sur une technique qui se développe :

Le lagunage des eaux résiduaires.

Techniques et Sciences municipales - juillet 1973.

- Etude du pouvoir épurateur dans les étangs de stabilisation d'eaux usées.

CEBEDEAU - mai 1973.

- Données d'expériences récentes sur le lagunage des effluents domestiques.

La Technique de l'Eau - septembre 1976.

## SUMMARY

### *natural lagooning*

*findings of recent experiments  
practical recommendations on design  
methodology for integration*

*This article was announced in our No. 31, in the course of presenting the work of D. HOFF entitled «Uses and Limitations of Stabilization Ponds». It is mostly an account of the experience and knowledge acquired by BCEOM through its participation in the construction of about twenty such ponds in France and abroad.*

*The article consists of three chapters :*

#### ***I. Findings of recent experiments. Updating of sizing norms***

*On the subject of total lagooning, the author recalls various methods of sizing lagoons in relation to reducing organic pollution, on the one hand, and bacterial pollution on the other hand. He provides certain additional data derived from BCEOM's experience.*

*He then reviews in greater detail the reduction of bacterial and viral pollution in the case of tertiary lagooning in which waters have already been cleared of settleable and organic elements.*

#### ***II. Practical recommendations on construction and operation***

*In the field of lagoon engineering, the author studies successively : pre-treatments, the shape and number of ponds, water depth, dikes, intake, communication and water discharge structures, and pond drainage.*

*With respect to the operation of lagoons, he discusses the problems of suspended matter, odors, mosquitoes, sludges, and fish stocking. He advises against the use of a presettling system in this type of pond.*

### **III. Integration of lagooning into the natural environment**

*The author strongly emphasizes the need to give careful thought to this question, with successive respect to :*

- . site selection,*
- . pond location within the site,*
- . integration processes.*

*Sketches are provided of an example of a recent study by BCEOM, showing the appropriate blending of the facilities into the landscape.*

*In conclusion, the author emphasizes once more the importance of this aspect of the problem, which goes beyond the dressing up with greenery of a project developed on technical and economic bases.*

## **RESUMEN**

### **la estancación natural**

**resultados de experimentos recientes,  
recomendaciones prácticas para su diseño  
y metodología para su integración**

*El presente artículo es el que fue anunciado en el boletín n° 31, en el marco de la presentación de los trabajos llevados a cabo por el Ingeniero D. HOFF, bajo el título «aplicaciones y límites de los estanques de estabilización». Hace mención principalmente de la experiencia y de los conocimientos adquiridos por el BCEOM, con motivo de su participación en la construcción de unos veinte estanques, tanto en Francia, como en el extranjero.*

*Consta de tres capítulos :*

#### **I - Los resultados de experimentos recientes - Actualización de las normas de dimensionamiento**

*En lo que se refiere a la estancación total, el autor recuerda algunos métodos de dimensionamiento de los estanques, en función de*



*la reducción de la contaminación orgánica por una parte, de la contaminación bacteriana por otra. Les aplica ciertos complementos, derivados de la experiencia del BCEOM.*

*Luego, estudia más detenidamente la reducción de la contaminación bacteriana exviral en el caso de la estancación terciaria, es decir cuando se ha separado el agua de sus elementos decantables y orgánicos.*

## **II - Recomendaciones prácticas para el diseño y la operación de los estanques**

*En cuanto al diseño de los estanques, el autor estudia sucesivamente los tratamientos previos, la forma y el número de estanques, la profundidad del agua, los diques, las obras de toma, así como el desagüe de los estanques.*

*En cuanto a la operación de los estanques, examina los problemas planteados por las materias flotantes, los olores, los mosquitos, los lodos, y la población con peces. Para los estanques de esta clase, desaconseja el uso de un sistema de estancación primaria.*

## **III - La integración de los estanques al medio ambiente natural**

*El autor enfatiza la necesidad de analizar en detalle los aspectos siguientes :*

- . la elección del sitio*
- . la ubicación de los estanques dentro del sitio escogido*
- . los métodos de tratamiento de la integración.*

*Se dan algunos dibujos que ilustran un estudio reciente llevado a cabo por el BCEOM y en el cual se ha conseguido una integración satisfactoria de los estanques.*

*El autor concluye insistiendo una vez más en la importancia de ese aspecto que no debe circumscribirse en prever una «cobertura vegetal» para un proyecto establecido en base a criterios técnico económicos únicamente.*

## **nouvelles du BCEOM**

### **QUELQUES CONTRATS RECEMMENT SIGNES**

#### **ROUTES ET PISTES**

##### **Programme d'entretien et d'amélioration des pistes rurales en Côte d'Ivoire**

L'exécution de ce programme a fait l'objet de deux contrats passés, avec le Ministère ivoirien des Travaux publics, par le BCEOM en association avec Louis BERGER International.

Le premier contrat est sous la forme d'une **convention-cadre** couvrant les années 1978 et 1981.

Le second contrat est un **contrat d'application** valable pour les années 1978 et 1979.

Financement Banque mondiale et Côte d'Ivoire.

##### **Identification de pistes agricoles en Tunisie**

Il s'agit d'une convention passée avec le Ministère de l'Équipement tunisien et portant sur 2600 km de pistes réparties sur l'ensemble du territoire tunisien.

Le BCEOM, chef de file est associé à la SCET International, et à cinq bureaux tunisiens dont STUDI et la SCET Tunisie, cette dernière étant le chef de file local.

Le financement de cette étude est assuré principalement par la Banque mondiale.

### **Surveillance de travaux d'amélioration de routes au Burundi**

Une lettre de commande du Ministère des Travaux publics, de l'Équipement et du Logement, donne son accord sur la proposition conjointe Louis Berger SARL - BCEOM faite en janvier 1979 pour des études et la surveillance des travaux d'amélioration du réseau routier national (161 km environ).

Ce projet comporte une part importante de formation de personnel de l'Administration.

Le financement est assuré principalement par la Banque mondiale (IDA).

### **Routes rurales et provinciales en Corée**

Un contrat a été conclu avec le Ministère coréen de l'Intérieur (MOHA) relatif à :

- une étude d'entretien des routes provinciales et rurales,
- une étude de programmation des aménagements de 2 000 km de routes rurales.

Le BCEOM est associé au bureau coréen Saman Engineering Consultants Corporation.

Le financement est assuré principalement par la Banque mondiale.

## **CHEMIN DE FER**

### **Factibilité du chemin de fer de Parakou à Niamey (Bénin-Niger)**

Il s'agit du prolongement jusqu'à Niamey, via Dosso, du chemin de fer Cotonou-Parakou, de l'Organisation Commune Bénin-Niger (OCBN).

Le BCEOM responsable de l'étude est associé à la Société SOFRERAIL pour la partie «superstructure ferroviaire» et à la SEDES pour la partie «économique et financière».

Cette étude est financée par le Fonds d'aide et de coopération.

## **PORTS**

### **Développement des installations portuaires à Cap Haïtien (Haïti)**

Un contrat a été signé entre :

- l'Autorité portuaire nationale, la Banque nationale d'Haïti, le Secrétaire d'Etat des Finances et des Affaires économiques du Gouvernement Haïtien d'une part,
- le BCEOM, le Port autonome de Rouen et Haïti Consult d'autre part.

Il a pour objet d'établir un planning pour le développement par étapes des installations portuaires à Cap Haïtien pour la période 1980-1985, coordonné avec le développement urbain proposé de la ville, et de déterminer les factibilités techniques et économiques des améliorations portuaires à exécuter d'ici 1983.

Financement Banque mondiale.

## **VRD - ASSAINISSEMENT**

### **Etudes dans le cadre du complexe scientifique de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)**

Une nouvelle commande a été passée au BCEOM par le Cabinet Henri POTTIER et Associés pour l'étude des VRD et des espaces verts de l'Institut national supérieur d'Etudes techniques et du Laboratoire du Bâtiment et des Travaux publics, faisant partie du complexe scientifique de Yamoussoukro.

Le maître de l'ouvrage est le Ministère des Travaux publics de Côte d'Ivoire.

Rappelons que dans notre numéro 27-1977, page 55, nous avons déjà mentionné des études de VRD confiées au BCEOM par le Cabinet POTTIER dans le cadre de ce complexe.

### **Etude de l'assainissement du plateau du Banco (Côte d'Ivoire)**

Cette étude fait suite à celle du projet d'exécution des voiries primaires du plateau du Banco, que nous avons mentionnée dans notre numéro 26-1977, page 60.

L'étude hydrologique donnera lieu à l'établissement d'un modèle mathématique simulant le fonctionnement de l'ensemble du réseau. Elle sera suivie d'une étude hydraulique pour obtenir un dimensionnement homogène de tous les ouvrages.

Financement ivoirien.

## **ETUDES GENERALES**

Nous avons mentionné dans notre dernier numéro (p. 55-56) l'étude confiée au BCEOM de l'aménagement d'un terminal à conteneurs au port d'Alexandrie. Aussi bien avons-nous publié dès 1976, dans le numéro 23 d'**Informations et Documents**, un article intitulé «*Le développement du transport maritime des conteneurs et ses conséquences sur l'exploitation et les équipements portuaires*».

Dans le cadre de la coopération technique avec l'étranger, le Ministère de la Coopération vient de confier au BCEOM, en raison de son expérience dans ce domaine, l'établissement d'un manuel destiné à servir de guide pour l'élaboration de projets de terminaux portuaires à conteneurs.