- la pluie annuelle est de 970 mm,
- les précipitations ont lieu 135 jours par an.

Sur ces 135 jours, la répartition en fonction de la pluie journalière, est la suivante :

- 88 jours avec 0,1 à 5 mm de pluie,
- 20 jours avec 5 à 10 mm de pluie,
- 9 jours avec 10 à 15 mm de pluie,
- 5 jours avec 15 à 20 mm de pluie,
- 8 jours avec 20 à 30 mm de pluie,
- 5 jours avec plus de 30 mm de pluie.

Pour les averses importantes, la pluie en une heure correspond environ au tiers de la pluie en 24 heures.

Les bassins de dépollution sont dimensionnés pour une pluie d'intensité de 5 mm/h.

Sur toutes les zones raccordées à un bassin, les pluies jusqu'à 15 mm/jour sont donc, en général, complètement traitées (soit 117 jours de pluie sur 135).

Les pluies supérieures ne seront traitées que pour les premiers flots, et ce, jusqu'au volume correspondant au volume de stockage de l'ouvrage, les apports supplémentaires étant directement rejetés au milieu naturel.

Globalement, pour l'ensemble du secteur, on trouve un taux de 78,7 % de pluies traitées. Ce taux variera légèrement en fonction de l'hydraulicité de l'année. Il est augmenté pour les années sèches et diminué pour les années très humides.

En matière de réduction des rejets en phosphore, on a estimé à 70 % le volume moyen annuel récupéré par le système proposé, en supposant un rendement de la future station d'épuration de 80 % sur 24 heures, soit environ 13 tonnes/an récupérées.

PRISE EN COMPTE DE LA POLLUTION DES EAUX PLUVIALES. LA METHODOLOGIE MISE EN OEUVRE A MARSEILLE

J.P. CHARRY *, Y. SANCHEZ **, J.M. SOTTY *
* Service de l'Assainissement — 27, boulevard
Joseph Vernet — 13008 Marseille
** SERAM — 24, rue du Fort Notre-Dame — 13007
Marseille

1. LE SITE DE MARSEILLE

Le site de Marseille, son réseau hydrographique et son réseau d'assainissement sont présentés en annexe n° 1.

1.1. CARACTERISTIQUES GEOGRAPHIQUES ET HYDROGRAPHIQUES

Marseille est situé au centre d'un vaste cirque s'ouvrant largement sur la mer.

Ce cirque est limité :

- au Nord, par les chaînes de l'Estaque et de l'Etoile,
- à l'Est, par le massif de la Sainte-Baume,
- et au Sud, par le massif des Calanques.

La façade méditerranéenne est occupée au Nord par les

installations portuaires, au Sud par la zone des plages (Parc balnéaire du Prado notamment). La séparation de ces 2 zones est assurée par le Vieux-Port. La façade maritime représente un linéaire développé de l'ordre de 50 km.

Sur le territoire de la Commune de Marseille qui couvre 23.000 ha (dont 15.000 ha urbanisés), on dénombre, en dehors des 3 cours d'eau principaux (Huveaune, Jarret et ruisseau des Aygalades), 90 ruisseaux se développant sur une centaine de kilomètres.

1.2. LE RESEAU D'ASSAINISSEMENT

Il s'articule autour de deux ouvrages principaux : les émissaires 1 et 2 qui traversent l'agglomération du Nord au Sud et ont comme exutoire Cortiou situé dans la zone des Calanques.

L'émissaire n° 1 permet de transporter les eaux usées du Centre Ville assaini en système unitaire et les eaux usées de la périphérie assainie en système séparatif.

L'émissaire n° 2 permet de dériver vers Cortiou, le débit de temps sec et la majeure partie des volumes de temps de pluie des rivières Huveaune et Jarret (l'exutoire naturel de ces 2 cours d'eau est la zone du parc Balnéaire du Prado).

Les réseaux d'assainissement et hydrographiques comprennent 1.300 km de canalisations et 150 km de ruisseaux qui évacuent chaque année 102 millions de m³ d'eaux usées et 103 millions de m³ d'eaux pluviales.

1.3. LE CONTEXTE CLIMATIQUE

La Ville de Marseille est soumise à un climat méditerranéen se caractérisant par une pluviométrie moyenne annuelle de 550 mm. La répartition dans l'année est hétérogène.

Les orages intenses d'été et d'automne peuvent conduire à des observations courantes d'intensités de 150 à 200 mm/h sur des laps de temps très courts (5 à 10 minutes).

Ces averses sont très rarement homogènes et peuvent ne concerner qu'une partie du bassin versant marseillais (cf. annexe n° 2).

2. TYPOLOGIE DES 4 ZONES DE REJET EN MER

La typologie des différentes zones de rejet, en fonction de leur vocation s'établit comme suit.

2.1. LES ZONES BALNEAIRES NORD ET SUD

Elles sont le siège d'une intense fréquentation estivale. L'indicateur permettant de juger de leur qualité est la pollution bactérienne. Ces zones sont à protéger en priorité (suppression de la totalité des rejets de temps sec, quelle que soit leur nature, et minimisation des rejets de temps de pluie).

2.2. LA ZONE DES CALANQUES

Ce secteur, point de rejet des deux émissaires fait l'objet depuis les années 1960 d'un suivi scientifique. Les effluents sont transportés et dispersés dans le milieu marin par les courants.

En l'absence de marées significatives les déplacements résultent de la conjonction d'un courant de base intéressant toute la masse d'eau (le courant Liguro-Provençal) et des courants dus principalement à l'entraînement des masses d'eau superficielles par le vent.

Le courant Liguro-Provençal de vitesse 15 à 20 cm/s et de direction Est-Ouest explique l'essentiel du transport en l'absence de vent (un tiers des situations annuelles).

Les courants induits par 2 régimes de vents caractéristiques de la région (Le Mistral direction Nord-Ouest pour 1/3 des situations et les vents d'Est pour l'autre tiers) se conjuguent au courant de base pour donner des situations typiques d'étalement de la nappe de dilution (cf. annexe n° 2).

Du point de vue du transport des contaminants, il existe donc une direction privilégiée vers l'Ouest correspondant à 2 situations (temps calme et vent d'Est).

2.3. LE VIEUX-PORT

Il s'agit d'une zone fermée. La Ville de Marseille a pour objectif d'en diminuer la turbidité et de lutter contre les rejets de flottants.

2.4. LE PORT DE COMMERCE

S'agissant également d'un milieu fermé, son exploitant est confronté à des problèmes d'envasement (contraintes de dragage), de remise en suspension des sédiments et d'auto-pollution par les bâtiments du Port (non-raccordés au réseau d'assainissement) et par les bateaux.

3. MACRO-BILAN DES POLLUTIONS ENTRANTE ET SORTANTE DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT DE LA VILLE DE MARSEILLE

Il a pour objectif :

- d'identifier sur l'ensemble de l'agglomération la pollution produite par temps sec et par temps de pluie ;
- de quantifier l'importance des rejets et flux de pollution sur chacune des zones.

Présenté en annexes n° 3 et n° 4, il met en évidence que :

- la quasi-totalité du volume est rejeté à Cortiou (184 millions de m³ sur 205 millions de m³) ;
- la station d'épuration piège plus de la moitié des matières en suspension (18.100 tonnes sur 28.400 tonnes), le reste est rejeté à 75 % à Cortiou.

4. LES IMPACTS SUR LE MILIEU RECEPTEUR

4.1. DEFINITION

4.1.1. Les types de pollution

Les polluants introduits dans le milieu marin par les rejets urbains peuvent être classés en 4 grands groupes [ROMANA, 1991] :

- les éléments modifiant la qualité physique (eau douce, matières en suspension, macro-déchets,...) ;
- les composés appartenant à la chimie des cycles naturels (matière organique, sels nutritifs, oxygène dissous,...) ;
- les composés artificiels (aromatiques organiques et minéraux,...) ;
- Les agents biologiques pathogènes (bactéries, parasites, virus, champignons, ...).

4.1.2. Devenir des effluents

Pour connaître le devenir d'un effluent en zone côtière, 3 processus doivent être bien connus [ROMANA, 1991] :

- la dilution et le transport physique (hydrodynamique dans les « zones du rejet ») ;
- la floculation et la sédimentation qui affectent la faune et la flore ;
- les changements possibles des contaminants dans les quelques heures qui suivent le rejet.

4.2. LE CONTEXTE COURANTOLOGIQUE

Les études [CHARMASSON, 1982], [ARFI, 1983] ont montré que :

- les courants se manifestent principalement selon deux grandes directions Ouest et Est (prépondérance de l'action du vent) ;
- par temps calme, la dérive liguro-provençale domine (courant total de 1 Sverdrup avec un maximum à la fin de l'hiver en mai et un minimum en été avec une variation annuelle de 1 à 10) ;
- les brusques variations des conditions de vent peuvent engendrer des changements hydrauliques et thermiques rapides ;
- le retour à « l'état de base » est rapide.

4.3. LES MESURES EXISTANTES

4.3.1. Les réseaux de surveillance

- La surveillance de la qualité des eaux de baignade (DDASS, Service Maritime),
- le Réseau National d'Observations (IFREMER — ministère de l'Environnement),
- le Réseau de surveillance des Herbiers de Posidonies (GIS Posidonies).

4.3.2. Les études de suivi

Depuis une trentaine d'années, des études ponctuelles ont permis de suivre l'évolution du milieu marin soumis aux rejets de la Ville de Marseille :

- la contamination chimique des sédiments et organismes (par le Professeur ARNOUX de la Faculté de Pharmacie de Marseille) ;
- le suivi biologique dans la zone benthique (par le Professeur BELLAN de l'Université de Marseille II) ;
- l'écosystème Pélagos (par les Professeurs LEVEAU et BLANC de l'Université de Marseille II).

D'autre part, en 1987, préalablement à la mise en service de la station d'épuration, un état de référence du milieu marin dans la zone de rejet a été établi par la Ville en association avec divers partenaires dont les organismes de recherche précités.

Ce programme de suivi de l'évolution du milieu se poursuit actuellement (suivi du benthos, de la chimie des sédiments et de l'évolution de l'herbier de Posidonies).

4.4. LES PROGRAMMES DE RECHERCHE ACTUELS

Nous citerons les 2 programmes principaux :

- le projet EUROMODEL dans le cadre du programme européen MAST, qui associe des chercheurs européens : « Modélisation de la Circulation générale de la Méditerranée Occidentale »,

— et le VIème programme de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse.

4.5. LA METHODOLOGIE EN COURS D'ETUDE

La méthodologie en cours d'élaboration voudrait tenir compte des contraintes et aspects suivants :

- proposer au pouvoir politique la meilleure stratégie d'actions sur les plans économique et écologique (rentabilité des investissements) ;
- proposer des solutions adaptées à la vocation de chacune des zones ;
- prendre en compte les directives réglementaires ;
- « valoriser » les programmes de recherches et de mesures existants ou en cours.

En dehors des actions de dépollution à la source, la solution optimisée pourrait comprendre tout ou partie des travaux suivants :

- mise en œuvre de traitements complémentaires au traitement actuel d'épuration ;
- construction de bassins de dépollution ;
- construction d'émissaire(s) en mer sur certains points.

4.5.1. Vers une modélisation mathématique

Une modélisation mathématique de l'hydrothermodynamique de la rade semble le préalable à une modélisation des paramètres chimiques et biologiques.

Les premiers objectifs d'une telle modélisation seraient volontairement pragmatiques et limités :

- évaluation des trajectoires et variations saisonnières du courant liguro-provençal dans la rade de Marseille ;
- effets du vent :
 - possibilité de retour d'effluents de Cortiou sur le complexe balnéaire,
 - turbulence en profondeur (remise en suspension des sédiments),
 - courants de surface (flottants) ;
- stratification effluents-eau de mer (effet de la salinité et de la température) :
 - émissaires en mer,
 - effet « lentilles » ;
- estimation des « durées de vie » de chaque variable physique, chimique, biologique et bactériologique.

4.5.2. Vers une approche expérimentale immédiate : la modélisation stochastique de la pollution bactériologique

Malgré tous les efforts entrepris, les dernières campagnes ont montré de manière surprenante que la qualité des eaux de baignade n'était pas toujours conforme à ce qu'on pouvait attendre.

Les hypothèses avancées sont :

- le retour dans les zones des plages du rejet de Cortiou sous certaines conditions de vent ;
- l'impact rémanent des rejets en période de pluies ;
- l'influence de la sur-fréquentation des plages ;
- la représentativité de la mesure bactériologique.

Par modélisation statistique, une étude actuellement en cours (menée avec la participation de SEPIA/CERGRENE) vise à tenter d'expliquer les variables « bactériologie » (streptocoques

fécaux, coliformes fécaux, coliformes totaux) à partir des variables vent des jours précédents (intensité, direction, durée), de la pluviométrie, de la température (eau-air) et des conditions locales.

5. LE PROGRAMME D'INVESTISSEMENTS

La station d'épuration est un outil visant à limiter la pollution rejetée au milieu naturel. Toutefois, la protection du milieu récepteur nécessite aussi une bonne appréciation des bilans de pollution, de la vulnérabilité des différentes zones qui le constituent, mais aussi de disposer des moyens de parfaire la connaissance des conditions de fonctionnement du réseau en temps réel et des moyens d'agir sur son comportement.

La politique d'investissement menée à Marseille a pour ambition de répondre à ces objectifs. Il convient de mieux « connaître » et « d'agir » pour « maîtriser » le fonctionnement du réseau. Comme ailleurs, tous les efforts d'investissement et d'exploitation tendent à prendre en considération le souci de :

- limiter les inondations,
- et de réduire les pollutions.

Dans tous les cas, si la volonté d'automatisation a été parfaitement développée, le recours à l'homme n'a pas été oublié, d'une part pour pallier aux carences des automatismes (l'électronique n'apprécie pas toujours les orages et leurs effets secondaires !) et, d'autre part, pour répondre à des soucis de renseignements ou de sécurité.

5.1. Les outils de connaissance

La mise en œuvre de moyens d'actions sur le réseau requiert en préalable :

- une connaissance des données pérennes associées au patrimoine considérable que constitue le réseau ;
- une mémorisation de données sur la « vie » du réseau afin d'en tirer toutes les leçons ;
- une synthèse des réactions du réseau en temps réel face à des conditions météorologiques déterminées ;
- si possible des possibilités d'anticipation sur l'événement.

5.1.1. La cartographie et le système de gestion de la base de données associées

Cet ensemble est devenu l'outil indispensable pour toute gestion des réseaux et notamment du système pluvial. Son utilité est fondamentale tant au niveau des études (schéma directeur, modélisation, etc.) qu'au niveau de l'exploitation (gestion des interventions, analyses, statistiques,...). Il s'agit d'une charge financière importante pour la collectivité, mais elle constitue la base d'une gestion rationnelle.

Le coût de la mise en place de cet outil, à Marseille, a été de l'ordre de 18 millions de francs.

5.1.2. Le réseau informatique centralisé

Tout système de gestion en temps réel trouve sa justification, non-seulement dans le fonctionnement quotidien mais également pendant les périodes de crise, et particulièrement lors des épisodes pluvieux, dans les régions méditerranéennes.

Ce réseau informatique centralisé est devenu au fil des années, un ensemble à multiples facettes à des fins de prévision, de mesure et d'action :

- la prévision météo nécessite des analyses de plus en plus fines, ce qui a justifié à Marseille une étude sur un radar spécifique ;

- les mesures hydro-pluviométriques portent sur un nombre de points qui va croissant ;
- les télécommandes sont liées à l'évolution des actionneurs aménagés sur le réseau ;
- la gestion des périodes de crise a justifié, à Marseille, la mise en œuvre d'un système expert d'aide à la décision permettant de prendre les meilleures décisions en terme de gestion des équipements et d'allocation des ressources humaines.

Le coût de cet ensemble d'outils a été, à Marseille, de l'ordre de 20 M.F. en investissement.

Son coût de fonctionnement ressort à 6 M.F./an.

5.2. LES ACTIONNEURS

La maîtrise des eaux pluviales a engendré, à Marseille, l'élaboration d'un programme d'investissement important visant à développer divers actionneurs dont les vocations concernent les aspects qualitatifs (pollution) et quantitatifs (inondation).

On distinguera :

- les dispositions qui concernent la déviation, dans le réseau sanitaire, des eaux qui transitaient par le pluvial en temps sec ou lors de très faibles pluies et aboutissaient sur les plages ;
- les déversoirs mobiles installés sur le réseau unitaire ;
- les bassins d'étalement des débits de pluie (réseau unitaire et réseau pluvial).

5.2.1. La déviation dans le réseau sanitaire des eaux « pluviales de temps sec ! » et des très faibles pluies

Les eaux pluviales de temps « sec » sont en fait constituées d'eaux de lavage de la voirie.

Motivée par la protection des lieux de baignade, la Ville de Marseille a décidé de capter, et diriger vers la station d'épuration, la totalité de ces débits de temps sec. 22 ouvrages de by-pass équipés de vannes automatisées et télésurveillées ont été mis en place, 2 stations de pompage ayant le même objet dans le cas où la liaison gravitaire n'est pas possible, complètent ce programme.

Ces dispositions ont permis d'améliorer sensiblement la qualité des eaux de baignade. Lors des faibles événements pluvieux, la pollution des ouvrages pluviaux se trouve aussi déviée dans le réseau sanitaire et traitée par la station d'épuration.

En 1992, les 23 plages marseillaises ont toutes été classées en catégorie A ou B (cf. annexe n° 2).

Le coût unitaire de ces dispositifs est de l'ordre de 100.000 francs

5.2.2. Les déversoirs mobiles du réseau unitaire

Ils sont venus se substituer aux déversoirs statiques aménagés lors de la construction de l'émissaire. Globalement, ces actionneurs conduisent à diminuer l'importance et la fréquence des rejets. Ils donnent également la possibilité d'orienter les rejets sur l'une ou l'autre des zones exutoires en fonction de la nature de l'événement pluvieux et de la saison, compte tenu de la spécificité de chaque zone.

Ils permettent de protéger le milieu récepteur, (notamment les zones balnéaires du Sud) et également, de réduire l'impact des inondations sur le réseau unitaire.

Les contraintes d'aménagement de ces déversoirs mobiles sont variables d'un site à l'autre, mais on peut estimer leur coût unitaire à 2 M.F..

5.2.3. Les bassins d'étalement des systèmes unitaire et pluvial

Le programme d'aménagement de bassins d'étalement conduit dans une première approche à envisager des capacités de stockage réparties sur plusieurs sites de 300.000 m³ pour le système unitaire, et 800.000 m³ pour le système pluvial.

Si la préoccupation première, à l'origine de ce programme, est la protection contre les inondations, une réflexion est en cours afin de prendre en considération le facteur pollution et protection du milieu sur certains sites. Il est bien évident que les paramètres de dimensionnement sont à reconsidérer dans ce type de cas. Il pourrait être également fait appel en complément à des traitements autorisant des temps de séjour se rapprochant de ceux liés à la protection contre les inondations. En tout état de cause, ces capacités de rétention ont pour conséquence, même s'il ne s'agit pas de l'objectif premier, d'accroître la charge de pollution à traiter en différé par la station d'épuration et de ce fait de diminuer les flux rejetés.

Compte tenu des enjeux financiers de 450 M.F. pour le système unitaire et 300 M.F. pour le pluvial, plusieurs années seront nécessaires pour l'accomplissement de ce programme.

CONCLUSION

Les investissements en matière d'assainissement vont peser lourdement sur les budgets communaux dans les années à venir.

Dans ce contexte, et compte tenu des enjeux, il y a donc lieu de mener des programmes d'études adaptés, afin d'optimiser les stratégies en matière d'investissement au regard de l'impact recherché sur l'environnement. C'est ainsi que les pollutions d'origine pluviale sont à prendre en compte au même titre que celles d'origine domestique et industrielle, y compris sur une commune du littoral.

L'intérêt d'une approche globale de ces problèmes est de ce fait incontournable.

ANNEXE 1

SCHEMA GENERAL DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT
DE LA VILLE DE MARSEILLE

COURANTOLOGIE

ORAGE

MACRO-BILAN DES FLUX ANNUELS DE POLLUTION SUR LA VILLE DE MARSEILLE

PAR TYPE D'ASSAINISSEMENT

VOLUME

M E S T

en Mm3

Entrée
en TonnesSortie
en Tonnes

TEMPS SEC	Unitaire	66	11 900	5 150
	Sanitaire	36	11 000	
	Pluvial	78	2 150	2 150
	Total	180	25 050	7300

TEMPS PLUIE	Unitaire	7	800	700
	Sanitaire	0	0	0
	Pluvial	18	2 400	2 400
	Total	25	3 200	3 100

TOTAL	Unitaire	73	12 700	5 850
	Sanitaire	36	11 000	
	Pluvial	96	4 550	4 550

TOTAL GENERAL

205

28 250

10 400

ANNEXE 4

BILAN GLOBAL

REPARTITION PAR ZONE DE REJET

	VOLUME en M m ³	MEST	
		Entrée Tonnes	Sortie Tonnes
Temps sec	180	25200	7350
Temps de Pluie	25	3200	2950
Total	205	28400	10300