



**PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT
PLAN D'ACTION POUR LA MEDITERRANEE**



MED POL

**LIGNES DIRECTRICES SUR LE TRAITEMENT ET L'ELIMINATION
DES EAUX USEES DANS LA REGION MEDITERRANEENNE**



Organisation Mondiale de la Santé

No. 152 de la série des rapports techniques du PAM

PNUE/PAM

Athènes, 2004

Note: The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of UNEP/MAP concerning the legal status of any State, Territory, city or area, or of its authorities, or concerning the delimitation of their frontiers or boundaries.

This document was prepared within the GEF Project "Determination of priority actions for the further elaboration and implementation of the Strategic Action Programme for the Mediterranean Sea", under the coordination of Mr. Ante Baric, Ph.D., Project Manager.

Responsibility for the concept and preparation of this document was entrusted to WHO/MED POL (Dr. George Kamizoulis, WHO/MED POL Programme Officer).

Prof. Jure Margeta has prepared the first draft of the document, which was reviewed by the MED POL staff members. The revised draft document was sent to the countries for comments and it was reviewed by a governmental designated experts meeting. The revised document was adopted by the meeting of MED POL National co-ordinators, San Gemini (Italy) 27-30 May 2003.

© 2004 United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP)
P.O. Box 18019, Athens, Greece.

ISSN 1011-7148 paper. ISSN 1810-6218 online

This publication may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from the copyright holder, provided acknowledgement of the source is made. UNEP/MAP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source.

This publication cannot be used for resale or for any other commercial purpose whatsoever without permission in writing from UNEP/MAP.

For bibliographic purposes this volume may be cited as:

UNEP/MAP/MED POL/WHO: Guidelines on sewage treatment and disposal for the Mediterranean region. MAP Technical Reports Series No. 152, UNEP/MAP, Athens, 2004.

The thematic structure of the MAP Technical Series is as follows:

- Curbing Pollution
- Safeguarding Natural and Cultural Resources
- Managing Coastal Areas
- Integrating the Environment and Development

AVANT-PROPOS

Les États riverains de la mer Méditerranée, conscients de leur obligation de préserver et développer la région de manière durable, et reconnaissant la menace que fait peser la pollution sur le milieu marin, sont convenus, en 1975, de lancer un Plan d'action pour la protection et le développement du Bassin Méditerranéen (PAM) sous les auspices du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et, en 1976, de signer une Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution (Convention de Barcelone). La Convention est entrée en vigueur en 1978 et a été modifiée en 1995.

Reconnaissant que la pollution provenant d'activités et de sources situées à terre avait le plus fort impact sur le milieu marin, les Parties contractantes à la Convention de Barcelone ont signé en 1980 un Protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique (Protocole "tellurique"). Le Protocole est entré en vigueur en 1983 et il a été révisé en 1996 de manière à mieux couvrir les sources de pollution et activités industrielles et à élargir son champ d'application en y englobant le bassin hydrologique.

Un Programme d'actions stratégiques (PAS MED) visant à combattre la pollution due à des activités menées à terre, qui représente l'adaptation régionale des principes du Programme d'action mondial (GPA) du PNUE destiné à lutter contre les activités polluantes basées à terre, a été adopté par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone en 1987, dans le prolongement des dispositions du Protocole "tellurique" révisé. Le PAS MED recense les principaux problèmes de pollution de la région, indique les mesures possibles pour y remédier, évalue le coût de ces mesures et établit un plan de travail assorti d'un calendrier d'application.

Pour aider les pays méditerranéens à mettre en œuvre le PAS MED dans le long terme, et en particulier à formuler, adopter et appliquer des Plans d'action nationaux (PAN), un Projet FEM d'une durée de trois ans intitulé "Détermination des actions prioritaires pour la poursuite de l'élaboration et de la mise en œuvre du Programme d'actions stratégiques pour la mer Méditerranée" a été mis à exécution par le PAM, et en particulier par le programme MED POL, les Centres d'activités régionales du PAM et l'OMS/EURO. Le Projet se compose de nombreuses activités qui comportent, entre autres, la préparation de lignes directrices régionales et de plans régionaux dont l'objet principal est de guider et d'aider les pays à atteindre les objectifs de réduction de la pollution spécifiés dans le PAS MED.

Le présent document s'inscrit dans les publications de la Série des rapports techniques du PAM qui comprennent tous les ensembles de lignes directrices et plans régionaux établis dans le cadre du Projet FEM pour la mise en œuvre du PAS MED.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ	1
1. INTRODUCTION.....	6
Objet du document	6
À qui s'adressent les lignes directrices	7
Méthodologie utilisée	8
2. CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES.....	10
Qualité générale de l'eau.....	10
Caractéristiques des eaux usées	10
Caractéristiques des rejets d'eaux usées	12
Valeurs esthétiques.....	12
Éléments pathogènes	12
Nutriments	13
Éléments toxiques	13
Solides dissous	14
Solides en suspension	14
Autres considérations.....	15
Utilisations environnementales et qualité de l'eau	16
Définition des zones d'utilisation.....	16
Objectifs de qualité environnementale et normes de qualité environnementale	17
Législation et rôle des autorités.....	19
Approches	19
Rôle des autorités	21
Surveillance.....	22
3. CADRE DE GESTION	23
Buts et objectifs	23
Stratégie et principes	24
Mécanismes de contrôle.....	24
Réglementations	24
Respect de la réglementation	25
Instruments économiques.....	26
Qualité des effluents	27
Gestion des effluents et valeurs environnementales/utilisations des eaux	27
Lignes directrices fondées sur la technologie	29
Détermination de la qualité des effluents	29
Protection des eaux de réception et des écosystèmes aquatiques	30
Parties prenantes.....	31
Le rôle de l'entreprise/autorité responsable des eaux usées	32
Consultation de la communauté.....	32
4. OPTIONS DE GESTION DES EFFLUENTS.....	34
Minimisation des déchets.....	35
Gestion des systèmes de collecte.....	37
Gestion des systèmes d'épuration	39
Réutilisation des effluents.....	39
Épandage.....	42
Rejets dans les eaux côtières	45

Rejets dans les eaux intérieures	46
Traitement des eaux usées	47
Processus de traitement	47
Traitement et élimination/réutilisation des boues	49
Sélection du schéma de flux	51
Émissaire sous-marin.....	52
Zone de mélange	54
Concepts qui sous-tendent la conception des systèmes de traitement et d'élimination	55
Objectifs de qualité environnementale	56
Zones d'utilisation.....	56
Conception des systèmes d'assainissement des eaux usées/systèmes d'égout.....	56
5. LIGNES DIRECTRICES CONCERNANT L'ÉLIMINATION	59
Lignes directrices concernant l'épandage.....	59
Lignes directrices concernant les eaux côtières	60
Lignes directrices concernant les eaux intérieures liées au bassin hydrographique méditerranéen.....	65
6. ÉCHANTILLONNAGE ET SURVEILLANCE CONTINUE	69
L'environnement	69
Les effluents.....	70
APPENDICES.....	75
Appendice 1: Glossaire.....	75
Appendice 2: Bibliographie	79

RÉSUMÉ

Le présent document traite de la gestion d'ensemble du système d'assainissement des eaux usées et, en particulier, du problème de l'épuration et de l'élimination des eaux usées. Il a été conçu comme base d'une approche méditerranéenne commune dans l'ensemble de la région de la Méditerranée. Il a pour objet de sensibiliser aux impacts des eaux usées urbaines, d'améliorer les pratiques et de souligner les démarches liées à l'épuration et à l'élimination des eaux usées en vue d'éviter ou de réduire au minimum ces impacts grâce à l'adoption de méthodes d'épuration et d'élimination appropriées. Le guide est une initiative régionale destinée à faciliter la mise en œuvre du Programme d'actions stratégiques (PAS) au niveau national dans tous les pays du PAM.

Dans les présentes lignes directrices, les principes communément admis tout comme les directives pertinentes de l'UE sont pris en compte et respectés. Les paramètres les plus importants des effluents, le degré minimum d'épuration et le niveau d'épuration habituellement requis sont indiqués pour chacune des options de rejet. Les lignes directrices peuvent être appliquées à l'évaluation des rejets d'effluents existants, aux nouvelles formules et propositions concernant la gestion des effluents.

Considérations environnementales

Les cours d'eau, estuaires, eaux côtières et eaux souterraines sont autant d'éléments qui font partie intégrante de l'environnement. Une planification et une gestion judicieuses s'imposent pour les protéger et les conserver et pour faire en sorte que l'eau qui en provient soit de qualité appropriée pour différentes utilisations. L'eau que nous utilisons finit par retourner aux cours d'eau et à la mer. Si elle n'est pas polluée par des substances nocives persistantes, l'eau peut être réutilisée maintes et maintes fois. L'eau, ainsi que les plantes et les animaux qui y vivent, peuvent diluer, disperser et décomposer certaines des matières qui y pénètrent. Voici longtemps que nous tirons parti de la faculté qu'ont les eaux côtières et intérieures d'éliminer les déchets. C'est pourquoi nous devons absolument veiller à ce que l'eau et ses composantes biologiques puissent jouer leur rôle de purification et que le déversement de polluants ne menace pas sa qualité. La gestion des effluents nécessite l'épuration des eaux usées à un degré susceptible d'empêcher une nouvelle détérioration, d'assurer la protection et de renforcer l'état des écosystèmes aquatiques, de réduire au minimum les risques d'affections humaines, et de protéger les utilisations et valeurs environnementales des eaux. Le principe fondamental de la politique méditerranéenne de protection des milieux aquatique et marin est que les normes auxquelles les divers rejets doivent se conformer devraient être établies en ayant pour référence et visée la qualité des eaux atteintes.

La législation récente relative aux problèmes de pollution et à la gestion des eaux usées de nombreux pays méditerranéens, ainsi que de l'Union européenne, se fonde sur une "approche combinée" où les objectifs de qualité de l'eau (OQE) et les valeurs limites d'émission (VLE) servent à se renforcer mutuellement. L'"approche combinée" de la lutte antipollution signifie qu'il faut: i) limiter la pollution à la source en fixant des valeurs limites d'émission; et ii) établir des normes de qualité de l'eau (objectifs) pour les masses d'eau recevant des effluents et pour les utilisations autorisées de l'eau. Selon cette approche, le degré d'épuration des eaux usées et la méthode d'élimination des effluents sont prescrits directement ou indirectement au moyen d'une réglementation appropriée.

Cadre de gestion

La gestion des eaux usées a pour but essentiel de restituer les eaux usées traitées à l'environnement d'une manière qui soit jugée acceptable par la communauté eu égard aux considérations aussi bien environnementales que de coût. Le développement écologiquement durable est à la base de la gestion de la qualité de l'eau. Une stratégie

d'ensemble de gestion durable de la qualité de l'eau dans la région méditerranéenne doit être fondée sur une série de principes: degré élevé de protection; principe de précaution; action préventive; réduction de la pollution à la source; principe du pollueur-payeur; principe du paiement par les usagers; approche fondée sur la hiérarchie des objectifs (prévention, réduction au minimum, traitement/élimination); et intégration de la protection de l'environnement aux autres politiques nationales (transports, agriculture, énergie, tourisme, pêche, etc.)

Les mécanismes de contrôle les plus importants sont les réglementations et les instruments économiques. Le recours à ces derniers est un élément qui fait partie intégrante de tout programme de gestion durable de la qualité de l'eau. Les principes de recouvrement des coûts des services de l'eau, y compris les coûts environnementaux et en ressources associés aux dommages ou aux incidences néfastes sur le milieu aquatique, doivent être pris en compte conformément aux principes du pollueur-payeur et du paiement par l'utilisateur. Tout programme de gestion des eaux usées doit tenir compte des considérations de financement et de recouvrement des coûts des projets d'assainissement durables et garantir l'équité dans toute la mesure du possible. Malheureusement, les usagers ne sont disposés à payer que ce qu'ils considèrent comme un avantage ou une priorité.

Un préalable à la gestion durable des eaux usées est la détermination de la qualité des effluents requise eu égard aux valeurs environnementales ou utilisations sélectionnées des eaux douces ou eaux marines et à leur sensibilité à un impact néfaste sur l'environnement, comme l'eutrophisation ou une concentration accrue de nitrates dans l'eau de boisson. Il importe, lors de l'adoption des plans d'action et des mesures dans ce domaine, de tenir compte des meilleures techniques disponibles ainsi que des meilleures pratiques environnementales. La gestion doit prendre en compte le rôle qui incombe aux parties prenantes.

Options de gestion des effluents

Chaque pays de la région possède, en matière de gestion des eaux usées, une certaine spécificité qui est due à des facteurs culturels, environnementaux, politiques, économiques et autres; aussi lui faut-il établir une liste précise d'options durables. Cependant, les concepts, objectifs et principes généraux doivent être respectés car ils sont à la base de la politique de développement durable et de gestion rationnelle des ressources en eau mise au point aux échelons mondial et régional. Les options de gestion des eaux usées doivent prendre en compte tous les éléments du système (usagers/eaux usées, système de collecte, épuration et élimination) et chacun de ces aspects considéré individuellement. Les aspects importants sont les suivants: réduction au minimum des déchets; gestion du système de collecte; gestion du système d'épuration (eaux usées et boues); réutilisation des effluents; rejet des effluents sur la terre, dans les eaux côtières, dans les eaux intérieures; et système d'élimination en mer. Il faut, pour sélectionner les options, appliquer une approche hiérarchisée de la gestion des déchets en encourageant les producteurs d'eaux usées, les prestataires de services et les autorités à retenir les formules venant en tête de la hiérarchie.

La réduction au minimum des déchets est l'une des priorités de toute stratégie de gestion durable des eaux usées et devrait être le premier objectif. Minimiser les déchets signifie en effet minimiser les risques. C'est l'activité qui vient en tête de l'"approche fondée sur la hiérarchie des déchets". L'application de bonnes pratiques de minimisation des déchets doit restreindre le plus possible le volume d'eaux usées et la quantité de polluants potentiels, et par conséquent le risque pour la santé humaine et l'environnement.

Réutiliser les effluents contribue beaucoup à améliorer la gestion des ressources en eau car c'est un moyen de produire dans la région une source d'eau de qualité pour l'irrigation et les utilisations industrielles et urbaines. Comme beaucoup de pays sont confrontés à de graves pénuries d'eau, ils ont de plus en plus recours à des méthodes de réutilisation de l'eau à des

fins d'irrigation et industrielles. Il s'agit d'une utilisation des effluents qui génère un revenu, réduit les coûts et comporte d'autres avantages. Directement ou indirectement, la réutilisation des effluents peut avoir des avantages économiques, sociaux et environnementaux.

L'épandage est une formule utilisée pour restituer les eaux usées au cycle hydrologique au moyen de systèmes comme les bassins d'évaporation, les systèmes de percolation et d'irrigation grâce auxquels cette restitution se fait par évaporation, évapotranspiration, ou infiltration. Dans ce contexte, l'irrigation a pour but de maximiser les quantités d'eau restituées au cycle hydrologique; lorsque tel est le cas, les principes de réutilisation des effluents doivent être respectés.

Dans le cas des communautés côtières, les effluents sont rejetés directement ou indirectement dans les eaux côtières voisines, l'objectif, en l'occurrence, étant de maintenir une qualité de l'eau de nature à protéger les valeurs environnementales ou utilisations des eaux. Par le passé, les communautés riveraines de la Méditerranée ont beaucoup utilisé à cette fin les propriétés d'épuration et de dispersion de la mer. L'élément important de ce concept est l'émissaire en mer qui est conçu et utilisé afin de garantir que les effluents soient rejetés d'une manière aussi respectueuse de l'environnement que possible. Le traitement doit être approprié et l'émissaire doit être relativement long et doté de diffuseurs pour parvenir à des niveaux élevés de dilution et de dispersion. Habituellement, il est spécifié autour du point de rejet du diffuseur une zone de mélange au-delà de laquelle les utilisations environnementales des eaux doivent être préservées.

Par eaux intérieures, on entend toutes les eaux statiques ou courantes à la surface du sol, ainsi que toutes les eaux souterraines en direction, vers la terre, de la ligne de base servant à mesurer la largeur des eaux territoriales. Lorsque les effluents sont rejetés dans les eaux intérieures, l'objectif doit être de maintenir une qualité de l'eau de nature à protéger les valeurs environnementales de celle-ci (écosystèmes aquatiques, écosystèmes terrestres et zones humides directement tributaires de l'écosystème aquatique, et utilisations des eaux). Les eaux souterraines doivent faire l'objet d'une attention spéciale.

Le traitement des eaux usées fait intervenir différents procédés qui sont utilisés individuellement ou en série pour parvenir à la qualité requise des effluents. Le degré d'épuration le plus commun est le *traitement secondaire*, qui comporte généralement les trois premiers niveaux (traitements préliminaire, primaire et secondaire), en série ou combinés selon diverses configurations. Le traitement secondaire s'impose normalement avant une épuration poussée et la désinfection. L'élimination des nutriments ainsi que l'épuration poussée des eaux usées sont généralement destinées à protéger les zones sensibles aux nutriments ou des utilisations spécifiques des eaux comme la boisson. Une épuration poussée et la désinfection sont habituellement nécessaires aussi lorsque les effluents doivent être réutilisés. Une épuration poussée des eaux usées au delà du stade secondaire ou biologique est également appelée *traitement tertiaire*. Il est tout aussi important que la manipulation et l'élimination des divers résidus produits par les stations d'épuration se fassent dans des conditions sûres. Les sous-produits de l'épuration des eaux usées sont des solides: matières ne passant pas au criblage, graisses et huiles, biosolides et tourteaux de boues. Comme le traitement et l'élimination des boues sont une opération onéreuse, ses coûts sont souvent la considération prédominante dans la conception des stations d'épuration des eaux usées.

Beaucoup d'opérations et de processus peuvent être combinés pour élaborer un schéma de flux et parvenir ainsi au degré d'épuration souhaité. Pour élaborer le schéma de flux le mieux approprié, le concepteur doit évaluer les nombreux facteurs qui influent sur l'exploitation et l'entretien, l'efficacité des procédés dans des conditions de flux variables, et les contraintes environnementales. La sélection de la technologie finale nécessite aussi une évaluation détaillée des autres sources de pollution, une projection de la taille de la population et de la

production de déchets dans l'avenir, la prise en compte des caractéristiques - notamment culturelles - de la communauté, et de ses capacités financières.

La conception du traitement et de l'émissaire de rejet/élimination des eaux usées a pour but de faire en sorte que le rejet ait lieu d'une manière aussi respectueuse de l'environnement que possible. Les diverses conditions environnementales qui prévalent en tel ou tel lieu doivent être prises en compte lors du processus décisionnel concernant l'épuration et l'élimination des eaux usées. La décision concernant l'épuration et l'élimination doit se fonder sur les objectifs fixés par les autorités à propos de la qualité de l'eau dans laquelle le rejet est effectué ainsi que sur toutes les normes pertinentes énoncées par les directives nationales ou internationales.

Lignes directrices concernant l'élimination

Lignes directrices concernant l'épandage: l'épandage consiste à rejeter les effluents sur une certaine superficie de terre, essentiellement dans le but de restituer l'eau dans le cycle hydrologique par évaporation, évapotranspiration et/ou infiltration. C'est l'une des mesures qui sont à la base d'une gestion durable des ressources en eau ou de la conservation de l'eau. Ces lignes directrices décrivent les degrés d'épuration requis avant l'épandage des effluents (voir le tableau 9). L'épandage ne comprend pas les rejets d'eaux non traitées car ces derniers ne font pas partie d'une gestion des effluents. Des limites de qualité de l'eau sont fixées pour minimiser les risques potentiels pour la santé et les effets négatifs sur l'environnement récepteur. Il importe de surveiller le respect des limites prescrites.

L'épandage est une solution qui peut être envisagée pour les communautés de l'intérieur, spécialement dans le cas des petites communautés des régions arides et semi-arides, pour l'élimination de tous les effluents ou des effluents excédentaires après réutilisation. Cette méthode peut également être envisagée dans les zones où le rejet direct dans les eaux de surface et dans les eaux souterraines n'est pas autorisé, notamment s'il s'agit d'eau destinée à la boisson ou d'eaux très sensibles.

Lignes directrices concernant les eaux côtières: bon nombre des utilisations que l'homme fait des eaux marines sont directement tributaires de la nature et de la qualité des systèmes biologiques, chimiques et physiques existants. C'est pourquoi il faut en toute priorité préserver une qualité acceptable des eaux. Les effluents peuvent être rejetés dans différents types d'eaux côtières: eaux ouvertes, estuaires et baies. Les effluents peuvent être rejetés directement dans la mer par de longs émissaires sous-marins, à grande distance de la côte, ou par des rejets plus proches du littoral, ou par des exutoires côtiers. Ils peuvent également l'être indirectement par le biais des rejets dans les cours d'eau, les estuaires et les eaux souterraines.

L'utilisation de la mer pour compléter le traitement des effluents rejetés par un émissaire sous-marin et un système de diffuseurs demeure aujourd'hui une option intéressante et réaliste pour certains pays de la région. Cette formule peut être utilisée si la capacité du milieu est suffisante pour accueillir les déchets restants après traitement partiel et si cela constitue le premier pas sur la voie d'un degré plus élevé de traitement des effluents et de protection de la mer. L'aspect important de cette approche est le suivi, qui doit permettre de recueillir des informations suffisantes concernant l'impact des rejets sur la qualité des eaux, les sédiments et les communautés biologiques.

La station d'épuration et l'émissaire sous-marin doivent être considérés comme un tout constituant un système de traitement unique. Un long émissaire sous-marin, s'éloignant beaucoup du rivage, doit toujours être utilisé lorsque les processus de traitement ne comportent pas de désinfection. Or, on ne peut pas désinfecter des effluents si ceux-ci n'ont pas fait l'objet d'un traitement au moins secondaire. Le tableau 10 énumère différentes catégories de rejets dans les eaux côtières et indique les valeurs environnementales ainsi

que les questions, lignes directrices et degrés d'épurations à prendre en considération. Ces catégories dépendent des processus de mélange auxquels sont soumis les rejets.

Lignes directrices concernant les eaux intérieures: de nombreux pays méditerranéens, notamment au sud et à l'est, connaissent une croissance économique et une urbanisation rapides qui retentissent sur la gestion des eaux usées. Ces questions mettent en relief la nécessité pour les systèmes d'assainissement des eaux usées de gérer l'impact de l'urbanisation sur les eaux intérieures et d'effectuer des contrôles de plus en plus rigoureux des effluents, l'objectif étant de gérer ces systèmes de telle sorte qu'ils répondent aux besoins actuels et futurs en développant des services à faible coût mais suffisants qui puissent être fournis de manière durable au niveau des communautés. À cette fin, il faut identifier et mettre en œuvre des stratégies et des mesures de nature à inverser les tendances actuelles à la dégradation et à l'épuisement des ressources.

Si besoin est pour des raisons financières, sociales ou autres qui conduisent à dépasser les objectifs de qualité de l'eau fixés, la zone de mélange utilisée pour les rejets doit être délimitée et définie dans un permis de rejet, l'objectif devant être de réduire progressivement l'étendue de la zone jusqu'à ce que les rejets ne compromettent plus les objectifs de qualité. Généralement, dans le cas des eaux intérieures, il faut assurer un traitement secondaire pour protéger la santé humaine et l'environnement. Cela est spécialement nécessaire dans les pays qui manquent d'eau d'irrigation, car il existe un risque sérieux que les effluents soient réutilisés, de façon contrôlée ou incontrôlée. Le tableau 11 indique les paramètres des effluents qui sont préoccupants et les degrés d'épuration recommandés pour les rejets dans les eaux intérieures.

Échantillonnage et surveillance continue

La surveillance continue constitue un aspect essentiel de la mise en œuvre de toutes les dispositions en vigueur concernant l'eau. Un programme d'échantillonnage et de surveillance continue de l'environnement et des effluents est indispensable pour déterminer: i) si la qualité prescrite des effluents est atteinte; ii) si l'impact ou le changement entraîné par le système répond à ce qui a été prévu; iii) si les valeurs environnementales convenues sont respectées. Le tableau 12 indique la fréquence recommandée des opérations d'échantillonnage pour différentes stations, cette fréquence devant être alignée sur la réglementation nationale pertinente. Le programme de surveillance doit être bien conçu pour être efficace et rationnel. Entreprendre un programme de surveillance sans spécifier les informations à rassembler avant de concevoir le réseau qui sera effectivement mis en place est un gaspillage d'argent.

1. INTRODUCTION

La région méditerranéenne génère des volumes considérables d'eaux usées, les eaux usées urbaines représentant à elles seules environ $38 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$. Sur ce total, la région septentrionale en produit $23 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$, la région orientale $7,5 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$ et la région méridionale $7,5 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$. L'industrie, le commerce et les lieux de villégiature génèrent également des eaux usées. Les eaux usées provenant des régions urbaines, que l'on appelle les "eaux usées urbaines/municipales", sont les eaux usées domestiques ou un mélange d'eaux usées domestiques et d'eaux usées industrielles et/ou de ruissellements d'eau de pluie. Les eaux usées traitées, appelées effluents, sont normalement rejetées dans l'environnement (sols, eaux intérieures et eaux côtières), de sorte qu'elles doivent être gérées comme il convient si l'on veut protéger la santé publique et l'environnement.

Un système de collecte d'eaux usées:

- reçoit les eaux usées domestiques, commerciales et industrielles prétraitées;

Un système d'épuration et d'élimination des eaux usées:

- traite les eaux usées jusqu'au degré d'épuration requis;
- rejette les effluents et les solides en résultant dans l'environnement.

Pour assurer ce service, le système d'assainissement des eaux usées (c'est-à-dire l'ensemble des systèmes de collecte, d'épuration et d'élimination):

- gère les déchets liquides produits par une communauté pour protéger la santé publique et l'environnement;
- traite les effluents et les élimine en un lieu éloigné des centres de population et des régions protégées;
- permet, lorsque les conditions s'y prêtent, d'aménager et d'exploiter des installations d'épuration à grande échelle des eaux usées combinées d'un grand nombre de petits peuplements, ce qui permet de réduire considérablement les coûts;
- se traduit par un petit nombre de sources ponctuelles plutôt que d'un grand nombre de sources ponctuelles et diffuses disséminées de rejets, qu'il est ainsi plus facile de gérer, de surveiller et de modifier.

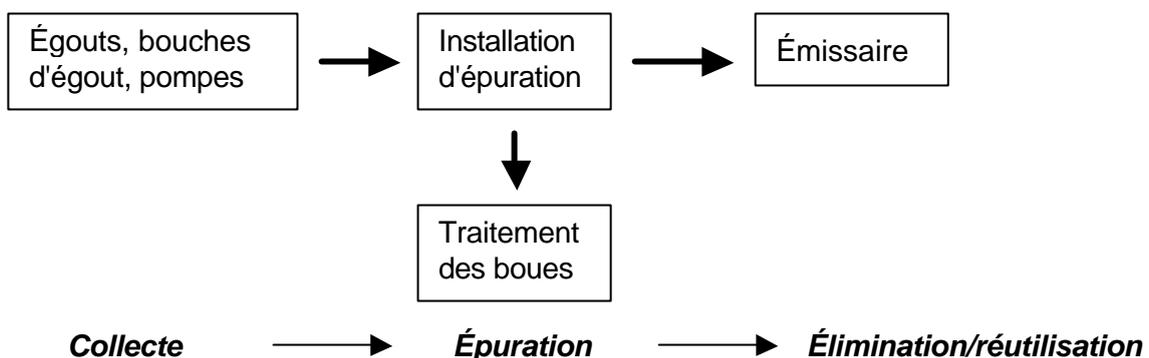


Figure 1. Composante d'un système d'assainissement des eaux usées

Objet du document

Le présent document s'inscrit dans le cadre du programme MED POL du Plan d'action pour la Méditerranée (PAM) et de l'élément méditerranéen du projet FEM concernant l'élaboration d'un Programme d'actions stratégiques (PAS) pour réduire la pollution provenant d'activités

basées à terre. Cette série de documents - lignes directrices porte sur différents aspects de la protection de la mer Méditerranée contre la pollution de sources basées à terre. Le présent document traite de la gestion d'ensemble du système d'assainissement des eaux usées et en particulier du problème de l'épuration et de l'élimination des eaux usées. Il a été élaboré en vue de faciliter l'élaboration d'une approche méditerranéenne commune pour l'ensemble de la région.

Ces lignes directrices concernent les eaux usées urbaines et les effluents provenant d'installations d'épuration des eaux domestiques et des eaux industrielles prétraitées. Elles ne s'appliquent pas aux effluents rejetés directement dans l'environnement de sources comme :

- les industries;
- les systèmes de drainage des eaux de pluie;
- les crues;
- les fosses septiques, etc.

Les lignes directrices ne s'appliquent pas non plus aux cas d'épandage d'eaux usées non traitées sur le sol en tant qu'élément du processus d'épuration.

Enfin, elles ne s'appliquent pas non plus à l'épuration des eaux usées ni aux rejets provenant des stations d'épuration de l'industrie.

Les présentes lignes directrices prennent comme hypothèse que les eaux usées industrielles déversées dans le système de collecte des eaux usées urbaines ont été prétraitées par la station d'épuration de l'industrie conformément aux dispositions de la réglementation locale et nationale applicable aux eaux usées et effluents commerciaux et industriels. La règle générale est que les effluents industriels, avant d'être déversés dans le système de collecte des eaux usées urbaines, doivent être au moins de qualité égale aux eaux usées domestiques habituelles pour pouvoir être transportés et traités dans la station d'épuration des eaux usées urbaines. Seules certaines concentrations plus élevées de matières organiques biodégradables que celles que contiennent les eaux usées domestiques sont acceptables, sous réserve de réglementations préalables.

Ces lignes directrices, qui sont censées s'appliquer jusqu'à la prochaine révision du présent document, décrivent les principes et pratiques suivis en matière de gestion des effluents dans le contexte méditerranéen et ont pour but d'aider à identifier et à sélectionner des méthodes appropriées à la région méditerranéenne. Elles prennent en considération et respectent les principes généralement connus, ainsi que les directives pertinentes de l'Union européenne (UE) et en particulier la Directive du Conseil relative à l'épuration des eaux usées urbaines (91/271/CEE). Les paramètres les plus importants des effluents, le degré minimum d'épuration et le niveau d'épuration habituellement requis sont indiqués pour chacune des options de rejet. Les lignes directrices peuvent être appliquées pour évaluer les rejets d'effluents existants, les nouveaux systèmes et les propositions de gestion des effluents. Elles ne sont pas censées se substituer à la réglementation nationale ou internationale applicable dans ce domaine ni surtout, pour les pays de l'UE, aux directives pertinentes.

À qui s'adressent les lignes directrices

Ces lignes directrices sont censées être utilisées dans la région méditerranéenne, et particulièrement dans les pays de la région qui n'appartiennent pas à l'UE, par :

- les responsables de la prise de décisions concernant l'épuration et l'élimination des eaux usées et la gestion des effluents en milieu urbain;
- les planificateurs et concepteurs de systèmes d'épuration et d'élimination des eaux usées;
- des groupes et organisations comme organismes gouvernementaux, services des eaux, décideurs, personnel des services de réglementation, groupes communautaires et

groupes d'intérêt particulier participant à l'élaboration des plans de gestion des zones côtières, des bassins fluviaux ou des bassins versants;

- les personnes appelées à participer aux processus d'approbation à différents niveaux;
- les formateurs en vue de renforcer les capacités sur le terrain;
- toutes les autres personnes qui s'intéressent à la gestion des systèmes d'assainissement des eaux usées.

Méthodologie utilisée

Le problème de la gestion des eaux usées: i) est d'une solution complexe car une importance égale doit être attribuée à ses aspects environnemental, économique et social; ii) est onéreux en raison des coûts d'investissement élevés et des frais d'exploitation permanents qu'il implique, la tendance étant à leur augmentation constante; iii) est sensible puisque les solutions ont directement trait à l'environnement et à la population; iv) s'inscrit dans le long terme puisque la mise en œuvre de la solution du problème et l'amélioration escomptée des conditions de l'environnement prennent du temps, outre que la surveillance appelle une mise en œuvre continue. Puisque tous ces facteurs constituent des éléments différents et interdépendants, entraînant des conflits d'intérêt mutuels, il n'existe aucune solution idéale. Au contraire, ils doivent donner lieu, dans chaque situation et à chaque moment donnés, au compromis le plus acceptable, ce qui signifie que les solutions doivent être économiquement acceptables, tant pour la population que pour les parties prenantes, et qu'elles doivent contribuer à une meilleure protection et durabilité de l'environnement. Elles doivent aussi avoir une flexibilité suffisante pour être constamment réajustées et perfectionnées en vue de répondre à des normes de protection de l'environnement de plus en plus rigoureuses.

Cela étant, il n'est pas facile aux décideurs et autres acteurs de prendre part à la solution du problème, en particulier à ceux qui n'ont pas en la matière les connaissances et l'expérience requises. Par conséquent, il est nécessaire et utile de disposer de lignes directrices régionales homogènes, applicables à un grand nombre de situations, puisqu'elles permettent une vue d'ensemble relativement simple et rapide des éléments d'une solution réaliste. Grâce aux lignes directrices, il est possible d'obtenir rapidement les éléments fiables indispensables à une solution correcte du problème, ce qui épargnera du temps et des ressources et écartera aussi le risque d'une solution inacceptable.

Pour mieux appréhender ce problème complexe et pluridisciplinaire ainsi que l'application des lignes directrices, les thèmes sont présentés de la manière méthodique qui s'impose si l'on veut les saisir dans leur ensemble. La structure du document permet aussi d'avoir commodément accès aux informations que l'on recherche sans être obligé de le consulter dans son intégralité.. Ainsi, chaque chapitre constitue un thème en soi tout en faisant partie intégrante d'une unité et d'un cadre au sein desquels les vrais problèmes sont résolus - autrement dit l'assise sur laquelle reposent les lignes directrices pour l'épuration et l'élimination des eaux usées. Tout d'abord, un cadre d'ensemble est tracé pour la solution des problèmes, puis ce cadre est resserré en abordant la gestion des eaux usées, et enfin les lignes directrices sont énoncées.

C'est dans cette perspective qu'un cadre général pour la conservation de l'eau et la gestion des eaux usées est d'abord présenté au chapitre 2.. Il comprend des thèmes tels que: généralités sur l'eau, caractéristiques des eaux usées, caractéristiques des rejets d'eaux usées, utilisations environnementales et qualité de l'eau, législation et rôle des autorités, surveillance continue. Dans ce même chapitre, le lecteur trouvera des informations sur l'importance de l'eau et la nécessité de sa protection, les impacts des eaux usées sur la population et l'environnement. Le chapitre s'adresse à ceux qui ont une connaissance insuffisante des problèmes de la qualité de l'eau et des systèmes de contrôle de l'eau.

Le chapitre 3 détaille le cadre strict de la gestion des eaux usées. Les thèmes traités sont: buts et objectifs, stratégie et principes, mécanismes de contrôle, qualité des effluents,

protection des eaux réceptrices et des écosystèmes aquatiques, parties prenantes, rôle des entreprises/autorités responsables des eaux usées, et consultation de la communauté. Les éléments de base du système de contrôle des eaux usées urbaines et les lignes directrices qu'il conviendrait de suivre pour résoudre les problèmes de leur gestion, sont exposés en détail. Dans ce même chapitre, le lecteur trouvera les informations nécessaires pour mieux saisir les solutions possibles. Le chapitre s'adresse à ceux qui souhaitent avoir des informations détaillées sur la gestion des eaux usées et les facteurs qui influent sur le choix d'une solution, ainsi que les incidences du problème sur l'environnement, la population et l'économie.

Le chapitre 4 présente les méthodes de gestion des effluents: réduction des déchets, épuration des eaux usées, épandage, rejet des eaux usées dans la mer, eau d'irrigation obtenue par réutilisation d'effluents traités. Les caractéristiques de base des solutions techniques et autres de gestion et d'élimination des effluents sont présentées, avec la procédure adoptée pour leur conception.. Les problèmes abordés dans ce chapitre sont d'ordre technique et étroitement liés au choix de la solution; leur présentation s'adresse par conséquent à un public de spécialistes de la gestion des eaux usées.

Le chapitre 5 est consacré aux lignes directrices concernant l'épuration et l'élimination.. Ces lignes directrices ont trait au choix du degré d'épuration requis, en fonction des caractéristiques des eaux usées et du milieu récepteur. Ainsi, elles portent sur l'épuration, l'épandage, l'élimination dans les eaux côtières et les eaux intérieures. En outre, les caractéristiques de chaque procédé d'élimination sont exposées et expliquées, avec leurs avantages et inconvénients, de même que les préalables au choix d'une solution appropriée. Ce chapitre a directement trait au choix d'une solution réaliste puisqu'il permet, d'une manière simple et concise, de retenir une solution acceptable conforme à la pratique actuelle dans la région.. Il s'adresse à tous ceux qui veulent une information rapide et solide concernant une solution acceptable.

Enfin, les caractéristiques de la surveillance de l'eau et des effluents, nécessaires pour contrôler l'efficacité des mesures appliquées, sont présentées en détail.

En dehors des chapitres de fond que l'on vient d'énumérer, une "Introduction" ouvre le premier chapitre pour exposer les raisons de la publication, sa finalité, le public auquel elle est destinée. À la fin du document, un glossaire définit les termes nécessaires à sa compréhension, et les références bibliographiques contiennent une liste des ouvrages utilisés pour sa rédaction et des autres titres qui peuvent être consultés sur ce sujet.

Comme on pourra le constater, la conception du document permet aux parties intéressées d'accéder commodément aux informations sur la base desquelles une décision pourra être prise pour le choix de la solution d'un problème donné au moyen des lignes directrices (chapitre 5). Le document contient également les informations nécessaires pour la compréhension complète du problème de l'épuration et de l'élimination des eaux usées, ainsi que les lignes directrices pertinentes (chapitres 2, 3, 4 et 6). Ainsi, en fonction de ses besoins, le lecteur peut utiliser le document de diverses manières.. Si la situation est claire et le problème bien appréhendé, il aura recours aux lignes directrices (chapitre 5); si le problème est mal défini et appelle une meilleure compréhension, il aura recours à une vue d'ensemble de la question, puis aux lignes directrices, pour retenir l'option la plus acceptable.

Le document contient également des explications et des lignes directrices pour plusieurs aspects différents de la gestion des eaux usées; aussi peut-on l'utiliser dans les différentes situations rencontrées en pratique (surveillance continue, participation du public, réglementations, aspects économiques, objectifs de qualité de l'eau, normes de qualité de l'eau, épuration des eaux usées, méthodes d'élimination, etc.), si bien que sa portée et son utilisation sont générales.

On se doit de souligner enfin que le document n'a pas pour finalité de se substituer aux réglementations nationales conformes aux dispositions de l'UE mais d'offrir aux utilisateurs, dans leur pratique quotidienne, un guide propre à la région pour la solution des problèmes, et de permettre ainsi une approche uniforme et harmonisée pour atteindre les objectifs communs de protection de l'eau et de la mer.

2. CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES

L'eau est essentielle à la vie, et joue aussi un rôle important dans l'économie de tout pays moderne. Aussi est-il indispensable pour l'avenir de tout pays de veiller à ce que les ressources hydrauliques soient comprises, respectées et gérées comme il convient. Satisfaire les demandes concurrentes d'eau et préserver et améliorer la qualité de l'eau constituent un défi important et parfois difficile.

Les cours d'eau, estuaires, eaux côtières et eaux souterraines sont autant d'éléments qui font partie intégrante de l'environnement naturel. Une planification et une gestion judicieuse s'imposent par conséquent pour les protéger et les conserver et veiller à ce que l'eau qui en provient soit de qualité appropriée pour différentes utilisations.

L'eau offre des habitats importants pour les plantes et animaux sauvages et nous utilisons l'eau pour l'agriculture et l'industrie, les activités de loisirs, et évidemment aussi la boisson.

L'eau que nous utilisons finit par retourner aux cours d'eau et à la mer. Si elle n'est pas polluée par des substances nocives persistantes, l'eau peut être utilisée maintes et maintes fois. C'est ainsi qu'il importe de ne pas polluer simultanément une trop grande quantité d'eau d'un cours d'eau ou d'autres sources.

L'eau, et les plantes et animaux qui y vivent, peuvent diluer, disperser et décomposer certaines des matières qui y pénètrent. L'on a longtemps utilisé cette capacité de l'eau, qu'il s'agisse des eaux côtières ou des eaux intérieures, pour éliminer les déchets. C'est pour cette raison qu'il faut veiller à ce que l'eau et ses composantes biologiques puissent jouer leur rôle de purification et que le déversement de polluants ne menace pas la qualité de l'eau.

Qualité générale de l'eau

L'environnement aquatique est un système complexe déterminé par toute une série de processus physiques, chimiques et biologiques. Il faut par conséquent bien comprendre ces derniers si l'on veut pouvoir évaluer l'impact passé ou futur de l'homme sur l'eau. Particulièrement intéressante dans ce contexte est la description des processus et de leurs échelles spatiales et temporelles, dont l'importance varie selon les eaux et les situations de pollution considérées.

Pour identifier la méthode d'épuration la mieux appropriée, il faut commencer par évaluer la sensibilité des eaux. Cette sensibilité peut être évaluée au regard des caractéristiques écologiques de l'eau (par exemple eaux eutrophisées ou potentiellement eutrophisées) ainsi que de ses utilisations (par exemple eaux destinées à la boisson ou à la production de denrées alimentaires).

Caractéristiques des eaux usées

Les eaux usées municipales sont un mélange d'eaux usées domestiques, d'effluents provenant d'établissements commerciaux et industriels et de ruissellements d'eau de pluie. Leur composition dépend des caractéristiques spécifiques de la consommation, qui peut varier de 50 à 300 l/habitant/jour, ce qui, avec des facteurs non liés aux rejets des ménages

ou de l'industrie, explique la grande diversité des concentrations des principaux éléments constitutifs des eaux usées.

Les eaux usées municipales contiennent plus de 99,1% d'eau, le reste étant composé de matières comme matières organiques et inorganiques dissoutes et en suspension et microorganismes. Ce sont ces matières qui donnent aux eaux usées municipales leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. L'on trouvera au tableau 1 une description de la composition habituelle des eaux usées municipales. Les valeurs varient selon le type d'eaux usées à traiter et le système de collecte utilisé. Les concentrations sont plus élevées dans les systèmes séparés que dans les systèmes combinés. En outre, la qualité des eaux usées est marquée par des variations saisonnières, journalières et horaires. Les concentrations varient aussi selon que le temps est sec ou pluvieux. Il faut toujours, pour la conception des systèmes, déterminer la composition effective des eaux usées.

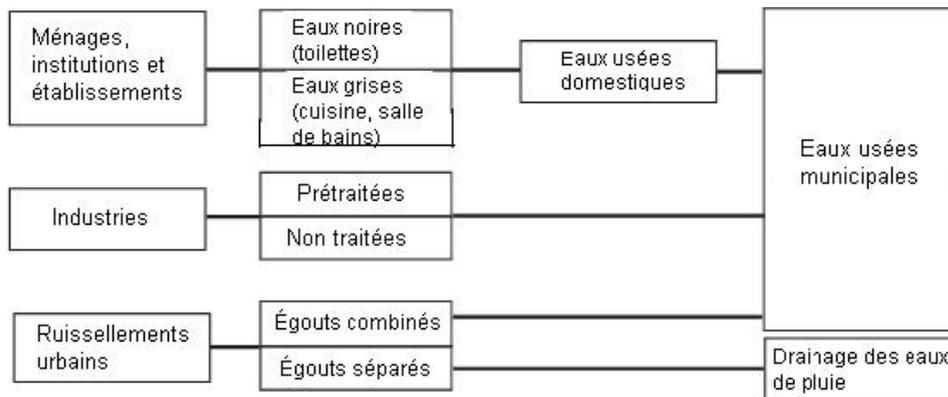


Figure 2. Éléments des eaux usées municipales

Tableau 1

Composition habituelle des eaux usées municipales (PNUE - GPA, 2000)

Paramètre	Description	Fourchette de concentration
Qm (l/habitant/jour)	Production moyenne d'eaux usées par habitant et par jour	150 - 250
TS (mg/l)	Matières organiques et inorganiques décantables, en suspension et dissoutes	300 - 1000
SS (mg/l)	Partie des solides organiques et inorganiques qui ne sont pas dissous	150 - 350
DBO5 (mg/l)	Demande d'oxygène biologique (5-d, 20 C), qui représente la partie biodégradable de la composante organique	100 - 400
N total (mg/l)	L'azote total comprend l'ammoniac, les nitrites et nitrates et l'azote organique	20 - 85
N organique (mg/l)	Azote lié aux protéines, aux acides aminés et à l'urée	8 - 35
N - NH3 (mg/l)	L'ammoniac est produit au début de la décomposition de l'azote organique	12 - 50
P total (mg/l)	Phosphore total sous forme organique et inorganique	5 - 15
P organique (mg/l)	Phosphore organique lié aux matières organiques	1 - 5
P inorganique (mg/l)	Forme inorganique du phosphore sous forme d'orthophosphate et de polyphosphate	4 - 10
Total des coliformes	Groupe de bactéries aérobiques et parfois anaérobiques Gram-négatives ne formant pas de spores et causant la fermentation du lactose qui habite généralement le gros intestin de l'homme et des animaux	10^6 - 10^9 /100ml
Cl (mg/l)	Le chlore que contiennent les eaux usées provient du réseau d'approvisionnement, des déchets humains et des adoucisseurs d'eaux domestiques	30 - 100
Sulfates (mg/l)	Teneur en sulfates des eaux usées	20 - 50

Par habitant, la charge de solides dissous et en suspension dans les eaux usées municipales reste relativement stable (tableau 2). Les variations à cet égard peuvent être imputables à la nature des industries qui génèrent les eaux usées, l'utilisation d'appareils de mouture des ordures et d'adoucisseur d'eaux domestiques et aux rejets de boues septiques. Leur impact peut être significatif dans les petites stations d'épuration.

L'équivalent population d'un déchet peut être déterminé en divisant la masse totale journalière par la masse par habitant.

Tableau 2
Charges unitaires habituelles en déchets

Élément	Charge
DBO ₅ (g/hab/j)	60 - 80
DCO (g/hab/j)	110 - 160
Total des solides en suspension (TSS) (g/hab/j)	70 - 100
Azote total (N) (g/hab/j)	11 - 14
Phosphore total (P) (g/hab/j)	2 - 4
Total des coliformes (c.b./hab/j)	10 ¹⁰ - 10 ¹²

Caractéristiques des rejets d'eaux usées

Pour gérer comme il convient les effluents, il faut pousser l'épuration des eaux usées jusqu'à un niveau de nature à prévenir toute nouvelle détérioration des écosystèmes aquatiques, les protéger et les améliorer, minimiser les risques pour la santé humaine et protéger les utilisations et valeurs environnementales de l'eau. Une épuration insuffisante des eaux usées peut causer des dommages significatifs et irréparables aux environnements aquatiques et terrestres où elles sont rejetées. Les principales menaces pour l'environnement proviennent de contaminants comme d'abord le phosphore puis l'azote pour les eaux intérieures, essentiellement l'azote et le phosphore pour l'eau de la mer, la DBO/DCO, les solides en suspension, les métaux lourds et les substances toxiques et les éléments pathogènes. Tous ces contaminants peuvent causer des dommages à l'environnement et représenter une menace pour la santé humaine, directement ou indirectement, par le biais de la chaîne alimentaire.

Valeurs esthétiques

Il importe de protéger les valeurs esthétiques de l'environnement pour éviter des problèmes inacceptables d'apparence, d'odeur et de goût ainsi que les autres manifestations visibles de rejets de déchets solides: couleur, matières flottantes à la surface de l'eau, graisses et huiles. Généralement, il ne devrait y avoir aucune irisation visible ni aucun déchet solide flottant à la surface de l'eau, particulièrement dans les zones de baignade. Pour cela, il faut utiliser des procédés de prétraitement et, mieux encore, un traitement primaire.

Éléments pathogènes

Les excréments humains et animaux contiennent des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, champignons et protozoaires) qui constituent une menace directe pour la santé de l'homme. Les maladies transmises par l'eau, comme les maladies gastro-intestinales, sont au nombre des principaux risques.

Les eaux usées non traitées contiennent beaucoup d'espèces de microorganismes qui déterminent les risques potentiels pour la santé des utilisations ludiques des eaux de

réception ou la consommation de produits de la mer. Les éléments pathogènes rejetés par les effluents finissent par pénétrer dans l'eau. Ils meurent lentement dans les cours d'eau, les lacs et la mer et contaminent les poissons et les crustacés et mollusques. Leur taux de mortalité est beaucoup plus élevé en mer qu'en eau douce. Des normes appropriées doivent prescrire le niveau auquel le contenu en éléments pathogènes doit être réduit pour préserver les valeurs et utilisations environnementales appropriées.

Les coliformes fécaux constituent l'indicateur le plus largement utilisé pour évaluer la présence probable d'éléments pathogènes et ont été sélectionnés car ils indiquent la présence de matières fécales fraîches et ainsi la source possible des éléments pathogènes.

Nutriments

Des nutriments comme le phosphore et l'azote sont habituellement présents dans les eaux usées domestiques. Une concentration accrue de ces matières dans les eaux de réception entraîne habituellement une sur-fertilisation et des floraisons d'algues ou de dinoflagellés (eutrophisation) qui altèrent les écosystèmes naturels. Ce phénomène peut également susciter dans certains cas l'apparition d'espèces indésirables comme les cyanobactéries qui produisent des biotoxines causant une irritation de la peau des baigneurs et peuvent tuer les animaux qui boivent les eaux affectées. Les organismes, une fois morts, commencent à se décomposer et épuisent l'oxygène, ce qui, à son tour, affecte toutes les formes de vie plus élevées que renferment les eaux.

Les niveaux acceptables de nutriments varient beaucoup et peuvent être évalués au cas par cas. Une eau doit être considérée comme sensible aux nutriments si:

- les lacs naturels, les autres réservoirs d'eau, les estuaires et les eaux côtières sont eutrophisés ou peu renouvelés;
- les eaux de surface parmi lesquelles est prélevée l'eau de boisson contiennent une concentration de nitrates plus élevée que celle fixée par les normes applicables.

Les zones moins sensibles sont les secteurs maritimes ou les réserves d'eau douce où, du fait des conditions morphologiques, hydrologiques ou hydrauliques spécifiques qui y prévalent, les eaux usées n'affectent pas l'environnement. D'une façon générale, ces régions sont caractérisées par un renouvellement ou une circulation rapide de l'eau et ne sont pas soumises à l'eutrophisation ni à l'épuisement d'oxygène.

Éléments toxiques

Les éléments toxiques comme les métaux lourds (mercure, cadmium, etc.) et les substances organiques persistantes, comme les polychlorobiphényles (PCB) que contiennent les effluents peuvent avoir un impact aigu ou chronique sur la santé. Ils constituent un risque chronique lorsqu'ils:

- sont persistants dans l'environnement aquatique;
- sont bioconcentrés plusieurs milliers de fois;
- ont un effet toxique après une exposition prolongée à de faibles concentrations.

Les éléments toxiques les plus communs sont les métaux lourds et les matières organiques chlorées, qui constituent un problème dans n'importe quel environnement. Les PCB et autres substances organiques persistantes peuvent, par le biais de la chaîne alimentaire en mer, finir dans les tissus adipeux et le lait des phoques adultes. Il importe d'établir, sur la base de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation, une liste des substances prioritaires qui constituent un risque sérieux pour l'environnement aquatique ou par son intermédiaire.

L'approche la mieux appropriée consiste à réduire les éléments toxiques à la source. Cette approche doit être appliquée à toutes les eaux usées industrielles qui contiennent de telles matières, l'objectif étant d'éliminer ou de réduire la pollution de l'eau par certaines substances dangereuses. Il faut pour cela fixer des normes d'émission pour les égouts et les eaux, établir un système d'autorisation préalable et mettre en oeuvre des programmes de prévention ou de réduction de la pollution. Les éléments toxiques peuvent être retirés en partie des eaux usées par biodégradation ou bien persistent dans les boues. Il ne faut pas que ces substances puissent contaminer les boues provenant de l'épuration des eaux usées à tel point que leur réutilisation puisse être interdite.

L'emploi de chlore à des fins de désinfection est particulièrement préoccupant si les effluents sont rejetés dans l'eau étant donné que sa concentration risque d'être nocive pour la vie aquatique. En cas de rejet dans l'eau, il y a lieu de privilégier des méthodes d'épuration qui n'aggravent pas la toxicité de l'effluent dans l'eau. Un bon exemple en est un émissaire sous-marin à longue distance qui désinfecte à l'eau de mer. Lorsque l'usage de chlore est dans la pratique la seule formule pouvant être envisagée, il faut si possible déchlorer les effluents lorsque ceux-ci ne sont pas suffisamment dilués par dispersion pour faire tomber les concentrations de chlore au-dessous des niveaux toxiques.

Les produits chimiques toxiques inorganiques, comme les métaux, peuvent à haute concentration causer des effets de synergie ou d'antagonisme sur la toxicité dans les stations d'épuration biologique des eaux usées.

Solides dissous

Les solides dissous sont la partie des solides organiques et inorganiques qui ne peuvent pas être retirés par filtrage. L'impact de la concentration et de la nature de sels solubles dans les effluents traités sur les sols et l'eau douce doit être évalué très soigneusement. Les sels rejetés avec les effluents peuvent affecter la salinité de l'eau douce, laquelle peut à son tour affecter les écosystèmes, selon le degré de stress et les caractéristiques de ces derniers. Ils peuvent également affecter les utilisations possibles de l'eau douce.

Il faut en outre prendre très soigneusement en considération l'impact des solides dissous en cas d'épandage sur les sols. Ces solides peuvent créer de sérieux problèmes environnementaux, particulièrement lorsque la nappe phréatique est peu profonde. Le problème est particulièrement sérieux lorsque des effluents ou l'eau en question sont utilisés pour l'irrigation. Même si la concentration des sels dissous est peu élevée, ces derniers peuvent entraîner une forte concentration de sels dans le sol et affecter la productivité agricole.

Solides en suspension

Les solides en suspension proviennent des déchets ménagers industriels mais aussi des ruissellements urbains. Ils troublent l'eau des cours d'eau et des lacs, ce qui, à son tour, affecte la productivité biologique dans l'eau. Pour une large part, les solides en suspension sont des matières organiques. Lorsqu'ils se décantent dans les lacs, cours d'eau et estuaires, ils commencent à se décomposer, ce qui crée un environnement local pauvre en oxygène qui a les mêmes effets que la DBO. En outre, l'élimination des eaux usées dans des eaux peu profondes ou dans des zones maritimes proches de la côte peut également entraîner ce phénomène. D'un autre côté, l'on peut retirer les solides en suspension à relativement peu de frais. Logiquement, par conséquent, la première étape de l'épuration primaire doit consister à retirer les solides en suspension, les étapes ultérieures de l'épuration biologique pouvant être ajoutées par la suite, à mesure que des fonds deviennent disponibles.

Autres considérations

Il faut également tenir compte, pour évaluer chaque méthode de rejet, de tous les autres paramètres, qui sont notamment la température, le sable, le pH, les huiles, la demande biochimique d'oxygène, etc. Les matières organiques (DBO) appauvrissent l'oxygène dans les eaux de surface, ce qui entraîne la mort des poissons tandis que l'eau noircit et s'infecte.

L'examen doit porter notamment sur l'impact des paramètres sur les écosystèmes et les valeurs environnementales de l'eau ou des sols de réception.

Encadré 1: Éléments présents dans les eaux usées et leur impact sur le milieu marin

Nature	Impact
Solides	De fortes concentrations de solides en suspension peuvent causer une turbidité excessive, faire de l'ombre aux prairies marines et entraîner une sédimentation qui peut causer des dommages aux habitats benthiques et causer un environnement anaérobique au fond de la mer. Les particules fines peuvent également comporter par adsorption des produits organiques toxiques, des métaux et des éléments pathogènes.
Matières organiques	La dégradation biologique des matières organiques cause une demande d'oxygène et peut appauvrir l'oxygène dissout disponible. L'impact des eaux usées est fréquemment exprimé en termes de DBO (demande biochimique d'oxygène). Des niveaux élevés de DBO dans les eaux naturelles peuvent par conséquent entraîner hypoxie et anoxie, spécialement dans les eaux peu profondes et les systèmes aquatiques fermés, avec pour résultat la mort des poissons et un environnement anaérobique. Ce type d'environnement se traduit habituellement par le dégagement de mauvaises odeurs (par suite de la formation de sulfure d'hydrogène).
Nutriments	Les nutriments accroissent les taux de production primaires (production d'oxygène et de biomasse d'algues); des niveaux élevés entraînent des nuisances comme floraison d'algues, mort du corail et des prairies marines, l'eutrophisation pouvant entraîner hypoxie et anoxie, ce qui suffoque les ressources biologiques (poissons). La mort massive d'algues crée des quantités supplémentaires de matières organiques.
Éléments pathogènes	Les éléments pathogènes peuvent entraîner des maladies chez l'homme et même causer la mort. L'exposition à des éléments pathogènes pour l'homme par contact avec des eaux contaminées ou la consommation de produits de la mer contaminés peut se traduire par des infections et des maladies.
Produits chimiques organiques toxiques	L'on soupçonne que beaucoup de substances toxiques sont carcinogènes et mutagènes. Ces substances peuvent se concentrer dans les tissus des poissons, crustacés et mollusques qui, lorsqu'ils sont consommés, représentent un risque pour la santé humaine. La bioaccumulation affecte les poissons et la sauvagine aux échelons plus élevés de la chaîne alimentaire.
Métaux	Les métaux, sous différentes formes, peuvent être toxiques pour divers organismes marins et pour l'homme; les crustacés et mollusques sont particulièrement vulnérables dans les régions où se trouvent des sédiments très contaminés.
Pétrole, huiles et graisses	Le pétrole et les huiles et graisses flottent à la surface de l'eau de mer, ce qui entrave l'aération naturelle, et peuvent avoir un effet toxique pour la vie aquatique, détruire la végétation côtière, affecter les utilisations ludiques de l'eau et les plages et être un risque pour les oiseaux de mer.

Utilisations environnementales et qualité de l'eau

Définition des zones d'utilisation

L'on trouvera au tableau 3 une énumération des utilisations génériques des eaux de réception qui ont été identifiées.

Tableau 3
Utilisations des eaux

Zone d'utilisation
Eau de boisson
Pêches
Collecte de mollusques et crustacés
Utilisations agricoles
Écosystèmes
Prélèvement
Baignade
Loisirs dans l'eau ou en mer
Paysages
Zones de mélange

Les utilisations de l'eau sont souvent propres à un secteur particulier des eaux de réception. La "collecte de mollusques et crustacés" est une activité réalisée dans les bancs d'huîtres, par exemple, la "baignade" sur les plages, les "loisirs" dans les secteurs utilisés pour diverses utilisations de ce type, etc. Ces secteurs sont appelés zones d'utilisation.

L'utilisation de l'eau appelée "écosystèmes" s'applique souvent à tous les secteurs situés en dehors de la zone de mélange. Il importe néanmoins de spécifier des zones spéciales de protection ou de conservation.

L'eau utilisée à des fins de boisson revêt un intérêt stratégique particulier et c'est elle qui doit être la mieux protégée pour garantir une utilisation durable à long terme de l'eau. Généralement, les rejets d'effluents ne sont pas autorisés dans ces zones.

Le tracé des lignes de délimitation des zones d'utilisation est une activité multidisciplinaire à laquelle doivent participer des spécialistes de la biologie, de la chimie et de l'environnement, le grand public, les responsables politiques et toutes les autres parties intéressées. Les zones sont généralement définies dans le cadre des processus de planification de l'aménagement du territoire.

La définition de l'utilisation qui est faite de l'eau dans la zone dont il s'agit est après l'étude des conditions environnementales, l'une des premières étapes du processus de planification de la gestion des eaux usées.

Le choix le plus délicat est celui de la "zone de mélange", c'est-à-dire, dans la pratique, le choix du point de rejet de l'effluent. La zone doit être sélectionnée en étroite coopération avec le public et les autorités compétentes. Un outil approprié, pour la sélection de cette zone, est l'évaluation d'impact environnemental ou toute autre méthode d'évaluation semblable.

Objectifs de qualité environnementale et normes de qualité environnementale

Le principe qui est à la base de la politique méditerranéenne de protection du milieu aquatique et du milieu marin est que les normes auxquelles doivent répondre les rejets doivent être fixées à la lumière de l'objectif visé en ce qui concerne la qualité des eaux affectées.

Les objectifs de qualité environnementale (OQE) signifient que les eaux dont il s'agit doivent être appropriées aux utilisations identifiées par l'organe de réglementation. Ces utilisations sont protégées par une ou plusieurs normes de qualité environnementale (NQE). Une NQE définit une concentration spécifiée de telle ou telle substance dans l'eau dont il s'agit, laquelle ne doit pas être dépassée pour que l'utilisation qui en est faite ne soit pas compromise.

Cette approche implique qu'il faut ménager dans l'environnement une zone raisonnable où les rejets puissent se mélanger aux eaux de réception. Cette "zone de mélange" est le secteur situé autour d'un point de rejet où les NQE peuvent être dépassées et où certains dommages peuvent être causés à l'environnement. La décision sur le point de savoir si une "zone de mélange" est ou non de dimensions raisonnables relève de l'appréciation de l'organe de réglementation.

L'on trouvera au tableau 4 une liste des principaux OQE qui ont été fixés pour protéger les utilisations du milieu aquatique.

Il faut établir, pour chaque utilisation des eaux, des normes de qualité environnementale (NQE) et des normes de qualité de l'eau appropriées. Pour les pays de l'UE et ceux qui s'appêtent à y adhérer, ces normes sont définies par les directives pertinentes de l'UE. D'une façon générale, les pays non membres de l'Union ont établi des normes semblables aux directives de l'UE ou aux normes recommandées par des institutions internationales comme l'Organisation mondiale de la santé, la Convention de Barcelone et ses Protocoles et les critères intérimaires de qualité environnementale (CIQE du PAM).

Les normes de qualité environnementale qui peuvent être appliquées aux divers types d'utilisation de l'eau sont exposées au tableau 5. Il s'agit de normes minimums. Chaque pays peut appliquer des normes plus rigoureuses, selon les conditions spécifiques qui caractérisent son environnement et/ou les obligations qu'il a assumées au plan international ou régional.

Tableau 4
Objectifs de qualité environnementale

OQE No.	Objectif de qualité environnementale	Description
1	Eau de boisson	L'objectif est la protection du consommateur grâce à la réduction des concentrations de certaines substances dans l'eau, selon le degré d'épuration de l'eau pouvant être atteint pour parvenir à la norme applicable à l'eau de boisson.
2	Protection des sources d'alimentation humaine 2a) Pêches 2b) Conchyliculture 2c) Utilisations agricoles	L'objectif est la protection du consommateur grâce à une réduction de la concentration de certaines substances dans tout aliment provenant directement ou indirectement d'eau douce ou d'eau de mer ou de l'utilisation d'eau à des fins agricoles.
3	Protection des poissons, mollusques et crustacés	L'objectif est de préserver les poissons, mollusques et crustacés, principalement à des fins d'exploitation commerciale mais aussi pour la pêche à la ligne, la protection d'un écosystème ou, d'une façon générale, la gestion de l'environnement. L'OQE2 peut également être applicable, mais seulement si le poisson est consommé par l'homme. La protection doit porter en particulier sur les étapes les plus sensibles du cycle biologique.
4	Biodiversité	L'objectif est la protection des autres formes de vie aquatique et des organismes non aquatiques qui en dépendent, autres que ceux exploités commercialement, comme sources d'aliments et/ou un écosystème. Le cas échéant, il est tenu compte des étapes sensibles du cycle biologique. S'il y a consommation par l'homme, l'OQE2 ci-dessus est également applicable.
5	Protection des prélèvements industriels	Les eaux salées ne sont habituellement prélevées qu'à des fins de refroidissement et les normes de qualité applicables ne sont pas élevées. De l'eau douce peut être prélevée pour différentes utilisations industrielles à des fins spécifiques, selon les normes de qualité correspondantes.
6	Loisirs 6a) Baignade (contact primaire avec l'organisme) 6b) Sports aquatiques (contact secondaire avec l'organisme) 6c) Paysages	Protection des nageurs et de ceux qui se livrent à des sports aquatiques et protection des valeurs esthétiques des eaux.
7	Prévention des nuisances publiques-considérations esthétiques	Ceci est la qualité environnementale minimum nécessaire pour protéger la santé publique et prévenir des odeurs et nuisances visuelles. D'autres qualités de caractère général, comme la protection des poissons, de la végétation aquatique, des oiseaux, etc., sont couvertes par les autres objectifs susmentionnés.

Tableau 5

Normes de qualité environnementale applicables aux différentes utilisations de l'eau

Valeur environnementale utilisation	EQO No. (Tabl. 1.)	Norme esthétique	Norme microbienne	Normes physiques et chimiques
Eau de boisson	1	Néant	Directives OMS/UE	Directives OMS/UR relatives à l'eau de boisson
Pêche	2a, 3	Néant	Pas de restriction	Directives pertinentes de l'UE (limite applicable à des substances sélectionnées); CIQE du PAM
Crustacés et mollusques	2b, 3	Néant	Directive de l'UE; CIQE du PAM	Directives pertinentes de l'UE (limite applicable à des substances sélectionnées); CIQE du PAM
Eau à usages agricoles	2c, 3	Néant	Lignes directrices pertinentes de l'UE ou de l'OMS; CIQE du PAM	Directives pertinentes de l'UE/OMS (limite applicable à des substances sélectionnées); CIQE du PAM
Écosystème	3, 4	Néant	Pas de restriction	Directives pertinentes de l'UE (limite applicable à des substances sélectionnées); CIQE du PAM
Prélèvement	5	Néant	Pas de restriction	Pas de restriction
Baignade	6a	Présence de solides reconnaissables interdite	Directives de l'UE relatives aux eaux de baignade; CIQE du PAM Lignes directrices de l'OMS	Directives pertinentes de l'UE (limite applicable à des substances sélectionnées); CIQE du PAM Lignes directrices de l'OMS
Sports aquatiques	6b	Présence à la surface de solides reconnaissables interdite	Lignes directrices de l'OMS	Directives pertinentes de l'UE (limite applicable à des substances sélectionnées); CIQE du PAM Lignes directrices de l'OMS
Paysages	6c	Présence de solides reconnaissables interdite	Pas de restriction	Selon les caractéristiques des écosystèmes et les besoins
Zone de mélange	7	Présence à la surface de solides reconnaissables interdite	Pas de restriction	Directive de l'UE concernant le TiO ₂ Pas d'autres restrictions

Législation et rôle des autoritésApproches

Essentiellement, il a été appliqué des approches différentes pour s'attaquer au problème posé par la pollution des eaux, et il y a donc eu également deux approches de la gestion des eaux usées:

- i) L'approche fondée sur l'objectif de qualité de l'eau (OQE) définit les normes minimums de qualité auxquelles doit répondre l'eau afin de limiter l'impact cumulé des émissions de sources aussi bien ponctuelles que diffuses. Cette approche met par conséquent l'accent sur un certain niveau de qualité de l'eau de sorte que celle-ci ne soit pas nocive pour l'environnement et la santé humaine.
- ii) L'approche fondée sur la valeur limite des émissions (VLE) met l'accent sur la quantité maximum tolérable de pollution qui peut être déversée de sources spécifiques dans l'environnement aquatique. Cette approche est en fait axée sur le résultat final d'un procédé, comme l'épuration des eaux usées ou les quantités de polluants qui peuvent être rejetées dans l'eau.

Dans le cas de l'approche fondée sur l'OQE, le degré d'épuration des eaux usées et la méthode d'élimination des effluents sont sélectionnés de manière à atteindre les normes de qualité de l'eau requises dans les eaux de la zone maritime de réception au moyen de la méthode ou solution la mieux appropriée (des points de vue économique et technologique). Cela signifie que le degré d'épuration des eaux usées doit être réglementé sur la base des caractéristiques des eaux usées (source de pollution) et les normes prescrites concernant la qualité des eaux de réception.

Dans le cas de l'approche fondée sur la VLE, le degré d'épuration des eaux usées et la méthode d'élimination des effluents sont prescrits directement ou indirectement (selon les quantités tolérables de polluants qui peuvent être déversées) par une réglementation appropriée, selon les caractéristiques de la source ponctuelle de pollution dont il s'agit.

Ces approches sont débattues depuis longtemps aussi bien par les scientifiques que par les décideurs. Aussi les textes législatifs adoptés récemment par beaucoup de pays méditerranéens ainsi que les normes de l'Union européenne sont-elles fondées sur une "approche combinée" selon laquelle les OQE et les VLE sont utilisés de manière à se renforcer mutuellement. Cette approche peut également être appliquée dans la région méditerranéenne. Selon ce concept, c'est l'approche la plus rigoureuse qui doit s'appliquer dans toute situation déterminée. Cette approche combinée est conforme au principe de précaution et au principe selon lequel les causes de dommages à l'environnement et à la santé doivent de préférence être éliminées à la source, ainsi qu'au principe selon lequel les conditions environnementales de chaque région déterminée doivent être prises en considération. Par conséquent, les conditions qui caractérisent l'environnement régional en Méditerranée ainsi que les conditions environnementales des différentes sous-régions et des divers pays méditerranéens doivent être prises en considération.

L'"approche combinée" de la maîtrise de la pollution signifie qu'il faut:

- limiter la pollution à la source en fixant des **valeurs limites d'émissions** ou d'autres mesures de réduction des émissions; et
- établir des **normes de qualité** de l'eau (objectifs) pour les eaux de réception des effluents et pour les utilisations autorisées de l'eau.

Quelle que soit la situation, c'est l'approche la plus rigoureuse qui doit s'appliquer. En l'occurrence, chaque pays doit déterminer à la fois les valeurs limites à appliquer pour réduire les émissions de chaque source ponctuelle et les normes de qualité environnementale tendant à limiter l'impact cumulé de ces émissions ainsi que celles provenant de sources diffuses de pollution.

Selon cette approche, le degré d'épuration des eaux usées et la méthode d'élimination des effluents sont prescrits directement ou indirectement au moyen d'une réglementation appropriée. Cette réglementation doit être conforme aux caractéristiques de chaque source de pollution (valeur limite d'émission) ainsi qu'à l'objectif prescrit de qualité de l'eau et aux utilisations autorisées des eaux de réception (normes de qualité environnementale requises).

Les valeurs limites les plus rigoureuses s'appliquent aux rejets dans l'eau douce utilisée pour la boisson, viennent ensuite des utilisations comme la baignade, les sports aquatiques, etc.

Si l'on veut que ce concept donne les résultats voulus, il faut, entre autres, mettre en place un système de contrôle approprié. Pour exercer le contrôle requis, les autorités compétentes doivent être dotées d'un pouvoir légal et de ressources suffisants pour être à même:

- d'identifier et de surveiller tous les types de rejets et autres impacts dans le bassin versant;
- d'accorder des permis de rejet des effluents et de faire respecter les conditions auxquelles ces permis sont subordonnés; et
- d'entreprendre des activités de prévention de la pollution, par exemple en établissant des zones de protection, ou de contrôler les activités pouvant avoir un impact néfaste sur la situation des eaux et de la mer.

Des objectifs environnementaux ou des valeurs limites d'émission spécifiques doivent être fixés pour les divers polluants et pour les sources de pollution par des substances prioritaires comme le mercure, le cadmium, l'hexachlorocyclohexane (HCH), le DDT, les PCB, le chloroforme, l'aldrine, la dieldrine, les cyanures, les métalloïdes et les métaux, etc.

Les eaux dans lesquelles est prélevée l'eau de boisson doivent faire l'objet d'une protection particulière. Il faut par conséquent établir une série appropriée de normes de qualité environnementale pour chaque catégorie d'eaux dans lesquelles est prélevée ou pourra être prélevée à l'avenir l'eau de boisson.

L'aspect le plus important d'un système rationnel de gestion des eaux usées est l'équilibre entre trois éléments critiques et interdépendants: 1) la qualité de l'eau, 2) l'investissement, et 3) les redevances. La norme de qualité de l'eau fixée comme objectif et le degré visé d'épuration des eaux usées doivent être définis. Ce sont ces normes de qualité, à leur tour, qui déterminent l'investissement requis pour parvenir aux objectifs en matière de qualité de l'eau. Enfin, les investissements déterminent les redevances, qui doivent être fixées de manière à recouvrer les coûts de l'opération. Ces redevances déterminent à leur tour le niveau de services qui peuvent être fournis et les objectifs connexes de qualité de l'eau. En l'absence d'équilibre, il sera impossible d'atteindre les normes de qualité de l'eau fixées comme objectif.

Rôle des autorités

La tendance générale qui se dégage des systèmes nationaux de réglementation contemporains consiste à identifier clairement et à séparer les rôles d'institutions chargées:

- de la gestion des ressources hydrauliques;
- de la réglementation; et
- de l'exploitation.

Les institutions du gouvernement central doivent répartir comme il convient les responsabilités entre les différents ministères et/ou les autorités régionales ou locales de manière à pouvoir mener à bien la stratégie de gestion durable des ressources hydrauliques. À cette fin, il faut:

- Déterminer quelle sera l'institution "chef de file" chargée de la mise en oeuvre de la Stratégie et d'assurer la bonne marche du processus de coopération et de prise de décisions lorsque plusieurs ministères interviennent. D'une manière générale, ces derniers seront le Ministère de l'environnement (normes de qualité de l'eau, valeurs limites d'émission), le Ministère de la santé (eau de boisson, utilisation des eaux usées traitées), le Ministère de l'agriculture et des forêts (utilisation des boues, pollution), le

Ministère de l'industrie (contrôle des émissions) et le Ministère des affaires étrangères (pollution transfrontière).

- Arrêter la répartition des responsabilités (législation, application) entre les institutions nationales et les organes régionaux et locaux.
- Mobiliser le concours d'autres organismes et institutions du secteur public (instituts de recherche, organismes de défense de l'environnement, services des eaux, inspection de l'eau/de l'environnement, etc.).
- Arrêter, concevoir et appliquer un plan national de protection des eaux.

En général, ce sont les autorités nationales compétentes qui sont responsables:

- Des activités de planification et d'exécution, notamment en ce qui concerne la fixation d'objectifs de qualité de l'eau et de valeurs d'émission spécifiques intégrant les considérations environnementales et économiques, avec la pleine participation des parties prenantes et compte tenu des vues des communautés;
- De la réglementation tendant à éviter les chevauchements et les lacunes dans les responsabilités administratives et sectorielles en matière de réglementation de l'eau et des eaux usées;
- De la mise en place de systèmes clairs d'obligation redditionnelle et d'organisation de la gestion des ressources hydrauliques;
- Des mesures à adopter pour satisfaire le souhait légitime des communautés de participer aux processus de prise de décisions;
- De la mise en place d'un inspectorat habilité à visiter les installations et à contrôler les pratiques de gestion et la qualité de l'eau au regard des objectifs fixés.

Les administrations régionales et locales ont un rôle important à jouer dans le secteur de l'eau parce que:

- Dans beaucoup de pays, certains pouvoirs sont déconcentrés au profit des régions ou des administrations locales (autorités responsables de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire, municipalités);
- Le concept moderne de gestion de l'eau est fondé sur la décentralisation au niveau des bassins fluviaux ou des bassins versants et associe les populations locales autant que possible aux processus de planification et de prise de décisions;
- Les autorités régionales et locales doivent coopérer pour déterminer les objectifs opérationnels liés aux utilisations de l'eau (eaux de baignade, eaux destinées à l'aquaculture, eaux dans lesquelles est prélevée l'eau de boisson, eau d'irrigation, etc.);
- Les services d'approvisionnement en eau et d'épuration des eaux usées relèvent de la responsabilité des administrations régionales ou locales;
- Ce sont les régions et les administrations locales qui sont responsables de la construction des réseaux d'approvisionnement en eau, des stations d'épuration des eaux usées, des canalisations et des égouts.

Les responsabilités dans ce domaine doivent tendre à faire en sorte que l'eau de boisson soit de bonne qualité et que les déchets humains soient éliminés de manière satisfaisante de façon à réduire au minimum les risques pour la santé publique.

Surveillance

La surveillance constitue un aspect essentiel de l'application de la législation relative à la qualité des eaux. La surveillance systématique de la qualité et de la quantité des eaux superficielles et des eaux souterraines comporte plusieurs aspects:

- suivi de la situation;
- surveillance des opérations;
- investigations; et

- vérification du respect de la réglementation applicable.

Une coordination adéquate des activités de surveillance non seulement contribue à la réalisation des objectifs environnementaux mais encore réduit la charge administrative et financière des activités de contrôle.

D'une manière générale, il faut mettre en place un système de surveillance:

- des rejets d'eaux usées, au regard des paramètres applicables dans chaque cas particulier;
- des eaux superficielles (eaux douces et eaux marines), au regard des paramètres écologiques, physiques, chimiques et morphologiques;
- des eaux souterraines, au regard des paramètres physiques et chimiques;
- des eaux de baignade (douce et eau de mer) pendant la saison des bains, au regard des paramètres bactériologiques et chimiques;
- de l'eau de boisson, au regard des paramètres bactériologiques, physiques et chimiques;
- des eaux réutilisées, au regard des paramètres bactériologiques, physiques et chimiques.

Les rapports constituent l'un des éléments les plus importants pour le suivi des progrès accomplis, les relations publiques et l'information. Les autorités compétentes doivent être habilitées à rassembler des informations, et elles doivent notamment être chargées de mettre en place un système de collecte de données et de rapports, notamment en stipulant que les installations autorisées à rejeter des eaux usées doivent tenir les autorités compétentes informées des activités couvertes par le permis.

3. CADRE DE GESTION

Buts et objectifs

La gestion des eaux usées a pour objectif d'éviter une dégradation à long terme de la qualité de l'eau douce et des eaux côtières grâce à une épuration appropriée des eaux usées et à des méthodes d'élimination des effluents de nature à garantir une protection et des possibilités d'utilisation durables des ressources hydrauliques. Ainsi, le but essentiel de la gestion des eaux usées est de restituer les eaux usées traitées à l'environnement d'une manière jugée acceptable par la communauté eu égard aux considérations aussi bien environnementales que de coût. Les objectifs de la gestion des eaux usées sont notamment les suivants:

- minimisation des risques pour la santé;
- prévention de la dégradation du milieu aquatique;
- promotion des utilisations durables de l'eau;
- réduction à la fois de l'impact néfaste sur les sols et de la contamination des eaux superficielles et souterraines imputables à l'épandage d'eaux usées;
- maintien des normes convenues de qualité des eaux de réception lors des rejets dans les eaux superficielles et la mer;
- maximisation de la réutilisation des eaux usées traitées compte tenu à la fois de la valeur de l'eau et des nutriments.

Les objectifs de la qualité de l'eau sont habituellement déterminés après examen:

- des écosystèmes existants;
- de la situation existante des eaux et des tendances de la qualité des eaux;
- des utilisations des eaux de réception;
- des flux environnementaux (flux biologique minimum);

- des autres objectifs de la communauté.

Les objectifs de la qualité s'appliquent à toutes les catégories d'eau et dépendent des conditions ambiantes ainsi que de la toxicité, de la persistance et des risques de bioaccumulation des diverses substances.

Stratégie et principes

Par développement écologiquement rationnel, l'on entend notamment l'amélioration du bien-être aux échelons aussi bien individuel que régional grâce à un développement économique qui concilie des exigences économiques, écologiques et sociales tout en sauvegardant le bien-être des générations futures.

Ce concept de développement écologiquement rationnel repose sur une politique plus globale fondée sur une gestion intégrée de l'eau au niveau des bassins fluviaux et des bassins versants. Ces bassins, y compris les bassins côtiers, constituent les secteurs géographiques identifiables les mieux appropriés pour la gestion des ressources hydrauliques et des eaux côtières. Cette approche permet en effet d'évaluer l'impact de toutes les activités pouvant affecter un cours d'eau, son estuaire et les eaux côtières connexes et de les contrôler grâce à des mesures spécifiquement adaptées à la situation du bassin fluvial ou du bassin versant dont il s'agit.

Ce type de gestion axée sur le bassin versant comporte plusieurs caractéristiques:

- une approche globale de la gestion des ressources naturelles à l'intérieur du bassin versant, la qualité de l'eau étant prise en considération au regard des utilisations des sols et des eaux, des caractéristiques des écosystèmes aquatiques et riverains et des autres ressources naturelles;
- une coordination des activités de toutes les institutions, autorités, usagers des eaux, distributeurs d'eau et groupes d'intérêt concernés;
- de larges possibilités de consultation et de participation.

Une stratégie d'ensemble de gestion rationnelle de la qualité de l'eau dans la région méditerranéenne doit être fondée sur une série de principes comme les suivants:

- un degré élevé de protection;
- le principe de protection;
- une action préventive;
- la réduction de la pollution à la source;
- le principe "pollueur-payeur";
- le principe du paiement par les usagers;
- une approche fondée sur la hiérarchie des objectifs (prévention et réduction de la pollution, traitement/élimination); et
- l'intégration de la protection de l'environnement aux autres politiques nationales (dans des domaines comme les transports, l'agriculture, l'énergie, le tourisme, la pêche, etc.).

Mécanismes de contrôle

Réglementations

Les mécanismes de contrôle les plus importants sont les réglementations et les instruments économiques. La réglementation concernant l'eau, dans la région méditerranéenne, varie d'un pays à l'autre. Les réglementations adoptées au niveau de la région méditerranéenne sont notamment la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution (Convention de Barcelone de 1975); la Convention pour la protection du milieu marin et de la région côtière de la Méditerranée (Barcelone, 1995) et les Protocoles connexes. L'un des

principaux instruments dans ce domaine est le Protocole pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution de sources basées à terre (Athènes, 1980/1996).

D'autres instruments juridiquement contraignants applicables dans la région de la Méditerranée sont différentes conventions et divers protocoles et accords adoptés sous l'égide de l'Organisation des Nations Unies ou aux échelons international et régional comme l'Action 21 (Rio de Janeiro, 1992), la Convention relative à la protection et à l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (Convention de Helsinki, 1992), la Convention sur l'évaluation de l'impact environnemental dans un contexte transfrontière (Espoo, 1991/1998), la Convention sur la participation du public (Aarhus, 1998), etc.

Il existe néanmoins pour les pays de l'Union européenne et les pays qui sont sur le point d'y entrer une série de directives communautaires ainsi qu'une politique relative à la protection et la gestion des eaux, dont l'application est obligatoire. L'eau est l'un des domaines à propos desquels l'Union européenne a adopté le plus de mesures de protection de l'environnement. Ainsi, il a été élaboré une nouvelle politique européenne de l'eau et, pour la mettre en oeuvre, la Directive-cadre sur l'eau (2000/60/CE), qui constitue un canevas pour toutes les politiques et réglementations relatives à la protection des eaux. Les directives de l'UE qui sont les plus importantes pour les installations d'épuration des eaux usées et par conséquent les plus notables aux fins des présentes lignes directrices sont obtenues dans la Directive du Conseil relative à l'épuration des eaux usées urbaines (91/271/CEE).

Normalement, les rejets doivent respecter un certain nombre de réglementations comme les suivantes:

- réglementations du Ministère de la santé;
- réglementations des services d'urbanisme et d'aménagement du territoire;
- réglementations des organismes de gestion des bassins versants et des bassins fluviaux;
- permis délivrés par les autorités responsables de l'environnement et des eaux;
- permis délivrés par les autorités chargées de la protection de l'environnement et de la surveillance des rejets;
- réglementations relatives à la maîtrise de la pollution.

Respect de la réglementation

Si l'on veut que les objectifs de qualité des eaux soient atteints, les mesures adoptées doivent être appliquées et respectées comme il convient. À cette fin, il convient d'instituer un régime de réglementation approprié doté de ressources adéquates pour faire appliquer et respecter la loi. En général, la réglementation dans ce domaine repose sur les activités suivantes:

- délivrance d'autorisations et de permis;
- surveillance, inspection et sanctions, audit;
- collecte de données et rapports.

Les principales attributions des autorités responsables de la délivrance des autorisations et des permis sont les suivantes:

- délivrance d'autorisations de rejets dans les cours d'eau et la mer et, notamment, réglementations de la quantité et de la qualité des rejets, détermination des valeurs limites d'émission et vérification du respect des normes de qualité des eaux;
- délivrance de permis de prélèvements et d'utilisations d'eau douce et d'eau de mer, eu égard au principe de l'équilibre à long terme entre prélèvements et recharge naturelle, des exigences environnementales et des utilisations concurrentes des eaux.

Lorsqu'elle détermine les conditions auxquelles sont subordonnées les autorisations ou permis, l'autorité compétente doit prendre en considération les responsabilités des autres organismes publics et des autres organismes ou particuliers pouvant être affectés par les rejets ou les activités dont il s'agit et les consulter. Les conditions auxquelles les permis sont subordonnés doivent pouvoir être consultées par le public sous une forme aisément accessible.

Instruments économiques

Les instruments économiques constituent un élément faisant partie intégrante de tout programme de gestion durable de la qualité des eaux. Le coût des services d'approvisionnement en eau et les services d'épuration des eaux, y compris les coûts environnementaux et les coûts, en termes de ressources, entraînés par les dommages causés à l'environnement aquatique ou la pollution de celui-ci, doivent être recouverts conformément au principe "pollueur-payeur" et au principe de paiement des services par les usagers. Cela signifie que quiconque, par son activité, cause une pollution ou un impact néfaste sur l'environnement doit prendre à sa charge le coût des mesures à adopter pour y remédier. À l'heure actuelle, les instruments économiques ne peuvent pas se substituer à l'approche de la lutte contre la pollution fondée sur la réglementation, mais ils doivent être considérés comme un élément d'un système intégré d'incitations et de réglementations dans le cadre duquel le prix, c'est-à-dire le coût de l'utilisation de l'eau, doit encourager l'adoption de mesures de prévention par les ménages et les installations industrielles et ainsi réduire le volume des eaux usées et, par voie de conséquence, les dépenses afférentes à l'épuration des eaux usées et à l'élimination des effluents. Ces instruments sont fondés sur le recours aux forces du marché afin de modifier le prix relatif des biens et des services et ainsi infléchir le comportement des pollueurs publics et privés de manière à protéger ou à remettre en état l'environnement. Ce faisant, il importe de tenir compte des conséquences sociales, environnementales et économiques des mécanismes de recouvrement des coûts ainsi que des conditions géographiques et climatiques de la région ou des sous-régions méditerranéennes considérées.

Les principaux mécanismes utilisés aux fins du recouvrement des coûts sont les suivants:

- a) *Tarification*: Perception sur les eaux usées de redevances ou de droits couvrant le coût de la collecte et de l'épuration, lesdits montants pouvant comprendre les services fournis par les organisations qui s'occupent de recyclage ou de réutilisation.
- b) *Droits de pollution*: Perception sur les effluents de droits fondés sur les volumes effectifs et/ou des charges de pollution des effluents ou fondés sur une valeur de substitution, encore que ces droits doivent être fixés à un niveau réaliste pour encourager une réduction de la production d'effluents. Les sommes recouvrées peuvent être utilisées pour financer les dépenses d'exploitation et les intérêts perçus sur les prêts contractés pour des investissements d'équipement. Les droits d'administration servent uniquement à couvrir le coût de la gestion du système de réglementation.
- c) *Permis cessibles*: L'autorité responsable fixe le montant maximum total des émissions autorisées et répartit la quantité ainsi déterminée entre les différentes sources de pollution en délivrant des permis d'émission d'une quantité stipulée de polluants pendant une période spécifiée. Après la distribution initiale, les permis peuvent être achetés ou vendus. Il peut s'agir d'une vente externe entre organisations différentes ou d'une vente interne entre différentes installations de la même organisation (utilisation limitée à une situation spécifique).
- d) *Subventions*: Les subventions comprennent les incitations fiscales, crédits d'impôt, dons et prêts bonifiés.
- e) *Systèmes de consigne*: Les clients paient une surcharge lorsqu'ils achètent un produit potentiellement polluant, et la consigne leur est retournée lorsqu'ils restituent le produit à un centre approuvé de recyclage ou d'élimination.

- f) *Sanctions*: Ce sont les pénalités appliquées pour encourager les polluants à observer les normes ou réglementations environnementales applicables. Il peut s'agir notamment (en cas de dépassement des limites fixées), de caution de bonne exécution (versements aux autorités de réglementation avant la mise en route d'une activité potentiellement polluante qui sont retournés lorsque les normes de qualité fixées sont respectées) et de systèmes de responsabilité (les pollueurs étant tenus pour responsables des dommages qu'ils causent à l'environnement).

Tout programme de gestion des eaux usées, pour être durable et aussi équitable que possible, doit tenir compte des considérations de financement et de recouvrement des coûts. Regrettablement, les usagers ne sont disposés à payer que ce qu'ils considèrent comme un avantage ou une priorité. Habituellement, cela ne suffit pas à couvrir l'intégralité du coût des systèmes, et notamment des opérations de collecte et d'épuration. Un financement complémentaire doit être obtenu par le biais des différents instruments susmentionnés. Dans certains pays en développement, cependant, le système de recouvrement des impôts n'est guère efficace, outre qu'une proportion significative de la population ne paie pas d'impôt du tout. C'est souvent la raison pour laquelle les programmes de gestion des eaux usées ne sont pas suffisamment efficaces.

Le concept de "recouvrement intégral des coûts économiques" ne peut être une référence adéquate que lorsque les conditions ci-après sont réunies:

- Il existe une corrélation claire entre l'usage de l'eau (pollution), d'une part, et le coût de la prestation des services nécessaires et le coût environnemental, de l'autre, et il est possible d'affecter une valeur monétaire à ces coûts;
- Le cadre institutionnel permet à l'État de percevoir des droits du pollueur et il existe une "volonté politique de percevoir", laquelle, à son tour, dépend directement du contexte social et économique et de la mesure dans laquelle le public est "disposé à payer".

Qualité des effluents

Deux procédures ont été utilisées pour identifier les degrés appropriés de qualité des effluents:

1. Gestion des effluents et valeurs environnementales/utilisations des eaux;
2. Lignes directrices fondées sur la technologie.

Gestion des effluents et valeurs environnementales/utilisations des eaux

Le principe qui sous-tend la gestion des rejets d'effluents consiste à préserver les valeurs environnementales et les utilisations des eaux et de la mer (encadré 2) et, en cas d'épandage, les utilisations durables des sols. Les valeurs environnementales ou utilisations bénéfiques sont des valeurs ou utilisations qui sont de nature à accroître le bien-être, la sécurité ou la santé du public et à améliorer la protection des écosystèmes et qui doivent être protégés contre les effets de la pollution, du rejet de déchets et de dépôts. Les valeurs environnementales ou utilisations bénéfiques à l'intérieur d'un bassin versant ou d'une zone côtière doivent être définies en conciliant les avantages et les coûts sociaux, environnementaux et économiques. Cette tâche relève généralement de la responsabilité de l'État ou des administrations régionales et doit être menée à bien grâce à l'élaboration de plans de gestion des bassins fluviaux sur la base des plans d'aménagement du territoire et des autres plans de développement sectoriels. À cette fin, il doit s'avérer nécessaire de subdiviser un vaste bassin fluvial en unités plus réduites (bassins versants), et un type particulier d'eau peut dans certains cas justifier l'élaboration d'un plan spécifique (par exemple déversements d'un bassin dans une zone côtière spécifique).

Les valeurs environnementales et utilisations des eaux à préserver doivent être déterminées en opérant un arbitrage entre les coûts financiers et les avantages environnementaux. Cet arbitrage doit tenir compte de tous les facteurs locaux et des éléments propres aux bassins versants ou à la zone côtière dont il s'agit, comme urbanisation, croissance, développement et pratiques de gestion des déchets, l'objectif étant de parvenir à un développement écologiquement rationnel, ce qui n'est possible que si ces facteurs sont optimisés lors du processus d'élaboration des plans de gestion des bassins fluviaux ou des bassins versants.

L'application de normes de qualité de l'eau fondées sur les effluents doit tenir compte de la contribution relative des sources diffuses de pollution et de la situation de référence des eaux ou de la région côtière afin de protéger les eaux douces et les eaux marines et ainsi de respecter les normes de qualité environnementale requises.

Encadré 2. Valeurs environnementales/utilisations des eaux

Les valeurs environnementales des systèmes aquatiques sont les suivantes:

- Protection de l'écosystème aquatique
 - Protection de l'écosystème d'eau douce
 - Protection de l'écosystème marin
- Protection des habitats et des espèces qui sont directement ou indirectement tributaires de l'eau
- Qualité des eaux de loisirs et valeurs esthétiques
 - Contact primaire avec l'organisme (natation, surf, etc.)
 - Contact secondaire avec l'organisme (navigation de plaisance, pêche, etc.)
 - Apparence visuelle
- Eau brute destinée à l'approvisionnement en eau de boisson
 - Eau brute sujette seulement à un filtrage grossier
 - Eau brute sujette à un filtrage grossier et à une désinfection
 - Eau brute sujette à d'autres formes de traitement
- Production de denrées alimentaires en eau douce et en mer
 - Conchyliculture
 - Pisciculture
 - Production d'autres organismes comestibles
- Utilisations à des fins agricoles
 - Irrigation
 - Abreuvement du bétail
 - Utilisation à l'exploitation
- Qualité des eaux industrielles
 - Chauffage et refroidissement
 - Génération d'hydro-électricité
 - Industrie textile
 - Industrie chimique et industries connexes
 - Industries agro-alimentaires
 - Industries des boissons
 - Sidérurgie
 - Tanneries et industries du cuir
 - Fabrication de papier et de pâte à papier
 - Industrie pétrolière, etc.
- Zone de mélange

Lignes directrices fondées sur la technologie

Les lignes directrices concernant les effluents doivent être fondées sur l'application de technologies modernes appropriées et acceptées. Il existe une large gamme de méthodes classiques ou non classiques d'épuration des eaux usées, allant de simples opérations de filtrage et de décantation à des traitements chimiques et biologiques sophistiqués. Les produits issus de l'épuration des eaux usées, indépendamment des effluents de qualité adéquate, comprennent également les matières extraites sous forme de boues et d'autres matières résiduelles. Ces matières extraites exigent un traitement supplémentaire et doivent être éliminées de façon sûre. En règle générale, les coûts de l'épuration, de la consommation d'énergie et de la production de boues augmentent proportionnellement aux quantités de polluants extraites. Les lignes directrices concernant les effluents doivent tenir compte des éléments suivants:

- technologies ayant apporté la preuve qu'elles peuvent assurer une protection acceptable des eaux de réception ou de la mer ou réduire les concentrations de contaminants dans l'environnement tout en préservant la viabilité économique des opérations ("meilleures techniques disponibles" et "meilleures pratiques environnementales");
- une gestion des boues adaptée aux possibilités locales;
- l'imposition de délais pour l'équipement des nouvelles stations comme des stations existantes;
- l'existence, localement, de l'expérience, des compétences et des connaissances nécessaires à la conception, à la construction, à l'exploitation et à l'entretien des stations d'épuration;
- les conditions qui peuvent affecter la durabilité de la gestion ou de l'exploitation;
- la nature et le volume des eaux usées dont il s'agit;
- les progrès techniques et scientifiques accomplis en matière d'épuration des eaux usées et la viabilité économique de ces techniques;
- les possibilités de minimisation des déchets et de prévention de la pollution;
- la possibilité pour de nouvelles technologies ou technologies émergentes d'assurer économiquement des performances plus élevées.

Ces lignes directrices sont nécessaires aussi lorsque des méthodes technologiques peuvent aboutir à une qualité de l'eau ambiante supérieure à l'objectif visé afin d'en préserver les utilisations futures (rejets).

Détermination de la qualité des effluents

La qualité des effluents doit être déterminée conformément à la législation nationale applicable en la matière. Or, une gestion rationnelle des eaux usées exige une détermination de la qualité que doivent présenter les effluents eu égard aux valeurs environnementales ou utilisations sélectionnées des eaux douces ou eaux marines et à leur sensibilité à un impact néfaste sur l'environnement, comme l'eutrophisation ou une concentration accrue de nitrates dans l'eau de boisson. Il importe, lors de l'adoption du plan d'action et des mesures dans ce domaine, de tenir compte des meilleures techniques disponibles ainsi que des meilleures pratiques environnementales. Il faut, sur la base des normes de qualité environnementale, établir et/ou appliquer i) des limites d'émission fondées sur les meilleures techniques disponibles ou ii) les valeurs limites d'émission pertinentes.

Les lignes directrices fondées sur la technologie doivent être appliquées progressivement aux installations existantes et, d'une manière générale, doivent être incorporées d'emblée aux nouvelles installations. Normalement, les stations existantes doivent adopter des programmes de réduction progressive pour ramener leurs rejets aux niveaux requis. Cependant, s'il n'existe pas de système complet de collecte des eaux usées dans l'agglomération, les stations d'épuration devront être portées progressivement aux normes applicables en fonction de la quantité d'eaux usées et/ou des charges de pollution.

Si l'application aux effluents de critères fondés sur des éléments scientifiques ou technologiques ne suffit pas à assurer le respect de normes bien définies de qualité de l'eau, il faudra appliquer des mesures de prévention de la pollution ou de réduction de la pollution pour éliminer les polluants "difficiles" avant l'épuration des eaux usées et le rejet des effluents dans les zones de réception. Cette approche devra être appliquée au stade de la planification ou de la conception d'une nouvelle station et servir d'objectif s'il est prévu une augmentation majeure du volume des rejets.

Il faut, en coopération avec les autorités locales et régionales, évaluer la situation actuelle du système existant de collecte et d'épuration des eaux usées et identifier les systèmes qui doivent être complétés par de nouvelles canalisations de collecte et être dotés d'une station d'épuration des eaux usées.

Il est possible, dans des situations déterminées, d'appliquer des normes d'"épuration appropriée", étant entendu que cette épuration doit garantir la qualité nécessaire des eaux douces ou marines de réception (NQE).

Protection des eaux de réception et des écosystèmes aquatiques

Il faut, pour la gestion des eaux et de la mer, procéder à une classification écologique qui constituera le cadre général à l'intérieur duquel seront déterminés les objectifs de gestion des écosystèmes aquatiques et les lignes directrices correspondantes concernant la qualité des eaux et les habitats physiques.

Les eaux de réception et les écosystèmes aquatiques doivent être classés selon les caractéristiques des écosystèmes. Regrettablement, il n'existe pas de système de classement universellement applicable. Les écosystèmes aquatiques peuvent généralement être classés en deux grands groupes:

- les systèmes d'eau douce, et
- les systèmes d'eau de mer.

Lorsqu'il y a lieu, chacun de ces systèmes peut être à nouveau subdivisé en quatre grandes catégories:

- eaux douces (courantes)
 - cours d'eau et torrents de montagne;
 - cours d'eau de plaine.
- eaux douces (statiques)
 - lacs et réservoirs;
 - marécages.
- estuaires
 - ouverts (vallée inondée)
 - fermés (barrière ou île)
 - deltaïques.
- topographie côtière et marine
 - lagunes ou baies;
 - littoral ouvert.

La Directive-cadre sur l'eau de l'UE (annexe XI) a subdivisé les eaux européennes en écorégions. Les eaux de transition et eaux côtières de la région méditerranéenne appartiennent à l'écorégion "mer Méditerranée", tandis que les cours d'eau et les lacs

appartiennent à plusieurs écorégions: région ibérique-macronésienne, Pyrénées, Balkans occidentaux Dinariques, Balkans occidentaux helléniques.

Les critères de protection d'un écosystème sont fondés sur les caractéristiques de chacun d'eux et le degré de changement recommandé comme acceptable pour chaque écosystème.

La situation d'un écosystème peut être considérée comme relevant de l'une des trois catégories suivantes:

1. Les systèmes à haute valeur de conservation/valeur écologique.

Il s'agit d'écosystèmes de grande valeur comme ceux qui se trouvent dans les parcs nationaux ou dans des régions reculées et/ou inaccessibles.

2. Systèmes légèrement ou modérément perturbés.

Les communautés biologiques demeurent saines et, pour l'essentiel, l'intégrité de l'écosystème est maintenue. Il s'agit d'écosystèmes dans lesquels la diversité biologique peut avoir été affectée à un degré réduit mais mesurable par l'activité humaine.

3. Systèmes très perturbés.

Il s'agit d'écosystèmes visiblement dégradés de moindre valeur écologique. Cela signifie que ces systèmes sont soumis à de fortes pressions par l'activité de l'homme et que, pour des raisons pratiques, il peut ne pas être possible de les ramener à un état correspondant à l'une des catégories supérieures.

Le niveau de protection est le degré d'écart acceptable par rapport à une situation de référence déterminée (définie à partir de sites de référence). Toutefois, le niveau approprié de protection doit être fondé sur ce que la communauté attend de l'écosystème considéré dans une perspective à long terme.

Parties prenantes

Différentes parties prenantes participent à la gestion des eaux usées. Les plus importantes sont les suivantes:

1. Pouvoirs publics – application et contrôle du respect des politiques et des lois sur le terrain, délégation de pouvoirs aux autorités responsables de l'environnement et des eaux usées, publication de rapports et interventions répondant aux besoins de la communauté.
2. Organismes environnementaux travaillant pour le compte du gouvernement central – planification, établissement de normes et de règlements, application des normes et règlements, suivi et évaluation du respect et évaluations techniques.
3. Administrations régionales et locales/municipalités – celles-ci contribuent à la mise en place du système et peuvent être affectées par les décisions des pouvoirs et organismes publics et des autorités responsables des eaux usées, et s'occupent de la construction des systèmes publics de collecte et des installations d'épuration des eaux usées.
4. Entreprises/autorités (publiques et/ou privées) responsables des eaux usées – gestion des systèmes d'assainissement des eaux usées, construction et exploitation d'installations privées d'épuration des eaux usées.
5. Entreprises industrielles – application des conditions auxquelles sont subordonnés les permis de rejet d'effluents.
6. Public – participation aux processus de consultation en vue de la planification. Déclaration des incidents de pollution.
7. ONG de défense de l'environnement et du consommateur – plaidoyer au nom du public en ce qui concerne les objectifs de la qualité des eaux, la promotion de stations d'épuration, la lutte contre la pollution.

8. Instituts de recherche et universités – recherches techniques sur les normes de qualité environnementale, évaluations de la toxicité, analyses de l'eau, développement et technologie d'épuration.

Le rôle de l'entreprise/autorité responsable des eaux usées

L'entreprise/autorité responsable des eaux usées peut appartenir au secteur public et/ou privé et agit pour le compte des parties prenantes, des clients et de la communauté qu'elle dessert. Son rôle est notamment le suivant:

- gérer aussi efficacement que possible le système d'assainissement des eaux usées;
- promouvoir et encourager la participation communautaire à la solution des différents problèmes;
- tenir la communauté informée des résultats et de l'impact de ses décisions;
- participer à l'ensemble des activités de la planification et de gestion des bassins versants et des bassins fluviaux;
- identifier les coûts financiers, environnementaux et sociaux pour la communauté des décisions prises;
- conseiller les organismes gouvernementaux au sujet des questions techniques et des options disponibles;
- entretenir une étroite liaison avec les institutions et autorités gouvernementales au sujet du fonctionnement du système de collecte et d'épuration des eaux usées;
- tenir les actionnaires informés de ses activités et rentabiliser leurs investissements.

Consultation de la communauté

Un aspect important de la gestion des eaux usées tient de la nécessité de mobiliser le concours du public. Pendant de nombreuses années, ce sont les pouvoirs publics, autorités et institutions gouvernementales responsables des eaux usées ou de l'eau en général qui ont été appelés à prendre les décisions affectant l'environnement et ainsi la gestion des eaux usées. Le public compte aujourd'hui être associé au processus de prise de décisions car beaucoup des décisions adoptées proposent un impact direct sur la vie quotidienne, qu'il s'agisse de la qualité des eaux avoisinantes ou des coûts de l'approvisionnement en eau ou de l'épuration des eaux usées. Comme les limites d'émission influent sur des utilisations industrielles et des utilisations finales comme la baignade, la pêche et l'aquaculture, il est manifestement dans l'intérêt du public de participer à la détermination des objectifs de qualité de l'eau.

Le processus de formulation des politiques dans ce domaine doit donner à la communauté:

- des informations sur les avantages, les coûts et l'impact sur l'environnement et la santé publique des différentes méthodes de gestion des effluents;
- la possibilité de participer à l'adoption des décisions.

Son association à l'adoption des décisions encouragera le public à envisager les options disponibles en matière de gestion des effluents et des déchets dans le contexte plus large de la gestion des ressources hydrauliques. Ainsi, le public s'intéressera davantage aux options faisant intervenir un large bassin plutôt que des formules plus étroites, ce qui peut améliorer la durabilité de la gestion des eaux usées en améliorant la qualité de l'eau et en réduisant les investissements et les redevances. Pour y parvenir, il faut diffuser largement l'information et offrir au public des possibilités de participer à la prise de décisions.

Dans les pays méditerranéens, la plupart des services d'épuration des eaux usées sont des monopoles du secteur public. Le coût de l'amélioration de la qualité de l'eau suppose un montant important d'investissements et de dépenses récurrentes et doit soit être recouvert au moyen de redevances plus élevées, soit être absorbé sous forme de moindre rendement. Le

coût de l'exploitation et de l'entretien des systèmes d'assainissement des eaux usées est souvent plus élevé que le montant correspondant à la dépréciation annuelle de l'investissement. Seule une poignée de pays (développés) de la région réussissent à recouvrer directement l'intégralité des coûts de leurs clients sous forme de droits d'utilisation. Or, la communauté locale devrait avoir son mot à dire dans l'arbitrage opéré entre les coûts et les avantages afin d'améliorer la qualité de l'eau douce et de l'eau de mer ou de réduire l'impact sur l'environnement des rejets d'eaux usées au moindre coût pour la société, pour le plus grand avantage pour le consommateur.

Les coûts des programmes de gestion des eaux usées sont souvent très élevés, qu'il s'agisse des investissements d'équipement ou des dépenses récurrentes, et leur succès dépend directement de l'efficacité des efforts de plaidoyer et de sensibilisation du public entrepris au moyen de campagnes d'information, d'éducation et de communication. Ce processus doit pouvoir être contrôlé de près par la communauté pour que celle-ci soit convaincue que les avantages des programmes justifient leur coût.

En définitive, la décision à prendre au sujet de la qualité des effluents rejetés relève des pouvoirs publics, dans leurs rôles d'organismes de réglementation et de tutelle. L'association du public doit tendre à parvenir à des méthodes de gestion des déchets qui reflètent la préférence de la communauté quant à l'utilisation de ses ressources.

Il est très difficile de quantifier tous les coûts et les avantages de la gestion des eaux usées. L'approche fondée sur une analyse détaillée des coûts et des avantages est très utile lorsqu'il s'agit de fixer des normes. Cependant, les avantages tirés d'une amélioration des agréments offerts par l'environnement sont très difficiles à quantifier en termes monétaires ou autres. En particulier, il est très difficile de refléter les avantages d'une durabilité à long terme de l'environnement dans une analyse traditionnelle des coûts et des avantages.

Cela signifie qu'il faut envisager une large gamme de techniques d'évaluation pour que les décisions puissent être prises en pleine connaissance de cause. Certaines des approches à utiliser pour expliquer et faire apparaître clairement les coûts et avantages des diverses options sont notamment les suivantes:

- Établir un programme de communication avec la communauté et tenir compte des vues exprimées lors des processus de consultation;
- Identifier et déterminer les questions à régler et présenter des informations factuelles sur la nature et l'envergure du problème identifié (par exemple situation actuelle en ce qui concerne la gestion des eaux usées, état des connaissances et des preuves scientifiques, information sur les utilisations des eaux de réception à des fins de loisirs ou à des fins commerciales, indications concernant la qualité existante des eaux de réception, etc.);
- Définir le contexte à l'intérieur duquel les options proposées ont été élaborées (par exemple description des précédentes tentatives de solution du problème, relations avec le programme d'équipement de l'autorité chargée de l'épuration des eaux usées, régime réglementaire existant, etc.);
- Évaluer l'état actuel des connaissances, des attitudes et des pratiques et divulguer des informations sur les tendances et options pertinentes (par exemple état actuel des connaissances en matière de gestion des déchets, gamme d'options de gestion des déchets pouvant être envisagées, etc.);
- Mener à bien les évaluations des risques et des analyses de sensibilité;
- Évaluer l'impact environnemental;
- Calculer et présenter le montant total des dépenses d'équipement et des dépenses récurrentes qu'entraîneraient divers degrés d'amélioration de l'environnement et refléter ces dépenses dans un coût ou un droit annuel que chaque individu devra prendre à sa charge;

- Évaluer la gamme des avantages environnementaux et autres pouvant être attendus des options envisagées et les quantifier lorsque cela est possible;
- Consulter la communauté sur le degré d'amélioration qu'elle est disposée à accepter.

Ces approches, ainsi que les autres méthodes de consultation du public, permettront de bien comprendre les préférences de la communauté. Les gens adoptent souvent une attitude différente lorsqu'ils comprennent la nature du changement et le considèrent comme bénéfique et lorsqu'ils ont le sentiment de faire partie de l'effort entrepris. Aussi faut-il les informer et les convaincre. Si leurs circonstances ne sont pas prises en considération et si leurs besoins ne sont pas satisfaits, aucun effort de changement n'aboutira.

En l'absence d'un tel processus, l'on se trouve confronté à divers risques:

- il peut être adopté une solution ou des éléments d'une solution que la communauté n'appuie pas (par exemple type de système de collecte des eaux usées, degré d'épuration, emplacement de l'émissaire ou de la station d'épuration, etc.);
- il peut être engagé des investissements et perçu des redevances au-delà des moyens de la communauté;
- l'environnement peut être excessivement exploité, et à des fins non souhaitées par le public;
- la communauté risque d'engager des dépenses élevées pour atteindre des objectifs environnementaux pouvant être peu prioritaires;
- la gestion des eaux usées peut ne pas être durable, etc.

4. OPTIONS DE GESTION DES EFFLUENTS

Les options de gestion des eaux usées doivent être fondées sur les concepts, les objectifs et les principes présentés dans le chapitre précédent, consacré au cadre de gestion. Chaque pays de la région a, pour les différents facteurs culturels, environnementaux, politiques, économiques et autres, des besoins spécifiques en ce qui concerne la gestion des eaux usées et doit par conséquent établir une liste précise d'options durables. Cependant, les concepts, objectifs et principes généraux doivent être respectés car ils sont à la base de la politique de développement durable et de gestion rationnelle des ressources hydrauliques mise au point aux échelons mondial et régional.

Les options de gestion des eaux usées doivent prendre en compte tous les éléments du système (usagers/eaux usées, système de collecte, épuration et élimination) et chacun de ces aspects considéré individuellement.

Les aspects généraux sont les suivants:

- réduction au minimum des déchets;
- gestion du système de collecte;
- gestion du système d'épuration (eaux usées et boues);
- réutilisation des effluents;
- rejet des effluents:
 - sur la terre,
 - dans les eaux côtières,
 - dans les eaux intérieures;
- système d'élimination en mer.

Les options à privilégier doivent être sélectionnées après avoir pris en compte:

- l'impact sur la santé publique et l'environnement;

- les besoins sociaux et les attentes de la communauté;
- la politique de développement écologiquement rationnelle élaborée aux échelons régional et national;
- les politiques et plans connexes de gestion des bassins fluviaux et des bassins versants;
- les obligations assumées aux échelons national, international et régional;
- les critères, options et solutions de rechange en matière de viabilité technique, opérationnelle, financière, sociale et environnementale;
- le coût et l'impact social du système;
- les technologies fiables disponibles.

Il faut, pour sélectionner les options, indiquer une approche hiérarchisée de la gestion des déchets en encourageant les producteurs d'eaux usées, les prestataires de services et les autorités à sélectionner les formules venant en tête de la hiérarchie, comme suit:

1. pas d'utilisation ou de production de substances indésirables;
2. minimisation des déchets ou réduction des quantités de déchets produites;
3. réutilisation des déchets et par conséquent réduction des quantités de déchets rejetées dans l'environnement;
4. récupération et conversion;
5. traitement;
6. élimination et dispersion.

Il importe de bien comprendre que la majeure partie de l'eau utilisée par un ménage ou par une ville est le vecteur qui fait sortir les déchets de la ville. Ainsi, l'eau utilisée par les ménages sert notamment à éliminer les matières indésirables de l'endroit où l'eau est utilisée: toilettes, lavabos, éviers, machines à laver, etc. Le but est de laver l'objet, le tissu, le lieu, etc. Ce faisant, les matières retirées sont évacuées avec l'eau.

Minimisation des déchets

La minimisation des déchets est l'une des priorités de toute stratégie de gestion durable des eaux usées et doit être le premier objectif. Minimiser les déchets signifie en effet minimiser les risques. C'est l'activité qui vient en tête de l'approche fondée sur la "hiérarchie des déchets".

L'application de saines pratiques de minimisation des déchets réduira au minimum le volume des eaux usées et la quantité de polluants potentiels et ainsi le risque pour la santé humaine et l'environnement.

Les questions les plus importantes à prendre en considération sont les suivantes:

1. Réduction des contaminants se trouvant dans les déchets industriels rejetés dans le système de collecte (norme satisfaisante de qualité industrielle des effluents);
 2. Réduction des contaminants se trouvant dans les eaux usées provenant de petites entreprises industrielles dans les villes où il est difficile d'appliquer la norme de qualité industrielle;
 3. Minimisation des flux d'eaux usées grâce à l'application de méthodes de conservation de l'eau et de gestion de la demande aux usagers industriels, commerciaux et domestiques;
 4. Gestion des produits ménagers pouvant ajouter des contaminants aux flux d'eaux usées;
 5. Gestion des systèmes de collecte de manière à exclure les infiltrations et les eaux de pluie;
 6. Contrôle, au plan national, des éléments constitutifs des produits (matières organiques, métaux) et spécialement des rejets ménagers et industriels de substances chimiques.
- Réduire la quantité des polluants rejetés dans le système de collecte d'eaux usées a également un impact positif sur l'ensemble du système: économies sur les coûts

d'exploitation de la station d'épuration et les ressources utilisées, réduction des quantités de boues produites et du coût de leur traitement et de leur élimination, réduction des dépenses d'entretien du réseau de collecte et de la station d'épuration, etc.

Cette réduction a un impact direct sur la capacité du système dans son ensemble, dont les dimensions peuvent alors être réduites, ainsi que sur les dépenses d'équipement et dépenses d'exploitation connexes. Cependant, l'aspect le plus positif est la minimisation de l'impact négatif sur l'environnement.

Une série de mesures peuvent être adoptées dans différents domaines et à divers niveaux de la gestion pour minimiser les déchets. Ces mesures sont habituellement les suivantes:

- réduction d'une utilisation inappropriée de l'eau potable comme eau d'évacuation dans les égouts ou réduction de l'utilisation d'eau comme vecteur des déchets, application de règles de conservation de l'eau, comme l'utilisation de dispositifs permettant d'économiser l'eau (douches, toilettes) et réduction de la pression;
- incitations, comme application aux principaux rejets industriels et commerciaux d'un barème de tarification fondé sur le volume et la qualité des effluents et paiement par les usagers de l'épuration des eaux usées domestiques;
- éducation, et notamment diffusion d'informations sur l'utilisation d'appareils consommant peu d'eau et de pratiques et de produits respectueux de l'environnement;
- régulation, contrôle ou interdiction de l'utilisation, de l'importation ou de la fabrication de certains types de produits, dispositifs et appareils ménagers;
- éducation et promotion du recyclage sur place des matériaux;
- traitement et réutilisation sur place.

La mesure habituellement appliquée pour contrôler et réduire les rejets d'eaux usées industrielles et commerciales dans le système municipal de collecte, d'épuration et d'élimination des eaux usées est l'application des normes industrielles de rejet des effluents. Ces normes constituent une mesure extrêmement délicate qui encourage les efforts de minimisation des déchets à la source. Or, il est bien établi que les mesures appliquées à la source sont celles qui permettent le mieux de minimiser les déchets en privilégiant les activités de prévention des déchets, leur recyclage et leur réutilisation internes et l'épuration locale des eaux usées.

Les mesures les plus usuelles de minimisation des déchets qui peuvent être employées dans les secteurs domestique, commercial et industriel sont présentées au tableau 6.

Tableau 6
Mesures de minimisation des déchets dans les secteurs domestique,
commercial et industriel

Type	Mesures
Domestique	Réduction de la consommation et du rejet d'eau au moyen de mesures de réglementation et d'une éducation du public, par exemple toilettes à double chasse (6/3), pommes de douche à faible débit, machines à laver et lave-vaisselle à faible consommation d'eau, réparations systématiques des fuites
	Interdiction d'utiliser les systèmes de collecte des eaux usées pour l'élimination des eaux de drainage
	Détection et élimination des raccordements illégaux, comme celui des gouttières
	Réduction des charges de polluants au moyen d'une éducation du public pour encourager celui-ci à ne pas utiliser le système de collecte des eaux usées comme un système d'évacuation des ordures, à limiter les quantités d'huiles et graisses déversées dans l'évier, à réduire les quantités de savons et de détergents utilisés ou à utiliser d'autres solutions et réglementation des éléments constitutifs des produits (par exemple le phosphore dans les détergents)
	Application de restrictions ou d'interdictions d'utiliser des broyeurs d'ordures qui équipent les éviers
	Réduction des quantités de produits chimiques ménagers rejetés dans les eaux usées au moyen d'une éducation de la communauté concernant les méthodes à utiliser pour les éliminer et de l'aménagement de méthodes appropriées d'élimination, par exemple programmes visant à encourager des changements d'attitude, séparation des eaux noires, lorsqu'il y a lieu, utilisation dans l'agriculture, séparation ou recyclage des déchets ménagers solides, le cas échéant
Commercial et industriel	Réduction de la consommation d'eau, des rejets et charges des polluants grâce à une combinaison de mesures réglementaires, de campagnes d'éducation et d'incitations financières (par exemple tarification sur la base de la nature et du volume des déchets industriels et commerciaux)

Gestion des systèmes de collecte

Le système d'assainissement des eaux usées fait partie intégrante de la société urbaine. Les objectifs sont de protéger durablement la santé et la sécurité des communautés, de protéger l'environnement naturel et d'être respectueux de l'environnement. Il existe une interaction étroite entre ces trois objectifs, de sorte qu'ils doivent être *considérés comme un tout*.

Pour être durable, un système de drainage urbain doit:

- être efficace et économique;
- constituer une barrière efficace protégeant comme il convient la santé publique;
- éviter la pollution locale ou plus distante de l'environnement (atmosphère, terre et eau);
- minimiser l'utilisation des ressources naturelles (eau, énergie, matériaux);
- fonctionner en continu;
- être exploité dans une perspective à long terme et pouvoir être adapté aux besoins futurs;
- être viable dans le contexte social de la communauté censée utiliser cette technologie;
- être fondé sur une technologie répondant à l'infrastructure, aux institutions, aux ressources humaines et à la conjoncture économique existante.

Le système ne sera véritablement durable que si son financement correspond aux capacités à long terme de la communauté et à la mesure dans laquelle celle-ci est disposée à payer les services.

Un système bien géré aura pour effet:

- de minimiser les risques de rejets accidentels dans l'environnement;
- de minimiser les risques de débordement et d'éviter cette éventualité aux situations où ils causent le moins de problème;
- de minimiser les odeurs et les émissions de gaz;
- de minimiser les infiltrations (fuites d'eau souterraine dans les canaux et canalisations), les flux d'eau de pluie par les bouches d'égout et les rejets illégaux d'eau de pluie, de manière à réduire au minimum le volume des eaux usées;
- d'acheminer les eaux usées aussi rapidement que possible jusqu'à la station d'épuration dans un état aussi frais que possible, de manière qu'elles puissent être traitées rapidement;
- de minimiser la consommation d'énergie et d'autres ressources;
- d'éviter les dépôts pouvant boucher les canalisations;
- de minimiser les exfiltrations;
- d'éviter tout contact de l'homme et des animaux avec les eaux usées.

Encadré 3: Indicateurs de durabilité des systèmes d'assainissement des eaux usées urbaines

Les indicateurs de durabilité des systèmes d'assainissement des eaux usées urbaines sont notamment les suivants:		
Système d'assainissement des eaux usées	Aspect	Indicateurs
Eaux usées	Production	Production d'eaux usées par jour
	Résultats de l'épuration	Élimination de la DBO ₅ , d'éléments P et N, des S.S. et de la DCO (%)
	Charges rejetées dans les eaux de réception	Charges de DBO ₅ , des éléments P et N, des S.S. et de la DCO (kg/jour)
	Consommation de ressources	Utilisation de produits chimiques par unité de P extraite et d'effluents désinfectés (en cas de désinfection au chlore)
	Consommation d'énergie	Consommation d'énergie par DBO ₅ et de N extraite et d'effluents désinfectés (en cas de désinfection par rayons ultraviolets)
Sous-produits	Production de boues	Production de boues par jour
	Utilisation des boues	Quantités de boues éliminées ou réutilisées (%)
	Recyclage des nutriments	Recyclage des éléments P et N
	Qualité des boues	Teneur de boues en Cd, Cr, Cu Hg, Ni, Pb, Zn (mg/kg)
	Consommation d'énergie	Consommation d'énergie par unité de boue traitée
	Récupération d'énergie	Énergie récupérée, le chauffage et l'électricité (Gwh)
	Consommation de ressources	Consommation de produits chimiques par unité de boue traitée
	Transport	Transport à assurer pour l'élimination finale des boues traitées

Gestion des systèmes d'épuration

La législation en vigueur concernant les normes auxquelles doivent répondre les effluents suppose la réalisation d'un certain nombre d'activités, comme la construction de systèmes de collecte et de stations d'épuration des eaux usées.

Du point de vue technique, la sélection des méthodes d'épuration des eaux usées doit prendre en considération leurs performances moyennes sur des points comme les suivants:

- *fiabilité*: en présence de flux variables d'eaux usées (en particulier par suite du tourisme saisonnier) et de variations de leur contenu ainsi que de problèmes opérationnels;
- *gestion institutionnelle*: capacités de planification, de conception, de construction, d'exploitation et d'entretien;
- *investissements requis*: généralement, il faut étudier deux principales méthodes, les systèmes de traitement qui exigent de vastes superficies de terre et les méthodes de traitement à forte intensité d'énergie;
- *coûts d'exploitation et d'entretien*;
- *main-d'oeuvre qualifiée* disponible localement.

Pour procéder à la sélection finale de la technologie employée, il importe également d'analyser en détail les autres sources de pollution, d'établir des projections des effectifs de la population et de la production de déchets, et de tenir compte des spécificités culturelles et des capacités financières de la communauté.

Il importe que la station fonctionne bien si l'on veut obtenir des effluents de la qualité recherchée, et son fonctionnement doit être écologiquement rationnel et respectueux de l'environnement. Indépendamment des considérations concernant la conception et l'exploitation présentées ci-dessus pour que la station fonctionne de manière à gérer comme il convient les effluents et les boues, il faut également:

- concilier la consommation d'énergie et des performances (utilisation de systèmes de traitement et d'aération à faible consommation d'énergie, utilisation du méthane pour le chauffage et la récupération d'énergie dans la station, etc.);
- recycler les effluents, lorsqu'il y a lieu, et les utiliser pour l'exploitation et l'entretien de la station, le lavage et l'arrosage;
- minimiser l'impact sur l'environnement: odeurs, bruit, vibration, nuisances causées par les insectes, risques d'incendie;
- minimiser l'impact esthétique (apparence visuelle);
- minimiser les risques pour la santé du personnel et des habitants des quartiers avoisinants;
- utiliser judicieusement les produits chimiques;
- minimiser les débordements et rejets accidentels;
- retirer des solides pour maintenir la qualité des effluents;
- utiliser les effluents et les boues (biosolides) comme ressources;
- éliminer les solides (filtrages, huiles et graisses, sables et poussières, tourteaux de boues de biosolides);
- se conformer aux décisions d'urbanisme et plans de développement existants.

Réutilisation des effluents

Réutiliser les effluents contribue beaucoup à améliorer la gestion des ressources hydrauliques car c'est un moyen de produire une source d'eau de qualité pour l'irrigation et les utilisations industrielles et urbaines dans toute la région. Comme beaucoup de pays manquent sérieusement d'eau, ils ont de plus en plus souvent recours à des méthodes de réutilisation de l'eau pour l'irrigation et à des fins industrielles. En outre, il s'agit là d'une utilisation des effluents qui génère un revenu, réduit les coûts et comporte d'autres

avantages. Directement ou indirectement, la réutilisation des effluents peut avoir des avantages économiques, sociaux et environnementaux.

Les effluents résultent de l'eau extraite des ressources disponibles, de sorte que s'ils ne sont pas restitués aux sources naturelles d'eaux intérieures, le débit des cours d'eau se trouve réduit. Cette question doit être soigneusement analysée dans les régions qui manquent d'eau.

Outre que réutiliser les effluents comme une source d'eau bon marché, il y a d'autres avantages: augmentation des rendements des cultures, moindre dépendance à l'égard des engrais chimiques et protection contre le gel. Il faut tenir compte néanmoins des polluants que les effluents peuvent contenir. Des caractéristiques moins évidentes, comme des niveaux élevés de solides dissous et des modifications des propriétés chimiques de l'eau, peuvent être significatives dans le contexte des systèmes aussi bien industriel qu'agricole. En particulier, la réutilisation des effluents peut avoir de sérieuses conséquences concernant notamment la salinité, la structure et la perméabilité des sols.

Les pratiques de récupération et de réutilisation de l'eau ont essentiellement pour objectif de ramener les risques à un niveau acceptable sans devoir renoncer à réutiliser les eaux usées. La réutilisation des eaux usées peut avoir des risques i) biologiques et ii) chimiques.

Les produits chimiques peuvent être dangereux pour l'être humain et les écosystèmes. Tel est notamment le cas de composés provenant d'eaux usées urbaines et industrielles qui sont ajoutées directement aux eaux devant être épurées ou qui sont formées pendant l'opération d'épuration. L'on trouve parfois dans les eaux usées des produits chimiques dans des concentrations de nature à causer une intoxication aiguë mais, même lorsque leur concentration est faible, ils peuvent entraîner des problèmes d'intoxication chronique, comme c'est le cas des métaux lourds ou des matières organiques traces. Le plus important, pour réduire le risque lié aux produits chimiques, est de contrôler la qualité des rejets industriels dans le système de collecte d'eaux usées urbaines.

Lorsque les eaux usées récupérées sont utilisées pour des applications telles qu'elles peuvent entrer en contact avec l'homme, les risques les plus sérieux pour la santé sont liés à l'exposition à des éléments pathogènes comme bactéries pathogènes, helminthes, protozoaires et virus intestinaux. Des points de vue de la santé publique comme du contrôle des procédés, le groupe d'organismes pathogènes le plus critique est celui des virus intestinaux qui peuvent causer des infections même à faibles doses du fait de l'absence de méthodes systématiques et efficaces de détection et de quantification des virus.

L'acceptabilité des risques dépend de divers facteurs: options existantes, rapport coût-avantages et évaluation des risques. Les autorités doivent ramener les risques à un niveau minimum qui soit acceptable. Les mesures de protection de la santé et de l'environnement doivent être élaborées de manière à répondre à la fois aux capacités économiques de la communauté locale et au degré de risque considéré comme tolérable.

Le coût des systèmes complémentaires d'épuration, de distribution et d'irrigation et les mesures de contrôle de l'utilisation faite des effluents peut être important. En tout état de cause, il importe de réaliser une analyse financière détaillée pour veiller à ce que les parties prenantes sachent ce que coûtera le système. L'analyse doit également porter sur les coûts et les avantages de toute modification des valeurs ou des agréments environnementaux et doit être fondée sur une période assez longue (période du cycle biologique).

La décision prise ne peut être appropriée que si les coûts et les avantages de la réutilisation sont comparés à ceux de l'utilisation d'autres sources d'eau. Cette comparaison doit être fondée sur une analyse intégrée de tous les aspects et impacts positifs et négatifs (environnementaux, sociaux et économiques) et doit tenir compte, le cas échéant, des coûts

à prévoir pour maintenir à long terme la qualité souhaitée des eaux de réception si les effluents ne sont pas réutilisés.

Les formules qui peuvent être envisagées sont notamment une réutilisation par le biais des eaux superficielles ou souterraines. Après épuration, les utilisations les plus communes des eaux usées sont l'irrigation, des applications industrielles ou urbaines. Ces eaux peuvent être utilisées à des fins très diverses:

- irrigation: pâturage, cultures en serre, cultures non consommées à l'état cru, cultures industrielles, arbres fruitiers, cultures d'aliments consommés crus, etc.;
- utilisations urbaines autres que l'eau de boisson: chasse d'eau, lavage d'automobiles, arrosage des jardins, etc.;
- utilisations municipales: arrosage des jardins publics et terrains de sports, nettoyage de la voirie, lutte contre l'incendie, fontaines décoratives, etc.;
- utilisations agricoles: cultures vivrières et autres;
- aquaculture: biomasse animale ou végétale;
- arboriculture: irrigation des forêts, zones paysagères et zones d'accès limité;
- sports et loisirs: eau des cours d'eau auxquels l'accès du public est autorisé (à des fins autres que la baignade) ou interdit;
- environnement: arrosage, régulation du débit et caractéristiques des eaux;
- utilisations industrielles: utilisation des eaux usées traitées, plutôt que d'eaux superficielles, pour le refroidissement, le nettoyage, la lutte contre l'incendie, etc.;
- utilisation indirecte comme eau potable.

Le degré d'épuration auquel doivent parvenir les différentes stations d'épuration et de récupération des eaux usées varie selon l'utilisation qu'il est envisagé d'en faire et les normes de qualité auxquelles doivent répondre les eaux correspondantes (voir le tableau 7). Le système de traitement le plus simple comprend des opérations de séparation des solides et des liquides et de désinfection. Habituellement, le système d'épuration combine un ou plusieurs procédés secondaires (physiques, chimiques et biologiques) reposant sur des méthodes à plusieurs étapes d'extraction des contaminants et de désinfection.

Le système de réutilisation doit être agréé par les autorités et les eaux usées recyclées ne doivent être utilisées qu'aux fins auxquelles le permis a été accordé. Le système de réutilisation doit être bien géré et répondre aux conditions fixées directement ou indirectement dans les permis. Il doit être géré de manière à surveiller systématiquement la qualité des eaux et contrôler les procédés. Les eaux récupérées ne correspondant pas aux normes établies ne doivent pas être réutilisées.

Il faut également prévoir un plan d'intervention approprié pour les éventualités imprévues (inondations, pannes d'électricité, etc.), adopter des mesures de protection efficaces de la santé publique et de l'environnement, mener des programmes de sensibilisation du public et élaborer un plan d'entretien préventif satisfaisant.

Les stratégies de gestion des effluents doivent évaluer les possibilités de réutilisation et n'appliquer que les formules qui sont sûres, pratiques, économiques et respectueuses de l'environnement. Les effluents excédentaires doivent être gérés en ayant recours à une des options de rejet (traitement adéquat, élimination dans des conditions de sécurité).

L'on trouvera des informations plus détaillées à ce sujet dans les Lignes directrices régionales pour la réutilisation des eaux usées municipales dans la région méditerranéenne (PNUE/PAM, 2003).

Épandage

L'épandage est une formule utilisée pour restituer les eaux usées au cycle hydraulique au moyen de systèmes comme mares d'évaporation, systèmes de trempage d'irrigation qui restituent l'eau au cycle hydraulique par évaporation et évapotranspiration ou infiltration. Dans ce contexte, l'irrigation a pour but de maximiser les quantités d'eau restituées au cycle hydraulique.

Ce type de rejet des effluents a traditionnellement été utilisé par les particuliers qui, après un traitement local sur place, répandent les eaux usées sur le sol au moyen d'un système de drainage d'un type ou un autre. Il est rare que l'épandage soit utilisé pour des systèmes de plus grande envergure mais, lorsque cette formule est utilisée, il s'agit habituellement de l'irrigation de terres appartenant aux autorités chargées des égouts. Lorsque tel est le cas, les principes susmentionnés concernant la réutilisation des effluents doivent être respectés.

L'épandage vise à utiliser l'eau et les nutriments qu'elle contient de manière appropriée en produisant un impact minimum sur:

- les sols;
- les eaux superficielles;
- les eaux souterraines;
- l'écosystème sur les lieux d'épandage ou à proximité; et
- les activités humaines proches du site d'épandage.

La solution ou le schéma pouvant être envisagé pour l'épandage dépend directement de la situation et des caractéristiques locales. Les facteurs les plus importants sont le climat, la disponibilité de terre, la topographie, les eaux souterraines, les propriétés du sol et les utilisations existantes et prévues des sols.

Lorsqu'il n'y a pas localement d'eau superficielle, l'épandage est le seul moyen de rejeter des effluents dans l'environnement. L'eau ne peut être restituée au cycle hydraulique que par le biais de l'évaporation et/ou de l'évapotranspiration ou des eaux souterraines, par infiltration.

L'épandage est l'une des solutions à envisager lorsqu'il faut protéger des plans d'eau très sensibles, comme les eaux destinées à la boisson, les eaux sensibles aux nutriments, les eaux karstiques, les plans d'eau spécialement protégés, etc. C'est également l'une des options de gestion qui peut être envisagée pour les petites communautés. D'une manière générale, il est rare que l'épandage soit utilisé dans le contexte de communautés nombreuses.

Tableau 7

**Lignes directrices recommandées concernant la réutilisation de l'eau dans la région méditerranéenne
(Lignes directrices PNUÉ/PAM concernant la réutilisation des eaux usées municipales dans la région méditerranéenne)**

Catégorie d'eau	Critères de qualité			Méthode d'épuration des eaux usées censée répondre aux critères fixés
	Microbiologiques		Physiques	
	Nématodes intestinaux ^(a) (No. d'oeufs par litre)	FC ou <i>E. coli</i> ^(b) (ufc/100 ml)	SS ^(c) (mg/l)	
Catégorie I				
a) Réutilisations résidentielles: arrosage des jardins, chasse d'eau, lavage de véhicules.	≤ 0,1 ^(h)	≤ 200 ^(d)	≤ 10	Traitement secondaire + filtrage + désinfection
b) Réutilisations urbaines: irrigation de zones d'accès libre (espaces verts, jardins publics, terrains de golf, terrains de sports), nettoyage de la voirie, lutte contre l'incendie, fontaines et autres lieux de loisirs.				
c) Paysages et loisirs: mares, eaux et cours d'eau utilisés à des fins de loisirs avec lesquels un contact incident est autorisé (sauf à des fins de baignade).				
Catégorie II				
a) Irrigation d'exploitations horticoles (de surface ou par aspersion), de cultures de fourrage et de pâturage ainsi que d'arbres fruitiers irrigués par aspersion.	≤ 0,1 ^(h)	≤ 1 000 ^(d)	≤ 20 ≤ 150 ^(f)	Traitement secondaire ou traitement équivalent ^(g) + filtrage + désinfection ou traitement secondaire ou traitement équivalent ^(g) + soit stockage, soit séries bien conçues de mares de maturation ou de percolation par infiltration
b) Paysages: mares, eaux et cours d'eau avec lesquels le public n'est pas autorisé à entrer en contact.				
c) Réutilisations industrielles (sauf pour les industries alimentaires).	-			
Catégorie III				
Irrigation de cultures de céréales et de graines oléagineuses, de fibres et de semences, de fourrage sec, de fourrage vert en pacage direct ainsi que de cultures destinées à l'industrie des conserves, des cultures industrielles, d'arbres fruitiers (sauf par aspersion) ^(e) , de pépinières, d'espèces alimentaires ou d'ornement, d'espaces boisés ou d'espaces verts auxquels le public n'a pas accès.	≤ 1	Aucun critère requis	≤ 35 ≤ 150 ^(f)	Traitement secondaire ou traitement équivalent ^(g) + quelques jours de stockage ou systèmes de mares d'oxydation

Catégorie d'eau	Critères de qualité			Méthode d'épuration des eaux usées censée répondre aux critères fixés
	Microbiologiques		Physiques	
	Nématodes intestinaux ^(a) (No. d'oeufs par litre)	FC ou <i>E. coli</i> ^(b) (ufc/100 ml)	SS ^(c) (mg/l)	
atégorie IV				
a) Irrigation de cultures horticoles (sauf de tubercules, racines, etc.) par systèmes de goutte à goutte superficiels ou enterrés (sauf micro-asperseurs) et pratiques (comme paillage au moyen de tissus plastiques, tuteurs, etc.) garantissant l'absence de contact entre les eaux récupérées et la partie comestible des légumes.	Aucun critère requis	Aucun critère requis	Pré-traitement, comme requis par la méthode d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire	
b) Irrigation des cultures de catégorie III au goutte à goutte (systèmes superficiels ou enterrés ou micro-asperseurs).				
c) Irrigation au goutte à goutte d'espaces verts auxquels le public n'a pas accès.				
d) Arrosage de jardins publics, terrains de golf, terrains de sports au moyen de systèmes d'irrigation enterrés.				

^(a) *Ascaris* et *Trichuris* et vers intestinaux; la limite fixée par les lignes directrices est également conçue de manière à protéger contre les risques causés par les protozoaires parasites.

^(b) FC ou *E. coli* (ufc/100ml): coliformes fécaux ou *Escherichia coli* (ufc: unité de formation de colonies (100 ml)).

^(c) SS: solides en suspension.

^(d) Les valeurs doivent correspondre à 80% des échantillons par mois, avec au moins cinq échantillons.

^(e) Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la récolte, et aucun fruit tombé à terre ne doit être ramassé. L'irrigation par aspersion doit être évitée.

^(f) Mares de stabilisation.

^(g) Comme traitement primaire avancé (TPA) (Jimenez *et al.*, 1999 et 2001).

^(h) Comme très peu de recherches ont été réalisées, si tant est qu'il y en ait eu sur les méthodes à employer pour parvenir à un niveau inférieur à 0,1 oeuf de nématode/l, ce critère est considéré comme un objectif à moyen terme et est provisoirement remplacé par le critère correspondant à <1 oeuf de nématode/l.

Rejets dans les eaux côtières

Dans le cas des communautés côtières, les effluents sont rejetés directement ou indirectement dans les eaux côtières voisines, l'objectif en l'occurrence étant de maintenir une qualité des eaux de nature à protéger les valeurs environnementales ou utilisations des eaux. Toutefois, pour ces communautés, utiliser le milieu marin pour traiter les eaux usées municipales est une option attrayante et, par le passé, les communautés riveraines de la Méditerranée ont beaucoup utilisé à cette fin les propriétés d'épuration et de dispersion de la mer.

L'élément important de ce concept est l'émissaire en mer, qui doit être conçu et utilisé de manière à garantir que les effluents soient rejetés d'une manière aussi respectueuse de l'environnement que possible. Le traitement doit être approprié et l'émissaire doit être relativement long et doté d'un diffuseur pour parvenir à des niveaux élevés de dilution et de dispersion. Habituellement, il est spécifié autour du point de rejet du diffuseur une zone de mélange au-delà de laquelle les utilisations environnementales des eaux doivent être préservées.

L'impact des effluents sur les eaux de réception dépend de nombreux facteurs, comme les suivants:

- qualité et volume des effluents;
- qualité des eaux de réception avant le mélange d'effluents;
- profondeur de la mer au point de rejet et profil de densité;
- taux de renouvellement des eaux de réception;
- caractéristiques hydrodynamiques des eaux où sont rejetés les effluents;
- dilution dans la zone de mélange et dispersion secondaire en dehors de cette zone;
- interactions et processus entre les effluents et l'environnement de réception/décomposition;
- sensibilité de l'environnement de réception.

Dans la région méditerranéenne, la majeure partie de la population vit dans des communautés situées sur la côte et rejette directement ou indirectement les effluents en mer. C'est également le long du littoral que se trouvent les plus grandes villes. La tendance générale dans la région est une concentration de population dans la zone ou la ceinture côtière ainsi que dans les grandes villes du littoral, ce qui signifie que ce type d'application sera de plus en plus largement utilisée.

Les eaux usées doivent être traitées avant d'être rejetées en mer. Le degré d'épuration varie d'un traitement minimal à un traitement secondaire avec extraction des nutriments. Le degré d'épuration est également analysé dans le contexte des caractéristiques de l'émissaire car celles-ci sont interdépendantes et revêtent la même importance pour la sélection de la méthode d'élimination des eaux usées la mieux appropriée et la plus respectueuse de l'environnement.

Le degré d'épuration et l'emplacement et la conception de l'émissaire dépendent de nombreux facteurs comme:

- les caractéristiques du système existant d'assainissement des eaux usées;
- les valeurs environnementales/utilisations des eaux côtières, de l'estuaire ou de la baie;
- le débit total des effluents et des charges et sa variation dans le temps (journalière et saisonnière);
- les aspects océanographiques et climatiques;
- les propriétés de dilution, de dispersion et d'oxydation et autres caractéristiques d'auto-purification des eaux de réception;

- les contraintes techniques;
- les désirs de la communauté et sa capacité de payer;
- les règlements et normes applicables.

Il existe une grande différence entre les rejets des effluents par *exutoire côtier* et par *émissaire marin*. Lorsque les eaux usées traitées sont rejetées en mer par un exutoire côtier, le point de rejet se trouve sur la côte ou très près de celle-ci et les effluents affectent directement toutes les utilisations des eaux côtières. En pareil cas, le degré d'épuration doit être beaucoup plus élevé et, en général, un traitement secondaire s'impose du fait de l'absence des effets de dilution et de dispersion qui se produisent lorsque les eaux usées sont rejetées au moyen d'un émissaire de grande longueur. Les risques pour la santé sont très sérieux du fait d'une forte possibilité de contact direct entre l'être humain et les eaux de mélange, de sorte que les effluents doivent être désinfectés. Lorsque l'on utilise un émissaire marin, un traitement primaire peut suffire lorsque les caractéristiques des eaux de réception le permettent.

Il y a lieu de relever que les coûts d'exploitation et d'entretien d'un système fondé sur un émissaire marin et un traitement primaire sont inférieurs à ceux de la formule fondée sur un exutoire côtier et un traitement secondaire.

Il y a aussi une grande différence entre les rejets d'effluents dans une mer ouverte et dans des baies et des mers semi-fermées. Lorsque les effluents sont rejetés dans des écosystèmes fermés ou semi-fermés (comme des lagunes), les déchets doivent se diluer dans une quantité limitée d'eau de mer. Du fait de cette dilution limitée, la concentration des déchets dans les eaux de systèmes fermés et semi-fermés peut, en s'accroissant, avoir un impact très négatif sur l'environnement (eutrophisation). En pareil cas, il faut réduire la charge de nutriment dans le système et parfois prescrire un traitement tertiaire.

En pareils cas, il faut envisager aussi d'aménager d'autres points de rejet en dehors de la baie ou de la mer semi-fermée, formule qui exige généralement un moindre degré d'épuration. Les décisions concernant la sélection de la méthode et l'emplacement des rejets d'eaux usées dans des systèmes fermés ou semi-fermés doivent être fondées sur les capacités de l'environnement et des études d'impact environnemental.

Pour beaucoup de communautés côtières, l'élimination en mer des eaux usées urbaines est une formule très attrayante car elle peut être sûre, efficace et très économique des points de vue aussi bien des dépenses d'équipement que des dépenses d'exploitation. Elle peut être particulièrement intéressante pour les pays en développement car cette méthode appelle un degré relativement réduit d'opérations et les frais d'entretien et la consommation d'énergie sont peu élevés en comparaison des autres méthodes. Toutefois, les valeurs environnementales et les utilisations des eaux doivent être protégées en appliquant une "approche combinée" appropriée de la gestion de la qualité des eaux et en utilisant de façon intégrée des stations d'épuration et des émissaires sous-marins de grande longueur.

Dans les pays de l'Union européenne, cependant, cette option a été presque totalement abandonnée du fait de la législation en vigueur (Directive 271/91), qui prescrit des normes d'épuration assez strictes avant tout rejet d'effluents dans les eaux de réception.

Rejets dans les eaux intérieures

Les eaux intérieures sont toutes les eaux statiques ou courantes qui se trouvent à la surface de la terre ainsi que toutes les eaux souterraines en direction, vers la terre, de la ligne de base servant à mesurer la largeur des eaux territoriales.

Lorsque les effluents sont rejetés dans les eaux intérieures, l'objectif doit être de maintenir une qualité de l'eau de nature à protéger les valeurs environnementales de celle-ci

(écosystèmes aquatiques, écosystèmes terrestres et marécages directement tributaires de l'écosystème aquatique et utilisations des eaux).

Les eaux souterraines doivent faire l'objet d'une attention spéciale. Les eaux superficielles et les eaux souterraines sont en principe des ressources naturelles renouvelables et, en particulier, la tâche consistant à préserver la qualité des eaux souterraines exige une intervention rapide et une planification stable à long terme des mesures de protection à adopter du fait du décalage qui existe naturellement entre la formation et le renouvellement de ces eaux. Ce décalage doit être pris en considération lors de l'élaboration des calendriers d'application des mesures tendant à préserver la qualité des eaux souterraines et à préserver toute tendance significative et soutenue à l'augmentation de la concentration de toute charge de polluants.

Les facteurs qui déterminent l'impact des effluents sur des eaux spécifiques sont notamment les suivants:

- qualité et volume des effluents;
- qualité et situation des eaux de réception;
- caractéristiques environnementales et hydrologiques des eaux de réception;
- sensibilité de l'environnement de réception;
- valeurs environnementales des eaux de réception;
- utilisations prescrites des eaux.

Il y a une grande différence entre les caractéristiques des eaux intérieures du nord et du sud de la région méditerranéenne. L'on trouve en effet dans le nord beaucoup plus d'eaux intérieures constantes que dans le sud, où elles sont rares et où, en général, la période de renouvellement des eaux souterraines est longue, de sorte que, dans cette partie de la région, les eaux intérieures sont plus sensibles à la pollution.

D'une manière générale, il est prescrit au moins un degré de traitement secondaire pour le rejet d'effluents dans les eaux intérieures. Dans le cas des eaux sensibles aux nutriments, comme les eaux superficielles statiques, il faut extraire les nutriments des effluents. Une désinfection est habituellement requise aussi pour les rejets dans les eaux superficielles et, plus souvent, dans les eaux souterraines. Particulièrement sensibles sont les eaux superficielles statiques et les eaux intérieures où les effluents représentent une proportion significative du débit total. Cela est fréquent dans les régions arides. Les ressources hydrauliques karstiques sont également très sensibles par suite de la durée de rétention limitée dans les formations géologiques souterraines, de la rapidité des infiltrations et du débit des eaux souterraines (faible capacité d'auto-purification).

Il faut, pour protéger l'environnement, mieux intégrer les aspects qualitatifs et quantitatifs des eaux superficielles, des eaux souterraines et des eaux côtières connexes. Il faut tenir compte de l'impact de la qualité des eaux intérieures sur les eaux côtières où elles se déversent.

Les rejets dans les eaux intérieures, d'une manière générale, ne tiennent pas compte des processus naturels de dilution et d'auto-purification et ne tiennent compte qu'en partie des caractéristiques de la zone de mélange.

Traitement des eaux usées

Processus de traitement

Le traitement des eaux usées fait intervenir différents processus, qui sont utilisés individuellement ou en série pour parvenir à la qualité requise des effluents. Les processus standard les plus importants sont les suivants:

- *traitement préliminaire ou pré-traitement*: élimination des solides élémentaires, des particules en suspension, des matières flottantes, des graisses et des huiles. Le principal objectif de ce processus est de protéger les émissaires et de prévenir des nuisances visuelles;
- *traitement primaire*: élimination des solides à sédimentation facile. Il s'agit d'un traitement des eaux usées urbaines au moyen de processus physiques et/ou chimiques consistant à décanter les solides en suspension ou au moyen d'autres processus qui réduisent la DBO₅ des eaux à l'arrivée de 20% au moins avant le rejet et la quantité totale de solides en suspension des eaux usées à l'arrivée de 50% au moins. Le principal objectif de ce processus est de protéger le bon fonctionnement de l'émissaire, d'assurer une protection minimum de l'environnement à proximité du point de rejet et de prévenir des nuisances visuelles et autres;
- *traitement secondaire*: élimination de la majeure partie du reste des contaminants, des solides en suspension, des matières colloïdales et des matières organiques dissoutes. Il s'agit d'un traitement des eaux usées urbaines par des processus faisant généralement intervenir un traitement biologique et des processus secondaires de sédimentation ou autres qui réduisent au minimum les contaminants se trouvant dans les eaux usées à l'arrivée: réduction de 70 à 90% de la DBO₅, de 75% de la demande chimique d'oxygène et de 70 à 90% du total de solides en suspension avant rejet. Le principal objectif de ce processus est de mettre l'environnement à l'abri de l'épuisement de l'oxygène et de prévenir des nuisances visuelles ou autres;
- *extraction des nutriments*: cette opération réduit encore plus le contenu des eaux usées en azote et en phosphore après traitement secondaire. Il s'agit d'un traitement des eaux usées urbaines par des processus qui réduisent au minimum les contaminants se trouvant dans les eaux usées à l'arrivée: réduction de 80% du phosphore total et/ou de 70 à 80% de l'azote total avant rejet dans les eaux sensibles aux nutriments. Le principal objectif de ce processus est de protéger l'environnement contre l'eutrophisation et de prévenir des nuisances visuelles et autres;
- *désinfection des effluents*: réduction des éléments pathogènes à des niveaux acceptables pour la réutilisation ou le rejet des eaux usées traitées dans les eaux de réception. Le principal objectif de ce processus est de réduire les risques pour la santé;
- *épuration poussée des eaux usées*: cette opération améliore encore plus la qualité des effluents au moyen de procédés comme un filtrage granulaire, l'échange d'ions, le microfiltrage et les technologies à membrane, y compris le bioréacteur à membrane. Le principal objectif de ce processus est d'améliorer encore plus la qualité des effluents lorsque la situation l'exige, par exemple en cas de réutilisation;
- *systèmes naturels de traitement*: processus naturels liés au "réacteur des écosystèmes". Il s'agit de processus physiques, chimiques et biologiques ainsi que de l'impact de l'environnement naturel. Ils se distinguent par conséquent des processus mécaniques, qui opèrent dans des réacteurs artificiels avec un apport d'énergie. Les processus les plus fréquents sont les systèmes d'épandage, les systèmes à éboulement lent et infiltration rapide, les marécages aménagés, les systèmes de traitement fondés sur les plantes aquatiques et l'aquaculture.

Le degré d'épuration le plus commun est le traitement secondaire, qui comprend habituellement les trois premiers niveaux (traitements préliminaire, primaire et secondaire), en série ou combinés selon diverses configurations. Un traitement secondaire s'impose normalement avant une épuration poussée et la désinfection. L'extraction des nutriments, ainsi que l'épuration poussée des eaux usées, sont généralement destinées à protéger les zones sensibles aux nutriments ou des utilisations spécifiques des eaux, comme la boisson. Une épuration poussée et une désinfection sont habituellement nécessaires aussi lorsque les effluents doivent être réutilisés.

Un nettoyage poussé des eaux usées au-delà du stade secondaire ou biologique est également appelé *traitement tertiaire*. Cette opération extrait des nutriments comme le phosphore et l'azote et la majeure partie de la DBO et des solides en suspension.

Exemples de processus de traitement:

Degré d'épuration:	Exemples de processus de traitement:
A) Pré-traitement	Filtrage, élimination des solides, des graisses et des huiles
B) Traitement primaire	Sédimentation primaire: cuve Imhoff, flottage, microfiltrage
C) Traitement secondaire	Traitement biologique (boues activées classiques, filtre à percolation), traitement physique-chimique, lagunes/mares
D) Extraction des nutriments	Traitement biologique, précipitation des produits chimiques
E) Désinfection	Utilisation de lagunes, rayonnements ultraviolets, chlore, ozonisation
F) Épuration poussée	Filtrage granulaire, microfiltrage, technologie à membrane, y compris bioréacteur à membrane
G) Traitement naturel	Marécages aménagés, systèmes d'écoulement à faible débit, plantes aquatiques flottantes, aquaculture

Les degrés d'épuration obtenus au moyen des divers processus utilisés sont présentés au tableau 8.

Traitement et élimination/réutilisation des boues

Il est tout aussi important de faire en sorte que la manipulation et l'élimination des divers résidus produits par les stations d'épuration se fassent dans des conditions sûres. Les sous-produits de l'épuration des eaux usées sont des solides: produits de filtrage, graisses et huiles, et biosolides ou tourteaux de boues. Les solides et résidus sableux sont rejetés dans une décharge ou réutilisés, tandis que les graisses et les huiles doivent être détruites, par exemple par incinération.

Les boues (y compris les mousses), qui peuvent contenir des solides dans des concentrations allant de 0,5 à 5%, posent des problèmes de traitement et d'élimination complexes. Elles dégagent des odeurs et contiennent un volume important d'eau. Comme le traitement et l'élimination des boues sont une opération onéreuse, ses coûts sont souvent la considération prédominante dans la conception des stations d'épuration des eaux usées.

D'une manière générale, les méthodes de traitement et d'élimination des boues sont notamment épauissage, stabilisation, conditionnement, déshydratation et élimination (voir la figure 3). Beaucoup d'opérations et de processus sont utilisés aux différentes étapes du traitement et de l'élimination des boues. Pour avoir un système de traitement des boues à la fois économique et efficace, il faut choisir la meilleure combinaison de processus de traitement. Le facteur déterminant, qui influe directement sur les caractéristiques de traitement des boues, est la façon dont celles-ci sont éliminées ou réutilisées. La plupart des stations de traitement des boues produisent deux types d'effluents: 1) des solides traités et 2) des liquides. Les effluents liquides doivent être traités à nouveau, et les liquides provenant des différentes unités de traitement des boues sont renvoyés au début de la chaîne.

Dans tous les cas où cela est approprié, les boues provenant du traitement des eaux usées doivent être réutilisées. Les méthodes d'élimination choisies doivent tendre à minimiser tout impact néfaste sur l'environnement.

Les autorités compétentes doivent veiller à ce que l'élimination des boues produites par les stations d'épuration des eaux usées urbaines soit soumise aux règles générales applicables ou à enregistrement ou autorisation.

Tableau 8

Degré d'épuration assuré par les divers processus utilisés

Processus de traitement	Efficacité de l'extraction, en pourcentage					
	DBO-5	DCO	Total des solides en suspension	Azote total	Phosphore total	Total des coliformes
A. Pré-traitement	0 - 5	0 - 5	0 - 10	néant	néant	0 - 10
B. Traitement primaire	30 - 40	30 - 40	50 - 65	10 - 20	10 - 20	25 - 75
C. Traitement secondaire - boues activées (classiques) - lagunes - physique-chimique	80 - 95	80 - 85	80 - 90	10 - 30	10 - 25	80 - 90
	90 - 95	85 - 95	60 - 80	20 - 90	10 - 35	90 - 98
	50 - 70	50 - 70	80 - 90	20 - 30	70 - 90	40 - 80
D. Extraction des nutriments - extraction de l'azote biologique et du phosphore	95 - 97	85 - 90	90 - 95	70 - 95	70 - 90	80 - 90
E. Désinfection - traitement au chlore des eaux usées après traitement	-	-	-	-	-	98 - 99
F. Épuration poussée - bioréacteur à membrane	>99	>90	>99	>96	>98	6 log
G. Traitement naturel - marécages aménagés	95 - 98	85 - 90	90 - 95	85 - 90	85 - 90	90 - 98

ABBRÉVIATIONS **DBO** = Demande biochimique d'oxygène
 DCO = Demande chimique d'oxygène

Les boues traitées sont utilisées dans l'agriculture, par exemple pour améliorer les sols horticoles, sont compostées ou sont rejetées dans des décharges. Ces boues contiennent la majeure partie du phosphore et une partie de l'azote extraits des eaux usées, mais aussi une certaine teneur en métaux lourds, selon la qualité des eaux usées. Si le traitement des boues est complété par des processus de digestion anaérobie, il peut être produit du méthane pouvant servir à la génération d'énergie (chauffage, électricité).

Boues produites par les procédés de traitement	
ÉPAISSISSAGE	1. Gravité 2. Flottage 3. Centrifugation
STABILISATION	1. Oxydation au chlore 2. Stabilisation de la chaux 3. Traitement thermique 4. Digestion aérobie 5. Digestion anaérobie
CONDITIONNEMENT	1. Chimique 2. Élution 3. Traitement thermique
DÉSHYDRATATION	1. Filtrage sous vide 2. À filtre 3. Filtre à ruban horizontal 4. Centrifugation 5. Lits de séchage
ÉLIMINATION ET RÉUTILISATION	1. Épandage - terres agricoles (réutilisation) - bonification de terres marginales - terres forestières - sites spécifiques 2. Compostage 3. Remblais 4. Incinération 5. Recalcination 6. Lagunes

Figure 3. Opérations et processus de traitement et d'élimination des boues

Sélection du schéma de flux

Beaucoup d'opérations et de processus peuvent être combinés pour élaborer un schéma de flux et parvenir ainsi au degré d'épuration souhaité. Le degré d'épuration peut aller de l'élimination de la DBO₅ et des TSS, de l'azote et du phosphore à une déminéralisation complète. Pour élaborer le schéma de flux le mieux approprié, le concepteur doit évaluer les nombreux facteurs qui influent sur l'exploitation et l'entretien des stations, l'efficacité des procédés dans des conditions de flux variables et les contraintes environnementales. Les facteurs qui sont à considérer comme importants pour la sélection du schéma de flux sont les suivants:

- superficies de terres disponibles;
- conditions climatiques défavorables;
- capacité de s'adapter à des variations de flux;
- capacité de s'adapter à des variations de la qualité des eaux usées;
- polluants industriels qui affectent les processus;
- fiabilité des processus;
- facilité d'exploitation et d'entretien;

- risques professionnels;
- pollution atmosphérique;
- déchets produits.

Une stratégie ciblée de gestion des déchets doit fixer un ordre de priorités et aller bien au-delà d'une simple sélection de technologies classiques. Beaucoup de pays en développement se bornent à adopter les normes de qualité des effluents ou les objectifs de qualité de l'eau appliqués par les pays développés. Ces normes et ces objectifs sont trop ambitieux et ne permettent pas de mettre en place progressivement un programme réaliste de réduction de la pollution. Il faut par conséquent identifier les éléments prioritaires que contiennent les eaux usées et sélectionner une approche efficace et économique pour les réduire. Généralement, éliminer la première tranche de 50% de la charge de polluants est une opération modérément onéreuse, mais l'élimination de la tranche suivante de 40% est plus chère et, fréquemment, celle de la dernière tranche de 10% est prohibitive.

Encadré 4: Considération fondamentale intervenant dans la conception des stations d'épuration des eaux usées

Les principaux facteurs à prendre en considération sont les suivants:

1. Conception pour la première année et les années suivantes
2. Zone desservie
3. Sélection du site
4. Population desservie
5. Mesures réglementaires de contrôle et limitations des effluents
6. Caractéristiques des eaux usées
7. Degré d'épuration
8. Sélection des processus de traitement
9. Sélection du matériel
10. Agencement de l'installation et profil hydraulique
11. Énergie et ressources nécessaires
12. Aspects économiques du fonctionnement de la station
13. Évaluation d'impact sur l'environnement

Émissaire sous-marin

La gestion d'un émissaire sous-marin a pour but de faire en sorte que les eaux usées soient rejetées d'une manière aussi respectueuse de l'environnement que possible. La station d'épuration des eaux usées et l'émissaire sous-marin doivent être considérés comme faisant partie intégrante du système de gestion des eaux usées du point de vue aussi bien technique qu'environnemental.

À l'état naturel, la demande biochimique d'oxygène (DBO) est faible dans les eaux côtières et celles-ci sont saturées ou super-saturées d'oxygène dissous (OD). Une augmentation marquée de la DBO et une nette diminution de l'OD sont rares, sauf lorsque des quantités importantes d'effluents sont déversées dans des estuaires et des baies fermés. La concentration d'autres variables dépend d'influences locales comme le climat, la géologie, les caractéristiques hydrologiques et l'influence de l'eau douce.

Les caractéristiques de la mer ont un impact marqué sur le cycle biologique des bactéries, qui disparaissent rapidement en mer par suite de la mortalité et de la dilution. Beaucoup de mécanismes contribuent à la mortalité en mer des microorganismes intestinaux, mais les deux principaux sont le manque de nourriture et les rayonnements.

Généralement, la concentration de nutriments dans l'eau de mer est trop faible pour que les bactéries intestinales puissent se multiplier. Font exception les eaux fermées et les eaux

proches d'un émissaire, où la teneur en nutriments peut être élevée. Pendant la journée, les rayonnements solaires accélèrent beaucoup la mortalité des bactéries. Les plus mortels sont les rayons ultraviolets.

Le taux de mortalité des bactéries est exprimé en termes du temps qu'il faut pour que 90% des bactéries meurent, ce qui est la valeur T_{90} . Des valeurs de T_{90} égales à 2,5 heures pour les coliformes fécaux, 3,5 heures pour les streptocoques fécaux et de 3,0 heures pour le total des coliformes sont les valeurs les plus communément appliquées pour estimer la disparition des bactéries dans l'eau de mer.

Ces caractéristiques de l'eau de mer sont la raison pour laquelle le milieu marin est utilisé pour compléter l'épuration des eaux usées urbaines et, dans ce contexte, les émissaires sous-marins jouent un rôle très important.

Un émissaire sous-marin équipé d'un diffuseur permet de diluer rapidement et efficacement les effluents en mer en ramenant la concentration de toutes les substances contenues dans les eaux usées à un niveau tel qu'aucun impact négatif n'est causé à l'environnement marin en dehors de la zone de mélange. L'impact sur le milieu marin est moindre si la dilution est plus forte et si le point de rejet est plus distant de la côte et des aires protégées.

Toutefois, les caractéristiques environnementales des eaux de réception, et spécialement leur sensibilité à l'eutrophisation, ainsi que les valeurs environnementales/utilisations des eaux influent directement sur le degré d'épuration des eaux usées urbaines avant leur rejet par émissaire sous-marin. Les zones sensibles aux nutriments, ainsi que l'utilisation des eaux pour l'aquaculture et les sports et loisirs aquatiques, exigent un degré élevé d'épuration.

L'utilisation d'un émissaire sous-marin de grande longueur associé à un moindre degré d'épuration des eaux usées est acceptable dans le cas des communautés peu nombreuses, c'est-à-dire celles de moins de 10 000 équivalents personnes, aux premières étapes du développement d'un système d'assainissement des eaux usées (lorsqu'un réseau de collecte des eaux usées est incomplet) car cette formule permet d'assurer une protection appropriée des valeurs environnementales.

Souvent, le degré minimum d'épuration acceptable est un traitement primaire, à condition que les effluents soient rejetés dans le milieu marin au moyen d'un émissaire sous-marin de grande longueur.

L'exutoire de l'émissaire doit se trouver à au moins 1 000 m de la côte et la profondeur de l'eau au point de rejet doit être de 20 m au moins pour un émissaire de grande longueur. Ces deux mesures doivent être respectées. Dans le cas de petites communautés (ne dépassant pas 2 000 équivalents personnes), l'émissaire peut être plus court mais ne doit en aucun cas être inférieur à 500 m. La longueur de l'émissaire au point de rejet doit toujours être déterminée en prenant en considération les caractéristiques des eaux (études océanographiques).

Les effluents ne doivent en aucun cas avoir un impact négatif sur les valeurs environnementales des eaux de réception, ce qui doit être confirmé par un modèle de prédiction approprié et une étude d'impact environnemental.

Un émissaire sous-marin de grande longueur constitue le moyen le plus aisé de rejeter les effluents en mer car il réduit considérablement le risque d'impact négatif sur les valeurs environnementales des eaux de réception si la station d'épuration ne fonctionne pas comme il convient ou est en panne. Ainsi, il s'agit d'une solution extrêmement utile pour les régions et les systèmes d'assainissement des eaux usées où le personnel qualifié nécessaire à l'exploitation de la station d'épuration fait défaut.

Encadré 5: Principaux éléments et étapes de la planification et de la conception d'un système de rejet sous-marin

Les principaux éléments et étapes de la planification et de la conception d'un système de rejet sous-marin sont les suivants:

- Évaluation du débit d'eaux usées provenant de la zone de captage (estimation de la charge et du flux de pollution);
- Informations rassemblées lors d'études du site (évaluation des caractéristiques de mélange de la mer et des caractéristiques du lit de la mer);
- Définition de la zone d'utilisation ainsi que des caractéristiques de la zone de mélange;
- Détermination des normes environnementales à appliquer dans la zone d'utilisation;
- Analyse et sélection des systèmes de traitement marins (réseau de collecte des eaux usées, stations de pompage, émissaires);
- Définition des systèmes de traitement basés à terre (détermination des caractéristiques de la station d'épuration);
- Sélection de l'emplacement des ouvrages de captage et de l'émissaire (sélection de l'emplacement optimal eu égard aux conditions et exigences locales et aux caractéristiques du système de collecte des eaux usées);
- Dispositions prises concernant les ouvrages de captage et les crues (analyse intégrée et sélection de la solution optimale);
- Conception environnementale (degré d'épuration, dispositions à prendre en cas de crues, taux de rejet, emplacement du rejet, degré de dilution initiale);
- Émissaire et diffuseurs (réduction du coût de la protection de l'environnement);
- Conception hydraulique (sélection du diamètre de l'émissaire, de la vitesse des flux et de la vitesse des rejets à l'orifice du diffuseur);
- Prédiction de l'impact environnemental (prise en considération de la situation la plus critique eu égard aux valeurs environnementales/utilisations des eaux);
- Élimination des systèmes inacceptables du point de vue environnemental;
- Conception des ouvrages de génie civil (conception des ouvrages en mer);
- Sélection des options économiques (coûts de construction, d'exploitation et d'entretien et comparaison avec d'autres méthodes d'élimination).

Zone de mélange

L'un des éléments importants de l'utilisation d'un émissaire sous-marin est la définition de la "zone de mélange" et des normes environnementales à respecter. Les zones de mélange sont les secteurs proches des sources ponctuelles d'effluents. Elles couvrent la zone de dilution initiale et la zone de dilution secondaire rapide après le rejet. Dans la zone de mélange, les normes de qualité environnementale applicables aux autres utilisations peuvent être dépassées, sauf pour ce qui est des normes esthétiques. Dans un contexte de gestion, les zones de mélange sont souvent appelées zones d'exclusion.

La ligne de délimitation de la zone de mélange est habituellement déterminée en fonction des concentrations des éléments contenus dans les effluents. Son étendue et sa nature dépendent des conditions hydrologiques et océanographiques à l'exutoire de l'émissaire, du volume des rejets, des courants, de la profondeur, des marées, de l'action des vagues, de la dilution, des modalités du rejet, etc. En cas de dilution élevée et rapide, la zone peut être réduite mais, dans celui de systèmes à faible énergie, comme les mers fermées et les baies à renouvellement peu rapide des eaux, le mélange peut être plus lent de sorte que la zone devra être plus étendue.

Du point de la gestion, l'objectif de l'aménagement et du contrôle des zones de mélange doit être de minimiser le risque de dommages à l'environnement et spécialement le risque de dégradation permanente. Il ne peut pas être aménagé de zone de mélange dans les régions où s'appliquent des valeurs environnementales et des normes d'utilisation des eaux

rigoureuses, notamment si l'eau doit être utilisée pour la consommation humaine, ni dans les régions de très grande importance environnementale.

Selon les conditions locales, les restrictions ci-après peuvent être imposées pour assurer l'application des meilleures pratiques de gestion de la zone de mélange:

- Épuration adéquate avant le rejet des effluents – normes esthétiques minimums;
- Rejets dans des conditions hydrologiques spécifiques (marées);
- Délimitation de l'étendue de la zone de mélange;
- Éventuellement, rejets d'effluents par impulsions (rejets périodiques);
- Il peut être imposé un taux minimum de dilution initiale pour respecter les normes applicables à certaines substances utilisées comme indicateurs;
- Le type de diffuseur peut être prescrit;
- La profondeur minimum de la mer et la distance minimum de la côte du point de rejet peuvent être prescrites;
- Des conditions extrêmes peuvent être requises et prescrites pour la sélection de la méthode de rejet;
- Programme spécifique de surveillance continue.

Généralement, la délimitation d'une zone de mélange doit être située à 300 m au moins du point de rejet. La zone de mélange ne peut en aucun cas s'étendre jusqu'à la côte.

Il y a lieu de souligner plusieurs points; i) l'environnement et les organismes benthiques dans la zone de mélange sont soumis à un stress plus marqué et peuvent être complètement détruits près du point de rejet; ii) l'étendue de la zone de mélange peut être imprévisible lorsque les conditions océanographiques et hydrologiques sont variables; et iii) des dommages subtils peuvent être causés à l'environnement dans des sites éloignés de la zone de mélange.

Concepts qui sous-tendent la conception des systèmes de traitement et d'élimination

L'un des problèmes à résoudre pour assurer un développement durable consiste à trouver le moyen d'accroître notre richesse totale tout en utilisant avec prudence nos ressources naturelles communes. Nos ressources renouvelables, comme l'eau, doivent être utilisées d'une manière qui ne compromette pas les ressources ni ne cause pas de pollution ou de dommages sérieux.

Il peut être difficile et coûteux d'inverser les dommages causés à l'environnement ou d'y remédier. Aussi faut-il prévenir la pollution plutôt que la nettoyer après qu'elle s'est produite. En outre, dans tous les cas où cela est possible, la nécessité de respecter l'environnement doit être reflétée dans toutes les autres politiques.

Pour prendre des décisions concernant les méthodes de traitement et d'élimination des eaux usées, il faut prendre en considération les conditions environnementales différentes qui existent dans les diverses localités. La décision à ce sujet doit être fondée sur les objectifs de qualité des eaux où les effluents doivent être rejetés fixés par les autorités ainsi que, le cas échéant, sur les normes pertinentes contenues dans les directives nationales ou internationales.

La conception des systèmes de traitement des eaux usées et de rejet/d'élimination par les émissaires a pour but de faire en sorte que les eaux usées soient rejetées d'une manière aussi respectueuse de l'environnement que possible. Les précautions environnementales à prendre ont un impact considérable sur le coût d'investissement et les coûts d'exploitation de l'émissaire et de la station d'épuration. Ces coûts dépendent directement aussi de l'interaction entre le système d'émissaire/d'élimination, la station d'épuration et le système de collecte des eaux usées.

Objectifs de qualité environnementale

L'objectif de qualité environnementale (OQE) est une valeur imposée pour que des eaux déterminées soient propres aux utilisations identifiées par les autorités compétentes. Ces utilisations sont protégées par une ou plusieurs normes de qualité environnementale (NQE). Une NQE détermine le niveau de concentration d'une substance qui ne doit pas être dépassé si l'on veut qu'une utilisation déterminée puisse être préservée. L'idée consistant à contrôler la quantité d'une substance rejetée dans un plan d'eau pour que sa concentration ne dépasse pas le niveau à partir duquel elle peut avoir des effets indésirables remonte à de nombreuses années.

Ce concept peut être appliqué en définissant les zones dans lesquelles les eaux doivent être destinées à telle ou telle utilisation. Ainsi, l'application de la norme appropriée protège chaque utilisation. Lorsque plusieurs NQE sont applicables, c'est la plus rigoureuse qui doit être suivie. Les NQE pour chaque zone d'utilisation comprennent celles qui sont requises pour atteindre un objectif fixé et celles qui doivent être appliquées pour protéger l'utilisation dont il s'agit.

Zones d'utilisation

La délimitation de la zone d'utilisation est une activité pluridisciplinaire à laquelle doivent être associés les planificateurs, les responsables de l'aménagement du territoire, les biologistes, les chimistes, les spécialistes de l'environnement, le grand public, les milieux politiques et les autres parties intéressées ainsi que les ingénieurs chargés de concevoir les stations d'épuration et les émissaires. La définition des zones d'utilisation constitue pour ces derniers la série de normes pouvant servir de base à ces plans.

Les autorités compétentes doivent être consultées dès le début pour faire en sorte que la conception finalement choisie réponde aux critères devant être réunis pour être approuvés. Généralement, le public doit être consulté avant la construction d'une station d'épuration ou d'un émissaire.

Du fait des changements d'habitats, du passage de poissons migrateurs et d'autres changements saisonniers, il faut tenir compte des variations saisonnières qui caractérisent les zones d'utilisation. Les différences d'utilisation doivent être prises en compte lors de la conception.

Conception des systèmes d'assainissement des eaux usées/systèmes d'égout

Lorsqu'il s'agit de mettre au point un système d'épuration des eaux usées, le rôle de l'ingénieur consiste généralement à établir les plans techniques et un devis de manière à pouvoir évaluer et sélectionner le système d'élimination des eaux usées le mieux approprié du point de vue environnemental. À toutes les étapes de la conception du système, l'ingénieur doit travailler en étroite collaboration avec les scientifiques spécialisés dans l'environnement pour faire en sorte que les solutions retenues soient écologiquement rationnelles.

Les plans techniques permettent de comparer les options disponibles et de sélectionner le système le mieux approprié à chaque étape du processus. Un système bien conçu doit réduire au minimum les coûts financiers du respect des normes de qualité environnementale et par conséquent de la protection de l'environnement. L'ingénieur doit, dans son travail, tenir compte de plusieurs facteurs:

- Caractéristiques du système de collecte des eaux usées (zone de captage et flux d'eaux usées);

- Caractéristiques des zones d'utilisation et exigences/contraintes environnementales (normes de qualité environnementale);
- Informations provenant des études du site pour déterminer les emplacements possibles de la station d'épuration et de l'émissaire et des points de rejet des effluents;
- Sélection du site de la station d'épuration, de l'émissaire et du point de rejet des effluents;
- Sélection du site d'élimination des boues ou des possibilités de réutilisation;
- Conception de la station d'épuration;
- Conception de l'émissaire et du diffuseur;
- Conception hydraulique;
- Conception des ouvrages en mer;
- Étude d'impact environnemental;
- Évaluation des risques;
- Évaluation des coûts.

L'approche qui peut être suivie pour établir les études techniques est illustrée à la figure 4. Le rôle central que jouent les activités environnementales dans les processus de conception font apparaître clairement l'importance d'une étroite collaboration entre l'ingénieur et l'homme de science. Il est particulièrement important dans le contexte de certains éléments du processus de conception, à savoir la conception environnementale et l'étude d'impact sur l'environnement.

Aux stades de l'étude de faisabilité, de l'élaboration de la conception d'ensemble et de l'établissement des plans détaillés, la conception technique est étudiée de façon de plus en plus détaillée. À l'étape de l'étude de la faisabilité, toutes les options sont envisagées, habituellement sur la base d'études internes et des informations existantes. Une étude préliminaire limitée sur le terrain peut aider à éliminer rapidement les formules inappropriées.

Les méthodes ne convenant pas ayant été éliminées, il est établi un devis pour les formules viables et une évaluation de leur impact vraisemblable sur l'environnement afin de donner aux décideurs des informations factuelles suffisantes pour déterminer les options à envisager au stade de la conception d'ensemble.

À ce stade, il s'agira soit d'optimiser la formule privilégiée, soit de procéder à une étude comparée de plusieurs méthodes possibles. Certaines études de terrain sont essentielles à ce stade, particulièrement pour évaluer les caractéristiques de mélange des eaux de réception ainsi que l'impact environnemental. La conception d'ensemble a pour but de donner aux décideurs des informations financières sur la formule à retenir en définitive.

L'étape de l'établissement des plans détaillés commence après la sélection de la conception d'ensemble, et il faut pour cela rassembler des données exactes sur le terrain. Le concepteur doit être prêt à réviser et actualiser le schéma retenu à la lumière des nouvelles données rassemblées en vue de l'établissement de plans détaillés.

Finalement, il faut élaborer un système de suivi et proposer une série d'indicateurs appropriés pour vérifier dans quelle mesure les résultats escomptés ont été atteints et pour évaluer l'efficacité et l'efficacé du système. Le système de suivi doit être d'harmoniser avec les règles fixées par les autorités compétentes ainsi qu'avec les caractéristiques du système d'assainissement des eaux usées. Le suivi a pour but de faciliter un processus continu d'amélioration grâce à l'évaluation des résultats et à l'actualisation des processus de traitement en fonction des progrès scientifiques et de l'évolution du cadre socio-économique.

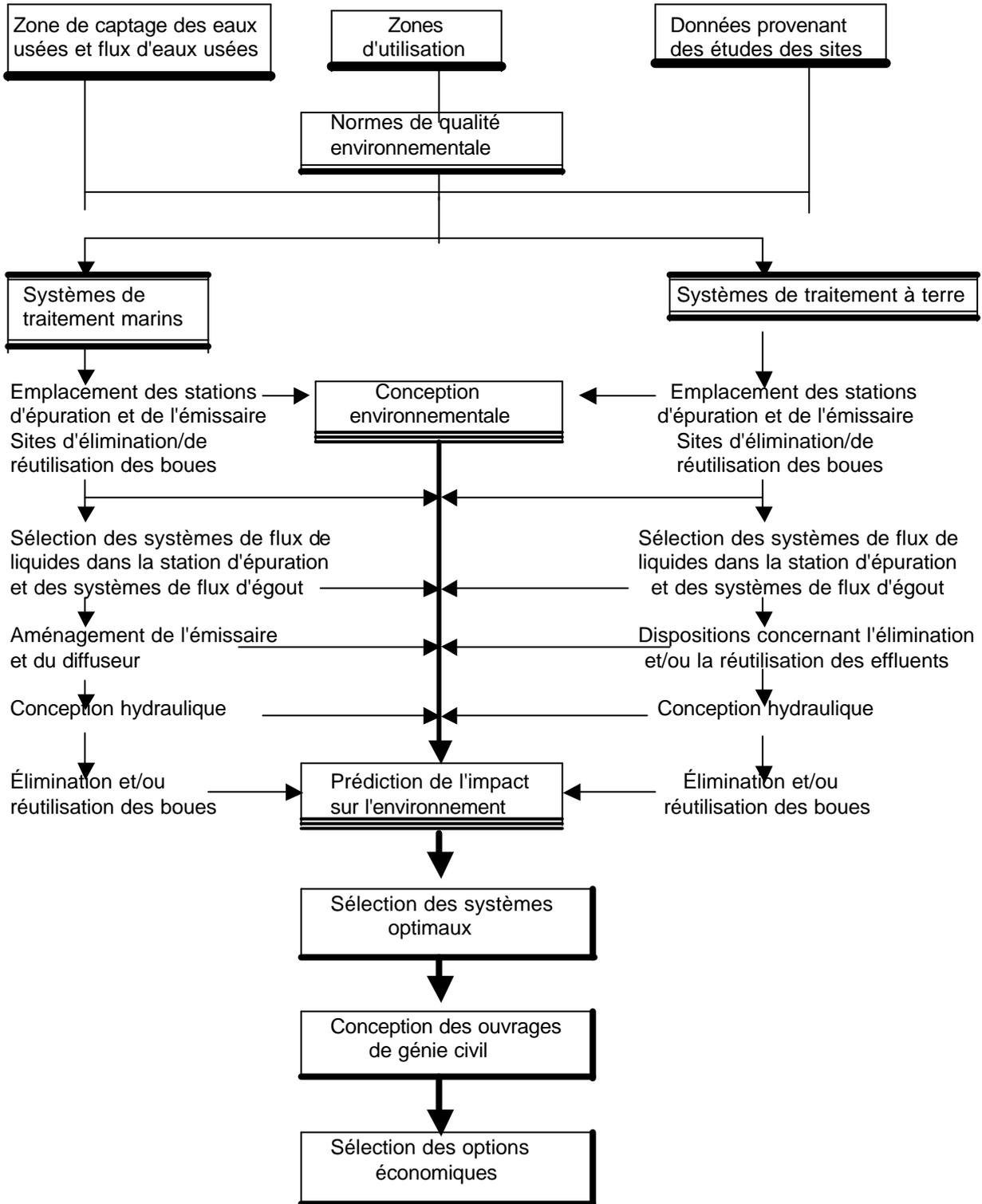


Figure 4. Systèmes d'assainissement des eaux usées – processus de conception

5. LIGNES DIRECTRICES CONCERNANT L'ÉLIMINATION

Lignes directrices concernant l'épandage

L'épandage consiste à rejeter les effluents sur une certaine superficie de terre, essentiellement dans le but de restituer l'eau au cycle hydraulique par évaporation, évapotranspiration et/ou infiltration. C'est l'une des mesures qui sont à la base d'une gestion rationnelle des ressources en eau ou de la conservation des ressources hydrauliques. Ces lignes directrices décrivent les degrés d'épuration requis avant l'épandage des effluents (voir le tableau 9).

L'épandage ne comprend pas les rejets d'eau non traitée car ces derniers ne font pas partie d'une gestion des effluents.

Il est fixé des limites de qualité des eaux pour minimiser les risques potentiels pour la santé et les effets négatifs sur l'environnement de réception. Il importe de surveiller le respect des limites prescrites.

Les principes qui sont à la base de l'épandage sont les suivants:

- utilisation sûre et durable à long terme des sols en évitant l'accumulation de substances quelconques dans la terre;
- les effluents ne doivent pas causer de dommages au couvert végétal;
- tout changement de la structure des sols doit être évité;
- les ruissellements vers les eaux superficielles et/ou la percolation dans les eaux souterraines ne doivent pas compromettre les valeurs environnementales sélectionnées des eaux de réception;
- il ne doit être produit aucune émission de gaz pouvant causer des odeurs désagréables;
- il ne doit pas être formé d'aérosols pouvant causer des problèmes de santé ou autres dans les régions avoisinantes.
- application des mesures de control des insectes afin de réduire la nuisance des moustiques

L'épandage est une solution qui peut être envisagée pour les communautés de l'intérieur, spécialement dans le cas des petites communautés établies dans les régions arides et semi-arides, pour l'élimination de tous les effluents ou des effluents excédentaires après réutilisation.

Cette méthode peut être envisagée aussi dans les régions où un rejet direct dans les eaux superficielles et souterraines n'est pas autorisé, notamment lorsqu'il s'agit d'eau destinée à la boisson ou d'eaux très sensibles. L'épandage et les charges doivent être judicieusement planifiés, gérés et surveillés de sorte que tout rejet dans les eaux souterraines ou superficielles soit conforme aux normes de qualité des eaux de réception et aux valeurs environnementales/utilisations des eaux. Les infiltrations provenant de l'épandage ont pour effet de recharger les nappes aquifères. En tout état de cause, il est préférable que l'effluent parvienne jusqu'à l'eau par infiltration plutôt que par ruissellement étant donné que l'infiltration se traduit par une épuration supplémentaire des effluents. L'épandage peut être utilisé comme méthode de recharge artificielle des nappes aquifères si les eaux sont traitées comme il convient.

En tout état de cause, il est recommandé de faire précéder l'épandage par une période de stockage, notamment lorsque les effluents doivent être stockés lorsque le rythme des rejets par épandage doit être réduit pour des raisons climatiques ou autres (entretien, engorgement du système et fiabilité). En outre, le stockage assure un traitement supplémentaire des effluents, spécialement du point de vue bactériologique. Plus le stockage est long, et meilleure est la qualité des effluents. Cependant, de longues périodes de stockage exigent

des réservoirs de plus grande capacité et accroissent par conséquent les coûts, qui peuvent être importants, selon les circonstances locales.

Cette méthode de gestion des effluents varie et dépend directement des conditions locales. Les éléments toxiques et la possibilité que ceux-ci s'accumulent en concentrations croissantes dans le sol et la végétation sont les facteurs les plus préoccupants. Un autre est l'impact sur les eaux et sur l'environnement aquatique. Cela étant, cette méthode doit être planifiée en coopération entre différents experts et autorités. Si les processus de traitement et le système hydraulique sont gérés comme il convient, l'épandage est une méthode qui peut être utilisée de façon satisfaisante et dans des conditions de sécurité.

Le tableau 9 énumère les options de rejet, degrés d'épuration, facteurs qui limitent chaque méthode d'épandage et paramètres connexes pouvant être préoccupants.

L'élément le plus important est que les effluents doivent subir un traitement minimum. Le degré d'épuration doit être réaliste et garantir des conditions de sécurité adéquates compte tenu de la formule de rejet dont il s'agit. Le degré d'épuration doit être fixé en consultation avec la communauté locale et dépendra du type d'épandage, des conditions locales et des vues du public.

Il faut tenir compte comme il convient et analyser en détail les facteurs limitatifs avant d'adopter une option déterminée. Pour sélectionner une solution adéquate, il faut évaluer comme il convient les conditions sociales, économiques et environnementales. L'analyse des différentes options pouvant être envisagées doit être fondée, entre autres, sur des études appropriées d'impact sur l'environnement.

Lignes directrices concernant les eaux côtières

Les eaux marines côtières offrent à l'homme une large gamme d'utilisations exceptionnellement importantes. Beaucoup d'entre elles ont d'importants avantages locaux, comme la pêche, les loisirs, les sports et le tourisme. D'autres utilisations apportent des avantages aux échelons régional ou mondial par suite de l'unité du système marin, les événements locaux influant sur la qualité de l'eau en des lieux très distincts et en étant à leur tour influencés par ces eaux. Beaucoup des utilisations que l'homme fait des eaux de la mer sont directement tributaires de la nature et de la qualité des systèmes biologiques, chimiques et physiques qui se trouvent en présence. C'est pourquoi il faut en toute priorité préserver une qualité acceptable des eaux.

Les effluents peuvent être déchargés dans différents types d'eaux côtières: eaux ouvertes, estuaires et baies.

Les effluents peuvent être rejetés directement en mer par de longs émissaires sous-marins, à grande distance de la côte, par des rejets plus proches du littoral ou par des exutoires côtiers. Ils peuvent également l'être indirectement par le biais des rejets dans les cours d'eau, les estuaires et les eaux souterraines.

Les eaux usées sont rassemblées puis transportées jusqu'à une station d'épuration et, après traitement approprié, rejetées en mer par un émissaire. Celui-ci se compose d'une canalisation qui transporte les effluents jusqu'à une certaine distance au large et qui s'achève par un diffuseur. Manifestement, l'impact ultime du rejet dépend du degré d'épuration et de la conception de l'émissaire. L'ensemble du processus d'élimination doit être conçu comme un système englobant à la fois l'émissaire marin et la station d'épuration.

Tableau 9
Méthodes d'épandage et degrés d'épuration

MÉTHODES D'ÉPANDAGE	FACTEURS LIMITATIFS POUR DIFFÉRENTS SEGMENTS DE L'ENVIRONNEMENT	PARAMÈTRES DES EFFLUENTS LES PLUS PRÉOCCUPANTS	DEGRÉ MINIMUM D'ÉPURATION	DEGRÉ D'ÉPURATION COMMUNÉMENT REQUIS
Mares d'évaporation	Air – jouissance esthétique (odeurs), moustiques et autres insectes. Eau – infiltration, ruissellement.	Émission d'odeurs, aérosols, éléments toxiques, matières organiques (DBO-5), éléments pathogènes.	Néant	C
Évapotranspiration (irrigation) i) agriculture ii) paysages	Air – odeurs. Terre – risque de contamination à long terme des sols et d'impact négatif sur la végétation et la structure des sols.	Odeurs, solides dissous, aérosols, éléments toxiques, pH, pathogènes, nutriments.	B (seulement s'il est utilisé une méthode d'irrigation spéciale sûre) C	C et E C et E
Infiltration - naturelle - terrain artificiellement préparé - recharge des nappes aquifères	Eaux souterraines – valeurs environnementales existantes et potentielles. Obstruction des nappes aquifères. Terre – Risque de dégradation à long terme des sols et/ou des cultures et de la végétation.	Solides, DBO-5, nutriments, pathogènes, éléments toxiques, solides dissous, pH.	C	C et D

NOTES: TYPE DE STATION – PROCESSUS DE TRAITEMENT TYPES

Catégorie de processus de traitement

- A** Pré-traitement
- B** Traitement primaire
- C** Traitement secondaire
- D** Extraction des nutriments
- E** Désinfection

Paramètres à extraire

- Solides grossiers, graisses et huiles
- Solides grossiers plus solides aisément décantables
- Plupart des solides et DBO
- Nutriments
- Bactéries et virus

Exemples de processus de traitement

- Filtrage et chambre d'extraction de particules et de graisses
- Sédimentation primaire, flottage
- Traitement biologique, traitement physique-chimique, lagunes
- Traitement biologique, précipitation chimique
- Lagunes, rayonnements ultraviolets, chlore

Les eaux de la mer ont été utilisées depuis longtemps pour le rejet des effluents car, pour réduire la pollution, une solution aisée consistait à la diluer. Les propriétés de dilution, de dispersion et d'auto-purification de l'eau de mer sont de précieux processus qui réduisent les polluants non toxiques et non sujets à accumulation, à condition que les eaux de réception soient suffisamment vastes pour pouvoir accueillir les eaux usées sans que celles-ci aient des effets inacceptables. En règle générale, plus le taux de dilution est élevé, et moindre est l'impact négatif sur l'environnement étant donné qu'il n'y a pas d'accumulation des impacts négatifs.

Les caractéristiques d'un émissaire de grande longueur dépendent essentiellement de la turbulence générée par les forces de flottation, qui assurent la dilution initiale. Il s'agit de la phase ascendante des eaux usées qui se dirigent vers la surface à partir du point de rejet, proche du lit de la mer. Pendant cette brève période (quelques minutes), la concentration des effluents et des contaminants peut être réduite rapidement. La dilution initiale est habituellement assurée au moyen d'un diffuseur, qui est un système d'échappement qui libère les effluents par une série d'orifices de petit diamètre espacés comme il convient.

Après la dilution initiale, adviennent la dilution secondaire et la dispersion. Ce processus contribue à diffuser davantage les eaux usées dans le milieu marin et est encouragé par l'advection, la dispersion entraînée par les turbulences, la dérive générée par les vents et les échanges d'eau en direction verticale. L'advection détermine les mouvements des eaux. Les turbulences étendent le champ de dispersion des eaux usées en raison de l'effet de cisaille produit par les différences de vitesse des courants et les grands tourbillons qui se produisent dans l'environnement de réception. La dérive des eaux superficielles générée par les vents peut transporter les bactéries et les virus vers la côte ou vers d'autres secteurs protégés de la couche superficielle de l'eau du fait de l'effet de cisaille produit par le vent et du transfert de masse provoqué par les ruptures de la crête des vagues. Les vents qui se dirigent vers le littoral, en particulier, peuvent avoir un impact particulièrement marqué sur la qualité des eaux de baignade sur les plages. La dilution secondaire est habituellement assurée par un émissaire dont la sortie est située à une distance appropriée de la côte et des régions protégées. La dilution totale des polluants persistants résulte exclusivement de la dilution initiale et secondaire.

Les prédateurs et les effets antagonistes de l'oxygène, de l'eau de mer et des rayonnements ultraviolets dans le milieu marin contribuent à réduire et, en définitive, à détruire les bactéries et les éléments pathogènes. Pour ces derniers, comme pour les autres polluants non persistants, le rythme de la dégradation sert de base au calcul d'un facteur ambiant équivalant à ce que l'on appelle la "dilution tertiaire". Un contact plus long (ce qui suppose généralement un émissaire) de polluants non persistants avec l'eau de mer se traduit par une dégradation plus rapide.

La dilution totale est le produit des trois dilutions partielles. La contribution de chaque étape à la dilution globale dépend directement des conditions locales. Un émissaire de grande longueur aura normalement, à proximité immédiate de son orifice, une dilution initiale égale à au moins 100:1. Cela est l'équivalent, en termes de concentrations de contaminants, d'une extraction de 99% dans la station d'épuration, soit un pourcentage beaucoup plus élevé que celui que peut atteindre une station d'épuration classique.

Lorsque les effluents sont rejetés près de la côte ou par un exutoire côtier, le degré de dilution est très réduit, voire insignifiant, et l'on ne peut pas, en pareils cas, compter sur les qualités d'auto-purification de l'eau de mer. La zone de mélange est alors très réduite ou inexistante. Cela étant, le degré d'épuration doit être plus élevé et le niveau minimum requis est celui du traitement secondaire.

L'utilisation de l'eau de mer pour compléter le traitement des effluents rejetés par un long émissaire sous-marin et un système de diffuseur demeure aujourd'hui une option intéressante et réaliste pour certains pays de la région. Cette formule peut être utilisée si les

capacités de l'environnement sont suffisantes pour accueillir les déchets restants après traitement partiel et si cela constitue le premier pas sur la voie d'un degré plus élevé de traitement des effluents et de protection de la mer. L'aspect le plus important de cette approche est le suivi, qui doit permettre de rassembler des informations suffisantes sur l'impact des rejets sur la qualité des eaux, les sédiments et les communautés biologiques. Le système de suivi doit être mis en place avant que ne commencent les rejets pour pouvoir rassembler des informations de référence.

La station d'épuration et l'émissaire sous-marin doivent être considérés comme un tout constituant un système de traitement unique. Un long émissaire sous-marin doit toujours être utilisé lorsque les processus de traitement ne comportent pas de désinfection. Or, on ne peut pas désinfecter des effluents si ceux-ci n'ont pas fait l'objet d'un traitement au moins secondaire. Par conséquent, un émissaire sous-marin de grande longueur doit être utilisé dans tous les cas où les effluents ne subissent pas de traitement secondaire.

Il est également recommandé d'utiliser un émissaire sous-marin de grande longueur même après un traitement secondaire ou un traitement encore plus poussé afin d'accroître la fiabilité du système d'épuration des eaux usées et d'améliorer la protection de l'environnement, ainsi que comme système de réserve en cas d'incident ou de dysfonctionnement.

Le tableau 10 énumère différentes catégories de rejets dans les eaux côtières et indique les valeurs environnementales, questions à prendre en considération et degrés d'épuration recommandés. Ces catégories dépendent des processus de mélange auxquels sont soumis les rejets.

En principe, le degré d'épuration peut être réduit s'il est utilisé un long émissaire sous-marin. Pour les communautés dont les systèmes de traitement reposent sur un tel émissaire, les règles applicables sont les suivantes:

- pour les communautés de moins de 10 000 équivalents personnes, le degré minimum d'épuration est le pré-traitement;
- pour les communautés de moins de 10 000 équivalents personnes qui rejettent les eaux usées dans des eaux sensibles aux nutriments, le degré minimum d'épuration est le traitement primaire;
- pour les communautés de 10 000 à 150 000 équivalents personnes, le degré minimum d'épuration est le traitement primaire, à condition que les effluents ne soient pas rejetés dans des eaux sensibles aux nutriments;
- pour les communautés représentant l'équivalent de plus de 150 000 habitants, le degré minimum d'épuration est le traitement secondaire, à condition que les effluents ne soient pas rejetés dans des eaux sensibles aux nutriments.

Les estuaires, baies et eaux côtières semi-fermées peuvent être considérés comme des zones sensibles en raison du faible renouvellement des eaux dans ces secteurs, qui sont en outre généralement peu profonds et où il n'y a guère de mélange par poussée ascendante. En outre, du fait de la proximité du littoral, il n'y a guère de possibilité de dispersion et de dilution secondaire ultérieure. En pareil cas, l'impact des rejets dépend de leur vitesse, du mélange assuré par les marées et du degré d'épuration des eaux usées. Les nitrates sont habituellement l'élément nutritif limitatif pour les eaux côtières et, en pareil cas, il faudra faire le nécessaire pour les réduire.

Lorsqu'il est envisagé de rejeter des effluents dans le milieu marin, il faut tenir compte comme il convient des caractéristiques spécifiques des flux d'eaux usées et des charges dans les lieux de villégiature caractérisés par de fortes fluctuations saisonnières entraînées par l'afflux de touristes. Ces fluctuations peuvent être très marquées, les populations pouvant décupler pendant certaines saisons, ce qui peut limiter l'utilisation de certaines méthodes de traitement sensibles aux variations des débits et des charges. Des méthodes de traitement plus simples et plus robustes fondées sur l'utilisation d'un émissaire sous-marin de grande longueur constituent souvent des méthodes de rejet appropriées et fiables. En pareils cas, les systèmes de rejet travaillent à pleine capacité pendant trois à six mois et, le reste de l'année, avec des charges beaucoup plus réduites. En pareille situation, par conséquent, il peut être appliqué des normes moins restrictives étant donné que le total annuel des charges ne compromettra pas l'environnement. Un long émissaire sous-marin est indispensable en pareil cas pour protéger comme il convient la santé et la sécurité des touristes et des usagers des eaux de la mer.

L'élément le plus important est le degré minimum d'épuration. Celui-ci doit être réaliste et garantir que les rejets se fassent dans des conditions de sécurité. Il doit être fixé en consultation avec la communauté locale, sur la base du type d'utilisation des eaux, des conditions locales et des vues du public.

Il doit être dûment tenu compte des facteurs limitatifs, lesquels doivent être analysés en détail avant qu'une option déterminée soit sélectionnée. Pour choisir une solution appropriée, il faut évaluer de manière adéquate les conditions sociales, économiques et environnementales locales. L'analyse des autres formules pouvant être envisagées doit reposer, entre autres, sur une étude appropriée d'impact sur l'environnement. Le degré d'épuration communément requis est celui qui a le plus de chance d'être utilisé et approuvé.

Il est toujours utile d'analyser d'autres formules de rejet des effluents dans la mer à la lumière de différents degrés d'épuration et de la longueur concomitante des émissaires ainsi que des besoins existants et prévisibles. Pour sélectionner la formule optimale sur la base des critères établis, il faut habituellement procéder à une analyse multidisciplinaire. Les critères de sélection sont généralement fondés sur:

- les paramètres écologiques (impact sur l'écosystème);
- les effets économiques (coûts directs et indirects);
- les aspects administratifs (normes, influence sur les organisations existantes de gestion et de contrôle des déchets);
- les aspects politiques (interface aux échelons local et national);
- les aspects temporels (date d'achèvement et impact récurrent sur l'environnement).

L'aspect temporel est très important pour la sélection d'une solution durable. Celle-ci doit l'être dans les conditions d'aujourd'hui mais aussi dans les conditions prévisibles. L'émissaire marin et le développement progressif d'une station d'épuration pouvant accroître graduellement le degré d'épuration constituent généralement une option de gestion des eaux usées très appropriée pour une société en développement.

Lignes directrices concernant les eaux intérieures liées au bassin hydrographique méditerranéen

Dans beaucoup de secteurs de la région méditerranéenne, l'infrastructure de traitement des eaux usées ne répond pas aux besoins créés par une population de plus en plus nombreuse et le développement croissant, spécialement dans les aires côtières. Beaucoup de pays méditerranéens, particulièrement au sud et à l'est, traversent une période de croissance économique et d'urbanisation rapide qui a affecté la gestion des eaux usées: la pollution de l'eau ne cesse de s'aggraver, ce qui ne manque pas d'avoir un impact cumulatif sur la santé humaine. Les lacunes des systèmes de gestion de l'assainissement et d'épuration des eaux

usées demeureront la principale cause de dégradation des ressources par le biais de la dégradation de la qualité des eaux.

Ces questions mettent en relief la nécessité pour les systèmes d'assainissement des eaux usées de gérer l'impact de l'urbanisation sur les eaux intérieures ainsi que celle d'appliquer des systèmes de contrôle de plus en plus rigoureux des effluents, l'objectif étant de gérer les systèmes d'assainissement des eaux usées de telle sorte qu'ils répondent aux besoins actuels et futurs grâce à des services économiques mais adéquats qui puissent être fournis de façon durable au niveau des communautés. À cette fin, il faut identifier et mettre en oeuvre des stratégies et des mesures de nature à inverser les tendances actuelles à la dégradation et à l'épuisement des ressources.

Les principes de gestion des déchets revêtent une importance capitale dans la gestion des rejets d'effluents dans les eaux intérieures.

Les questions à prendre en considération dans ce contexte doivent notamment tendre à:

- éviter ou réduire la teneur en contaminants des effluents grâce à l'application de normes industrielles appropriées et à l'éducation des usagers;
- réutiliser ou recycler les effluents traités dans tous les cas où cela est possible;
- restituer les effluents au système hydraulique, mais seulement lorsque leur qualité répond au moins aux objectifs fixés en ce qui concerne la qualité des eaux ambiantes;
- adopter des méthodes de traitement modernes et généralement acceptées et les améliorer avec le temps;
- en cas de besoin, adapter les méthodes de traitement les mieux appropriées à la lumière des compétences et de l'expérience disponible localement afin de les améliorer progressivement mais régulièrement avec le temps;
- adapter, en cas de besoin, les méthodes de traitement appropriées et les degrés d'épuration aux capacités financières des populations locales afin de les améliorer progressivement mais régulièrement avec le temps;
- appliquer des lignes directrices concernant la qualité environnementale des effluents lorsque les rejets constituent l'un des principaux éléments déterminants de la qualité du milieu de réception;
- éviter que les rejets ne pénètrent dans les points de prélèvement d'eau potable et dans les cours d'eau d'importance écologique en s'efforçant de sélectionner un emplacement optimal pour les canalisations de rejet.

Si besoin est pour des raisons financières, sociales ou autres qui conduisent à dépasser les objectifs de qualité fixés, la zone de mélange utilisée pour les rejets doit être délimitée et définie dans un permis de rejet, l'objectif devant être de réduire progressivement l'étendue de la zone jusqu'à ce que les rejets ne compromettent plus les objectifs de qualité des eaux. L'impact des effluents sur les eaux, y compris dans les zones de mélange, doit être suivi continuellement, et des mesures appropriées de contrôle de l'utilisation de la zone de mélange et de l'accès à celle-ci doivent être appliquées afin de réduire les risques des effluents pour la santé.

Pour déterminer les mesures à adopter, il faut bien comprendre qu'il est habituellement beaucoup plus coûteux de remettre en état un système que de prévenir sa dégradation.

L'élément le plus important est le degré minimum d'épuration. Celui-ci doit être réaliste et garantir que les rejets se fassent dans des conditions de sécurité. Il doit être fixé en consultation avec la communauté locale, sur la base du type d'utilisation des eaux, des conditions locales et des vues du public.

Il doit être dûment tenu compte des facteurs limitatifs, lesquels doivent être analysés en détail avant qu'une option déterminée soit sélectionnée. Pour choisir une solution appropriée, il faut évaluer de manière adéquate les conditions sociales, économiques et environnementales locales. L'analyse des autres formules pouvant être envisagées doit reposer, entre autres, sur une étude appropriée d'impact sur l'environnement. Le degré d'épuration communément requis est celui qui a le plus de chance d'être utilisé et approuvé. Généralement, dans le cas des eaux intérieures, il faut assurer un traitement secondaire pour protéger la santé de l'homme et l'environnement. Cela est particulièrement nécessaire dans les pays qui manquent d'eau d'irrigation car il existe un risque sérieux que les effluents soient réutilisés, de façon contrôlée ou non contrôlée.

Le tableau 11 indique quels sont les caractéristiques des effluents qui sont particulièrement préoccupantes ainsi que les lignes directrices concernant les degrés d'épuration recommandés pour les rejets dans des eaux intérieures.

Tableau 11

Méthodes de rejet dans les eaux intérieures et degrés d'épuration (eaux intérieures liées au bassin méditerranéen)

MÉTHODES DE REJET DANS LES EAUX INTÉRIEURES	VALEURS ENVIRONNEMENTALES/UTILISATIONS DES EAUX LIMITATIVES APPLICABLES AUX EAUX DE RÉCEPTION	PARAMÈTRES DES EFFLUENTS LES PLUS PRÉOCCUPANTS	DEGRÉ MINIMUM D'ÉPURATION	DEGRÉ D'ÉPURATION COMMUNÉMENT REQUIS
Cours d'eau, fleuves et lacs	Protection des écosystèmes	Solides dissous, matières toxiques, matières flottantes, couleur, turbidité, TSS, nutriments, DBO-5, DCO, pH.	C	C et D
	Loisirs et valeurs esthétiques	Matières toxiques, matières flottantes, couleur, turbidité, TSS, nutriments, DBO-5, DCO, éléments pathogènes, odeurs, huiles et graisses.	C	C et D (E pour le contact primaire)
	Eaux brutes destinées à l'approvisionnement en eau potable	Solides dissous, matières toxiques, matières flottantes, couleur, turbidité, TSS, y compris algues, nutriments, DBO-5, DCO, pH, éléments pathogènes, composés produisant un goût ou une odeur.	C C et D*	C, D et E
	Eaux à usage agricole	Solides dissous, éléments toxiques, matières flottantes, TSS, DBO-5, DCO, N total, pH, éléments pathogènes.	C	C C et E*
	Eaux à usage industrielle	Solides dissous, éléments toxiques, matières flottantes, couleur, turbidité, TSS, nutriments, DBO-5, DCO, pH.	C	C C et E*

NOTES: TYPE DE STATION – PROCESSUS DE TRAITEMENT TYPES

* Dans les zones sensibles comme les cours d'eau à sec, d'autres contraintes doivent également être prises en considération (débit, distance du point de rejet, etc.)

Catégorie de processus de traitement

- A** Pré-traitement
- B** Traitement primaire
- C** Traitement secondaire
- D** Extraction des nutriments
- E** Désinfection

Paramètres à extraire

- Solides grossiers, graisses et huiles
- Solides grossiers plus solides aisément décantables
- Plupart des solides et DBO
- Nutriments
- Bactéries et virus

Exemples de processus de traitement

- Filtrage et chambre d'extraction de particules et de graisses
- Sédimentation primaire, flottage
- Traitement biologique, traitement physique-chimique, lagunes
- Traitement biologique, précipitation chimique
- Lagunes, rayonnements ultraviolets, chlore

6. ÉCHANTILLONNAGE ET SURVEILLANCE CONTINUE

La surveillance continue constitue un aspect essentiel de la mise en oeuvre de toutes les dispositions en vigueur concernant l'eau. Les pays de l'UE doivent mettre en place un système de surveillance continue de la qualité des eaux afin d'obtenir pour chaque bassin fluvial une vue cohérente et complète de la situation. En 1975, les pays méditerranéens ont établi dans le cadre du programme "MED POL", des activités de surveillance sous forme d'accords nationaux de surveillance, conformément aux dispositions de l'article premier de la Convention de Barcelone ainsi que de l'article 3 du Protocole "tellurique". Ce protocole a pour but d'assurer une surveillance continue des eaux côtières et des sources de pollution.

Un programme d'échantillonnage et de surveillance continue de l'environnement et des effluents est indispensable pour déterminer si:

- la qualité prédite des effluents a été atteinte;
- l'impact ou le changement entraîné par le système de gestion répond à ce qui a été prédit;
- les valeurs environnementales convenues sont respectées.

L'environnement

Un programme d'échantillonnage de l'environnement est habituellement fondé sur les résultats d'une étude détaillée des sites et de la nature et du volume des rejets. Aux termes des réglementations pertinentes, cependant, un certain programme d'échantillonnage doit être mis en oeuvre et certaines informations doivent être réunies. La Directive-cadre de l'UE sur l'eau décrit de façon très détaillée le programme de surveillance continue qui doit être réalisé, et qui doit notamment comporter les volets ci-après:

1. Surveillance continue pour:
 - compléter et valider les évaluations d'impact;
 - concevoir de façon efficace et efficiente le futur programme de surveillance;
 - évaluer les changements à long terme des conditions naturelles;
 - évaluer les changements à long terme dus à l'activité de l'homme en général.
2. Surveillance opérationnelle pour:
 - déterminer la situation des eaux considérées comme risquant de ne pas atteindre les objectifs environnementaux fixés; et
 - évaluer les changements éventuels de la situation de ces eaux résultant de l'application du programme de mesures.
3. Surveillance/investigation:
 - lorsque les raisons d'un dépassement quelconque sont connues;
 - lorsqu'il ressort de la surveillance que les objectifs fixés pour des eaux déterminées ne seront probablement pas atteints;
 - lorsqu'il faut déterminer l'ampleur et l'impact d'une pollution accidentelle.

Chaque pays doit mettre en place son propre programme de surveillance conformément à la réglementation nationale en vigueur et aux obligations qu'il a contractées au plan international. Il faut, pour évaluer l'impact sur l'environnement, prendre en considération des aspects très divers, comme les suivants:

- A) Pour l'eau:
- l'actuelle qualité de départ des eaux dont il s'agit;
 - la situation d'un écosystème, aussi bien avant qu'après les rejets;
 - la modélisation des effets produits sur l'environnement de réception, y compris les effets provenant de tous les autres rejets dans l'eau;

- le prélèvement d'échantillons d'eau dans la zone de mélange et au-delà et prélèvement d'échantillons de sédiments et de faune;
- établissement de sites contrôlés au-delà de l'influence des rejets pour identifier les changements en rapport avec ces derniers;
- surveillance biologique, par exemple des macro-invertébrés;
- évaluation de l'impact biologique des rejets.

B) Pour la terre:

- types de sol;
- couvert végétal;
- ruissellements potentiels;
- proximité de cours d'eau et de lacs;
- évaluation de l'impact des rejets;
- prélèvements d'échantillons d'eau souterraine, d'eaux superficielles proches, de sols et de cultures.

C) Pour les produits basés sur la réutilisation des eaux usées et des boues:

- épandage des effluents/boues réutilisés;
- culture et utilisation de produits végétaux;
- mobilité des polluants de sources terrestres;
- établissement d'un ordre de priorités entre les sources et les causes de pollution;
- impacts possibles sur l'environnement et les consommateurs de produits alimentaires cultivés au moyen d'eaux usées et de boues réutilisées;
- quantité de matières toxiques, persistantes ou susceptibles de bioaccumulation présente dans les effluents, les boues et les produits;
- effets et risques pour la santé.

Surveiller les changements environnementaux liés aux rejets d'effluents est une opération complexe et onéreuse. La fréquence et la portée des opérations de surveillance doivent être déterminées au cas par cas, et ces activités doivent être réalisées conformément aux normes et aux exigences nationales et internationales pertinentes (ISO, NE, etc.). Ce problème est bien documenté et réglementé par les directives et normes de l'Union européenne.

Les effluents

Les autorités compétentes ou organismes appropriés doivent surveiller:

- les rejets des stations d'épuration des eaux usées urbaines pour vérifier que les normes applicables sont respectées;
- les quantités et la composition des boues rejetées dans les eaux superficielles.

Une surveillance de la qualité des effluents peut également être assurée pour:

- évaluer la performance de la station d'épuration;
- évaluer l'application du programme d'auto-surveillance et de rapports;
- veiller à ce que les règles auxquelles les permis sont subordonnés et la réglementation soient respectées;
- détecter dans les effluents tout changement de qualité qui pourrait avoir un impact sur l'environnement;
- rassembler des données en vue de la planification à long terme et de confirmer les critères de conception;
- faciliter les recherches.

La nature et la fréquence des opérations d'échantillonnage requises dépendent d'un grand nombre de facteurs comme les suivants:

- sensibilité de l'environnement;
- dispositions réglementaires;
- nature du processus de traitement;
- risque pour l'environnement;
- qualité de l'environnement;
- variabilité journalière et saisonnière du débit;
- composition et variabilité de la composante déchets industriels des eaux usées à l'arrivée;
- fiabilité du processus de traitement;
- compétence du personnel de l'exploitation;
- efficacité de l'entretien et de la supervision de la station;
- éloignement de la station.

Comme la surveillance est une opération très onéreuse, il importe de l'optimiser. Il est recommandé de procéder à un échantillonnage à deux niveaux:

- un petit nombre de paramètres critiques liés au processus de traitement et à l'impact sur l'environnement;
- une large gamme de paramètres englobant tous ceux qui peuvent avoir un impact sur l'environnement.

L'échantillonnage doit être plus fréquent lorsqu'il s'agit d'une grande station d'épuration, lorsque les effluents peuvent avoir un impact significatif sur l'environnement ou lorsque celui-ci est sensible. La variabilité potentielle de la qualité des effluents peut influencer sur la fréquence de l'échantillonnage. Cela dépend du type de processus de traitement. Les processus qui comportent une durée de rétention plus longue, comme les lagunes, sont beaucoup moins exposés à des changements soudains de qualité des effluents que ceux pour lesquels la durée de rétention est courte.

Le tableau 12 indique la fréquence recommandée des opérations d'échantillonnage pour différentes stations, cette fréquence devant être alignée sur la réglementation nationale pertinente. De fréquents échantillonnages sont indiqués pour chaque taille de station. Dans le cas des petites communautés éloignées ainsi que des régions ne disposant pas d'un personnel et d'un matériel adéquats, l'échantillonnage peut être à la fois difficile du point de vue logistique et prohibitif. En pareille situation, il faudra sélectionner des processus robustes et fiables, ce qui permettra de réduire la fréquence des prélèvements.

Un échantillonnage composite est mieux approprié pour les grandes stations ainsi que lorsqu'il faut estimer la charge totale et les crêtes de pollution pouvant affecter l'environnement. D'une manière générale, des échantillons aléatoires sont plus usuels. Les échantillons doivent être prélevés dans les deux heures du moment auquel le débit journalier est normalement maximum dans le cas des systèmes à brève durée de rétention.

Des informations plus détaillées sur la surveillance continue figurent dans les ouvrages, les normes et protocoles pertinents.

Le programme de surveillance doit être bien conçu pour qu'il soit à la fois efficient et rationnel. Le cycle de surveillance (Encadré 6) est l'un des principes directeurs à suivre: le processus de surveillance et d'évaluation doit être considéré comme faisant suite aux activités connexes, qui commencent par la détermination des informations à rassembler et qui s'achèvent par l'utilisation des données ainsi produites. Les activités successives doivent être spécifiées et conçues, c'est-à-dire optimisées, sur la base des informations requises ainsi que du maillon précédent de la chaîne. Celle-ci, en effet, n'est pas plus solide que son maillon le plus faible. Entreprendre un programme de surveillance sans spécifier les informations à rassembler avant de concevoir le réseau qui sera effectivement mis en place est un gaspillage d'argent.

Encadré 6: Cycle de surveillance

Les éléments du cycle de surveillance sont les suivants:

1. Objectifs et besoins en matière de gestion des eaux
2. Informations à rassembler en vue de la gestion
3. Stratégie de surveillance à mettre en oeuvre pour rassembler des informations
4. Conception et optimisation du réseau
5. Collecte des échantillons
6. Analyses en laboratoire
7. Traitement des données
8. Analyse, validation et approbation des données
9. Rapports
10. Utilisation de l'information par les gestionnaires

Tableau 12

Fréquences recommandées de prélèvement d'échantillons des effluents

Type de station (voir notes ci-dessous)	Principaux paramètres des processus	Durée de la rétention dans la station	Dimensions de la station			
			Très petite < 0.5 MLJ	Petite 0.5 - 3 MLJ	Moyenne 3-20 MLJ	Grande >20 ML
A, B	TSS, DBO-5	toutes	T	T	S	2 x S
C	TSS DBO-5, DCO, N	longue rétention brève rétention	T M	T S	M 2 x S	S 2 x S
D	TSS, N, P DBO-5, DCO	longue rétention brève rétention	T M	T S	M 2 x S	S 2 x S
E	E. coli	longue rétention brève rétention	T M	T M	M 2 x S	S 2 x S
F	toutes exigences propres au site	toutes	S	S	2 x S	2 x S
Série complète de paramètres		toutes	D	D	T	T

NOTES: TYPE DE STATION – PROCESSUS DE TRAITEMENT TYPES

Catégorie de processus de traitement

- A** Pré-traitement
- B** Traitement primaire
- C** Traitement secondaire
- D** Extraction des nutriments
- E** Désinfection
- F.** Épuration poussée des eaux usées

Paramètres à extraire

- Solides grossiers, graisses et huiles
- Solides grossiers plus solides aisément décantables
- Plupart des solides et DBO
- Nutriments
- Bactéries et virus
- Traitement tendant à réduire davantage des paramètres sélectionnés

Exemples de processus de traitement

- Filtrage et chambre d'extraction de particules et de graisses
- Sédimentation primaire, flottage
- Traitement biologique, traitement physique-chimique, lagunes
- Traitement biologique, précipitation chimique
- Lagunes, rayonnements ultraviolets, chlore
- Filtrage granulaire, microfiltrage, technologies à membrane, bioréacteur à membrane

ABBREVIATIONS: **DBO** = Demande biochimique d'oxygène, **DCO** = Demande chimique d'oxygène, **P** = Phosphore, **MLJ** = Mégalitres par jour, **2xS** = Deux fois par semaine, **M** = Une fois par mois, **D** = Deux fois par an, **T** = Une fois par trimestre, **N** = Azote, **TSS** = Total des solides en suspension, **S** = Une fois par semaine

La fréquence de l'échantillonnage, dans les très petites communautés peut être inférieure à celle indiquée ci-dessus.

APPENDICES

Appendice 1: Glossaire

Assainissement: Maîtrise des facteurs physiques dans l'environnement humain qui peuvent compromettre le développement, la santé ou la vie.

Bassin fluvial: Secteur dont s'écoulent tous les ruissellements de surface par une série de ruisseaux, rivières et, le cas échéant, lacs et se déversent dans la mer par l'embouchure, l'estuaire ou le delta d'un même cours d'eau.

Bassin versant: Secteur à partir duquel tous les ruissellements superficiels passent par une série de ruisseaux, rivières et, le cas échéant, lacs jusqu'à un point déterminé d'un cours d'eau (normalement un lac ou un affluent).

Bonification des eaux usées: Traitement et gestion des eaux usées municipales, industrielles ou agricoles visant à produire de l'eau de qualité appropriée pour d'autres utilisations bénéfiques.

Boues: Solides résiduels, traités ou non traités, qui sont extraits par les stations d'épuration des eaux usées.

Chloration: Application de chlore dans de l'eau, des eaux usées, ou des déchets industriels, généralement à des fins de désinfection.

Critère: Valeur qualitative ou quantitative ou concentration d'un élément constitutif, sur la base de données scientifiques permettant de prendre une décision ou de porter un jugement quant à l'adéquation de l'eau à une utilisation déterminée.

Degré indicatif d'épuration: Degré probable d'épuration compte tenu des caractéristiques spécifiques des rejets. Le degré effectif d'épuration doit être déterminé en fonction des valeurs environnementales et des résultats de la surveillance continue.

Désinfection: Processus qui détruit, neutralise ou élimine des microorganismes pathogènes.

Eau souterraine: Eau se trouvant sous terre, dans une zone de saturation ou dans une nappe aquifère, pouvant être extraite au moyen d'un puits.

Eaux côtières: Eaux situées au-delà de la laisse de basse mer ou de la limite extérieure d'un estuaire.

Eaux intérieures: Toutes les eaux stagnantes ou courantes se trouvant à la surface de la terre et toutes les eaux souterraines se trouvant à la ligne de base servant à mesurer la largeur des eaux territoriales.

Eaux marines: Océans et baies et eaux des estuaires. Ces eaux ont des concentrations en ions inorganiques dissous supérieurs à 30 000 mg/l.

Eaux usées domestiques: Eaux usées provenant de peuplements et de services résidentiels, ayant essentiellement pour origine le métabolisme humain et les activités ménagères.

Eaux usées industrielles: Toutes les eaux usées rejetées par des locaux utilisés à des fins industrielles ou commerciales, autres que les eaux usées domestiques et les ruissellements d'eau de pluie.

Eaux usées municipales: Voir eaux usées urbaines.

Eaux usées urbaines: Eaux usées domestiques ou mélange d'eaux usées domestiques et d'eaux usées industrielles et/ou de ruissellement d'eau de pluie.

Eaux usées: Eaux qui ont été utilisées au moins une fois et qui ont ainsi été rendues impropres à une réutilisation à cette même fin sans traitement et qui sont collectées et transportées par les égouts. Les eaux usées comprennent normalement des eaux de sources aussi bien domestiques qu'industrielles.

Effluent: Eau rejetée à la suite d'un processus d'épuration d'eaux usées, par exemple un traitement secondaire.

Égout: Canal ou canalisation qui transporte les eaux usées et les ruissellements d'eau de pluie de la source jusqu'à une station d'épuration ou un système de collecte. Les égouts "sanitaires" transportent les déchets ménagers, industriels et commerciaux. Les égouts de drainage transportent les ruissellements d'eau de pluie. Les égouts combinés transportent les deux.

Éléments toxiques: Substances qui, au-dessus de certaines concentrations, empoisonnent les organismes vivants.

Élimination des eaux usées: Collecte et élimination des eaux usées provenant d'installations industrielles et de peuplements urbains au moyen d'un système de canalisations et de stations d'épuration.

Émissaire: Canalisation utilisée pour transporter les effluents traités jusqu'au point de rejet et doté d'un diffuseur à son extrémité.

Épuration poussée des eaux usées: Application de processus multiples au-delà du traitement secondaire.

Estuaire: Secteur de transition, à l'embouchure d'un cours d'eau, entre l'eau douce et les eaux côtières.

Eutrophisation: Processus par lequel un plan d'eau est enrichi de nutriments qui stimulent la croissance de plantes aquatiques, par exemple d'algues, ce qui épuise l'oxygène dissous.

Extraction des nutriments: Processus d'épuration supplémentaire des eaux usées tendant à ramener la concentration de phosphore ou d'azote se trouvant dans les effluents au-dessous des niveaux atteints par le traitement secondaire.

Flux environnemental: Flux d'un cours d'eau intérieur nécessaire pour préserver les valeurs écologiques des écosystèmes aquatiques à un niveau de risque peu élevé.

Gestion des eaux usées: Ensemble des aspects institutionnels, financiers, techniques, législatifs, participatifs et de gestion liés au problème des eaux usées.

Lagune: Mare peu profonde où les rayons du soleil, l'action bactérienne et l'oxygène se combinent pour purifier les eaux usées.

Mares: Lagunes de traitement utilisées pour purifier les eaux usées traitées pour compléter l'épuration d'effluents ayant subi un traitement primaire ou secondaire.

Matières flottantes: Solides grossiers, matières plastiques, écumes ou excès d'huiles et graisses présents à la surface de l'effluent.

Matières organiques: Dans le contexte de l'épuration des eaux usées, matières qui peuvent être biologiquement consommées lors du processus de traitement secondaire. Source d'alimentation pour divers microorganismes.

Normes de rejet des effluents industriels: Normes obligatoires en vigueur établies par une autorité concernant la qualité des eaux usées industrielles avant rejet dans le système de collecte d'eaux usées urbaines.

Normes: Niveaux obligatoires en vigueur établis par une autorité.

Nutriments: Substances nécessaires à la croissance et à la reproduction des organismes.

Objectifs: Buts visés, à court et/ou à long terme du programme de gestion de la qualité des eaux. Ces objectifs sont souvent fixés après examen des critères de qualité des eaux à la lumière des facteurs économiques, environnementaux, sociaux ou politiques pertinents.

Polluant: Toute substance pouvant causer une pollution.

Pollution par les eaux usées: Atteinte à la qualité d'un environnement quelconque par suite de l'introduction d'eaux usées provenant d'une communauté ou de l'industrie.

Pollution: Introduction directe ou indirecte par suite de l'activité de l'homme de substances ou de chaleur dans l'atmosphère, l'eau ou la terre et pouvant être nocives pour la santé de l'homme ou la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres dépendant directement d'écosystèmes aquatiques et entraînant des dommages matériels qui affectent les agréments ou autres utilisations légitimes de l'environnement.

Pré-traitement/traitement préliminaire: Traitement des eaux usées consistant à extraire les solides grossiers et une partie des solides à sédimentation facile ainsi que les matières flottantes et les graisses et huiles.

Qualité des eaux usées: État ou situation des eaux usées contenant des matières dissoutes ou en suspension provenant d'un ménage, d'une communauté, d'une exploitation agricole ou d'une installation industrielle.

Rejet d'eaux usées: Flux d'effluents traités provenant de tout processus d'épuration des eaux usées.

Rejet de sources diffuses: Source de pollution qui n'a pas d'origine déterminée (par exemple ruissellement d'eau de pluie contenant des sédiments, engrais et pesticides provenant de terres agricoles).

Rejet de sources ponctuelles: Pollution provenant d'une source identifiable (par exemple rejet d'effluents d'une station d'épuration des eaux usées ou d'une industrie rurale).

Réutilisation: Application d'eaux usées dûment épurées pour des fins bénéfiques.

Station municipale d'épuration: Station qui traite des eaux usées d'origine essentiellement domestique et des eaux contenant des déchets industriels compatibles avec les eaux usées domestiques.

Substances nocives: Substances ou groupes de substances qui sont toxiques, persistantes et susceptibles de bioaccumulation, et autres substances ou groupes de substances qui peuvent susciter des préoccupations semblables.

Substances prioritaires: Substances nocives déterminées comme prioritaires.

Système d'assainissement des eaux usées: Ensemble du système de collecte, de traitement et d'élimination des eaux usées municipales.

Système de collecte d'eaux usées: Système de canalisations qui collecte et transporte les eaux usées urbaines et municipales.

Système de traitement naturel: Processus physiques, chimiques et biologiques naturels, dont les plus fréquents sont les systèmes d'épandage (écoulement lent, infiltration rapide et flux terrestre), marécages aménagés (superficiels libres, flux infraperficiel) plantes aquatiques flottantes et aquaculture.

Traitement des boues: Processus tendant à réduire le volume de l'eau et à contrôler la qualité des boues afin de prévenir tout impact dommageable sur l'environnement.

Traitement primaire: Traitement des eaux usées tendant à extraire les solides à sédimentation facile. Il s'agit d'un traitement des eaux usées urbaines par des processus physiques et/ou chimiques consistant à décanter les solides en suspension ou à faire intervenir d'autres processus suivis d'une digestion des boues ou d'autres moyens d'élimination de ces dernières. La DBO-5 des eaux à l'arrivée est réduite d'au moins 20% avant d'être rejetée et le total des solides en suspension est réduit d'au moins 50%.

Traitement secondaire: Traitement des eaux usées urbaines au moyen de processus faisant généralement intervenir un traitement biologique et des processus secondaires de sédimentation ou autres suivis d'une digestion ou d'autres moyens d'élimination des boues. Les contaminants dans les eaux usées à l'arrivée sont réduits au minimum: de 70 à 90% pour la DBO-5, de 75% pour la demande chimique d'oxygène et de 70 à 90% du total des solides en suspension avant le rejet.

Traitement tertiaire: Processus tendant à améliorer davantage la qualité des effluents secondaires avant rejet ou réutilisation. Les processus généralement utilisés sont le filtrage au sable, l'échange d'ions, le microfiltrage, les technologies à membrane et les filtres naturels que sont les marécages.

Utilisations bénéfiques: Utilisations ou valeur de l'environnement qui contribuent à l'intérêt du public, au bien-être, à la sécurité, à la santé et à la jouissance esthétique.

Valeur environnementale: Voir utilisations bénéfiques.

Zone de mélange: Zone contiguë au point de rejet des effluents et spécifiée dans la licence ou le permis, où les objectifs de qualité applicables aux eaux ambiantes n'ont pas à être atteints.

Appendice 2: Bibliographie

- Action "Med 21". Développement durable en Méditerranée, Tunis, 1994.
- Australian Water Resources Council. Australian Guidelines for Sewerage System, 1997.
- The Engelberg Report. Health aspects of wastewater and excreta use in agricultural and aquaculture, OMS et Banque mondiale, Dubendorf, 1985.
- UE. Handbook on the Implementation of EC Environmental Legislation, Overview Water Protection.
- CE. Directive 2000/60/CEE – Cadre d'action communautaire concernant la politique de l'eau, 2000.
- CE. Directive du Conseil 91/271/CEE concernant l'épuration des eaux usées urbaines.
- Grabow W.O.K. et IAWQ. Water Quality International 98, Water Quality: Management, Water Science and Technology, Volume 38, No. 11, 1998.
- Henze M., L. Somlyidy, W. Schilling et J. Tyson. Sustainable Sanitation, Water Science and Technology, Volume 35, No. 9, 1997.
- IHE, Delft. Strategy Options for Sewage Management to Protect the Marine Environment, PNUE/GPA, La Haye, novembre 2000.
- Jimenez *et al.*, Alternative wastewater treatment intended for agricultural use in Mexico, Wat. Sci. Tech., 40, No. 4-5, pp. 355-362., 1999.
- Jimenez *et al.*, Removal of micro-organisms in different stage of wastewater treatment for Mexico City, Wat. Sci. Tech., 43, No. 10, pp. 155-162, 2001.
- Jean Margat et Domitille Vallee. Vision méditerranéenne de l'eau, de la population et de l'environnement au XXI^e siècle, Plan Bleu, janvier 2000.
- John Anderson. Prospects for international guidelines for water recycling, Water 21, août 2001.
- Margeta J., I. Iacovides et E. Azzopardi. Guidelines for Integrated Coastal Urban Water System Planning in Coastal Areas of the Mediterranean, PAM/PAP, Split, 1996 (projet).
- Margeta J., I. Iacovides et E. Azzopardi. Integrated Approach to Development, Management and Use of Water Resources, PNUE-PAM/PAP, Split, 1997.
- Neville-Jones J.P.D. et C. Droling. Outfall design guides for environmental protection, WRC, novembre 1986.
- Syed R. Qasim. Wastewater treatment plants, Technomic, Bâle, 1994.
- Takashy Asano et Audrey D. Levine. Wastewater reuse: a valuable link in water resources management, WQI No. 4, 1995.
- PNUE-PAM/PAP. Code of practice for environmentally sound management of liquid waste discharge in the Mediterranean sea, PAP, 1987.
- PNUE-PAM/MEDPOL. Programme d'actions stratégiques pour la lutte contre la pollution provenant d'activités basées à terre, Athènes, 1999.

PNUE-PAM/PAP. Lignes directrices environnementales pour la réutilisation des eaux usées municipales dans la région méditerranéenne, PAP, Split, 1990.

PNUE. Plan d'action pour la Méditerranée et Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et Protocoles connexes, NU, Athènes, 1992.

PNUE. La Commission méditerranéenne du développement durable: Mécanisme régional de réalisation d'Action 21, PNUE - PAM, Athènes.

PNUE. Recommendations for Decision-Making on Municipal Wastewater (projet), 2000.

PNUE/PAM. Lignes directrices concernant la réutilisation des eaux usées municipales dans la région méditerranéenne, 2003.

PNUE/GPA. Lignes directrices concernant la gestion des eaux usées municipales, décembre, 2002.

LIST OF MAP TECHNICAL SERIES REPORTS

Please note that the MTS Reports are available from our web site at www.unepmap.org

MTS 151. UNEP/MAP/MED POL: **Guidelines for river (including estuaries) pollution monitoring programme for the Mediterranean Region.** MAP Technical Reports Series No. 151, UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French).

MTS 150. UNEP/MAP/MED POL/WHO: **Reference handbook on environmental compliance and enforcement in the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 150, UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French).

MTS 149. UNEP/MAP/MED POL/WHO: **Guidelines on environmental inspection systems for the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 149, UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French).

MTS 148. UNEP/MAP/MED POL/WHO: **Guidelines on management of coastal litter for the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 148, UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French).

MTS 147. UNEP/MAP/MED POL: **Plan for the management of hazardous waste, including inventory of hazardous waste in the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 147, UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French).

MTS 146. UNEP/MAP/RAC/CP: **Guidelines for the application of Best Available Techniques (BATs), Best Environmental Practices (BEPs) and Cleaner Technologies (CTs) in industries of the Mediterranean countries.** MAP Technical Reports Series No. 146, UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French).

MTS 145. UNEP/MAP/RAC/CP: **Plan for the reduction by 20% by 2010 of the generation of hazardous wastes from industrial installations for the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 145 UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French).

MTS 144. UNEP/MAP/MED POL: **Plan on reduction of input of BOD by 50% by 2010 from industrial sources for the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 144, UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French, Arabic).

MTS 143. UNEP/MAP/RAC/CP: **Guidelines for the application of Best Environmental Practices (BEPs) for the rational use of fertilisers and the reduction of nutrient loss from agriculture for the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 143, UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French, Arabic).

MTS 142. UNEP/MAP/RAC/CP: **Guidelines for the application of Best Available Techniques (BATs) and Best Available Practices (BEPs) in industrial sources of BOD, nutrients and suspended solids for the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 142, UNEP/MAP, Athens, 2004. (English, French).

MTS 141. UNEP/MAP/MED POL: **Riverine transport of water, sediments and pollutants to the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 141, UNEP/MAP, Athens, 2003.

MTS 140. UNEP/MAP/MED POL: **Mariculture in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 140, UNEP/MAP, Athens, 2004. (IN PUBLICATION)

MTS 139. UNEP/MAP/MED POL: **Sea Water Desalination in the Mediterranean: Assessment and Guidelines.** MAP Technical Reports Series No. 139, UNEP/MAP, Athens, 2003. (English and French)

MTS 138. UNEP/MAP/PAP : **MAP CAMP Project "Malta": Final Integrated Project Document and Selected Thematic Documents.** MAP Technical Report Series No. 138, UNEP/MAP, Athens, 2002. (English).

MTS 137. UNEP/MAP/BLUE PLAN : **Free Trade and the Environment in the Euro-Mediterranean Context, Montpellier/Mèze, France, 5 – 8 October 2000:** Volume I: Technical Report of the Workshop; Volume II: Regional and International Studies; Volume III: National Studies; Volume IV: Environmental Aspects of Association Agreements. MAP Technical Report Series No. 137, (4 Vols), UNEP/MAP, Athens, 2002. **Libre-échange et environnement dans le contexte euro-méditerranéen : Montpellier/Mèze, France, 5 – 8 octobre 2000** (Parts in English & French).

MTS 136. UNEP/MAP/MED POL: **Guidelines for the management of fish waste or organic materials resulting from the processing of fish and other marine organisms.** MAP Technical Report Series No. 136, UNEP/MAP, Athens, 2002. (English, French, Spanish & Arabic).

MTS 135. PNUE/PAM: **PAC DU PAM "Zone côtière de Sfax": Synthèse des études du projet, rapport de la réunion de clôture et autres documents choisis.** No. 135 de la Série des rapports techniques du PAM, PNUE/PAM, Athènes, 2001. (French).

- MTS 134.** UNEP/MAP/PAP: **MAP CAMP Project "Israel": Final Integrated Report and Selected Documents.** MAP Technical Reports Series No. 134, UNEP/MAP, Athens, 2001. (English).
- MTS 133.** UNEP/MAP: **Atmospheric Transport and Deposition of Pollutants into the Mediterranean Sea: Final Reports on Research Projects.** MAP Technical Reports Series No. 133, UNEP/MAP, Athens, 2001. (English).
- MTS 132.** UNEP/MAP/WHO: **Remedial Actions for Pollution Mitigation and Rehabilitation in Cases of Non-compliance with Established Criteria.** MAP Technical Reports Series No. 132, UNEP/MAP, Athens 2001. (English).
- MTS 131.** UNEP/MAP: **MAP CAMP Project "Fuka-Matrouh", Egypt: Final Integrated Report and Selected Documents.** MAP Technical Reports Series No. 131, (2 Vols.), UNEP/MAP, Athens, 2001. (English).
- MTS 130.** UNEP/MAP/WMO: **Atmospheric Input of Persistent Organic Pollutants to the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 130, UNEP/MAP, Athens, 2001. (English).
- MTS 129.** UNEP/MED POL: **Guidelines for the Management of Dredged Material.** MAP Technical Reports Series No. 129, UNEP, Athens 2000. (English, French, Spanish and Arabic). PNUE/MED POL: **Lignes Directrices pour la gestion des matériaux de dragage.** (Anglais, français, espagnol et arabe).
- MTS 128.** UNEP/MED POL/WHO: **Municipal Wastewater Treatment Plants in Mediterranean Coastal Cities.** MTS no. 128, UNEP, Athens 2000 (English and French). PNUE/MED POL/OMS: **Les Stations d'épuration des eaux usées municipales dans les villes cotières de la Méditerranée.** (Anglais et français).
- MTS 127.** UNEP/BLUE PLAN: **Minutes of the Seminar, Territorial Prospective in the Mediterranean and the Approach by Actors,** Sophia Antipolis, France, 7-9 November 1996. MTS No. 127, UNEP, Athens 2000. PNUE: **Actes du séminaire, La prospective territoriale en Méditerranée et l'approche par acteurs,** Sophia Antipolis, 7-9 novembre 1996. (In French with English introduction and 1 paper).
- MTS 126.** UNEP/MCSD/Blue Plan: **Report of the Workshop on Tourism and Sustainable Development in the Mediterranean,** Antalya, Turkey, 17-19 September 1998. MAP Technical Reports Series No. 126, UNEP, Athens 1999. (English and French). PNUE/CMDD/Plan Bleu: **Rapport de l'atelier sur le tourisme et le développement durable en Méditerranée,** Antalya, Turquie, 17-19 septembre 1998. (Anglais et français).
- MTS 125.** UNEP: **Proceedings of the Workshop on Invasive *Caulerpa* Species in the Mediterranean,** Heraklion, Crete, Greece, 18-20 March 1998. MAP Technical Reports Series No. 125, UNEP, Athens 1999. (317 pgs). (English and French). PNUE: **Actes de l'atelier sur les especes *Caulerpa* invasives en Méditerranée,** Heraklion, Crète, Grèce, 18-20 mars 1998. (Anglais et français).
- MTS 124.** UNEP/WHO: **Identification of Priority Hot Spots and Sensitive Areas in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 124. UNEP, Athens, 1999. PNUE/OMS: **Identification des "Points Chauds" et "Zones Sensibles" de pollution prioritaire en Méditerranée.**
- MTS 123.** UNEP/WMO: **MED POL Manual on Sampling and Analysis of Aerosols and Precipitation for Major Ions and Trace Elements.** MAP Technical Reports Series No. 123. UNEP, Athens, 1998.
- MTS 122.** UNEP/WMO: **Atmospheric Input of Mercury to the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 122. Athens, 1998, (78 pages).
- MTS 121.** PNUE: **MED POL Phase III. Programme d'évaluation et de maîtrise de la pollution dans la région Méditerranéenne (1996-2005).** MAP Technical Reports Series No. 121. Athens 1998, (123 pgs). (In publication)
- MTS 120.** UNEP: **MED POL Phase III. Programme for the Assessment and Control of Pollution in the Mediterranean Region (1996-2005).** MAP Technical Reports Series No. 120. UNEP, Athens, 1998, (120 pgs).
- MTS 119.** UNEP: **Strategic Action Programme to Address Pollution from Land-Based Activities.** MAP Technical Reports Series No. 119. UNEP, Athens, 1998, (178 pgs) (English and French) PNUE: **Programme d'Actions Stratégiques visant à combattre la pollution due à des activités menées à terre.** (Français et anglais)
- MTS 118.** UNEP/WMO: **The Input of Anthropogenic Airborne Nitrogen to the Mediterranean Sea through its Watershed.** MAP Technical Reports Series No. 118. UNEP, Athens, 1997 (95 pgs.) (English).
- MTS 117.** UNEP: **La Convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution et le développement durable.** MAP Technical Reports Series No. 117. UNEP, Athens, 1997 (97 pgs.) (Français seulement).
- MTS 116.** UNEP/IAEA: **Data Quality Review for MED POL (1994-1995), Evaluation of the analytical performance of MED POL laboratories during 1994-1995 in IAEA/UNEP laboratory performance studies for the determination of trace elements and trace organic contaminants in marine biological and sediment samples.** MAP Technical Reports Series No. 116. UNEP, Athens, 1997 (126 pgs.) (English).

MTS 115. UNEP/BP **Methodes et outils pour les etudes systemiques et prospectives en Méditerranée, PB/RAC, Sophia Antipolis, 1996.** MAP Technical Reports Series No. 115. UNEP/BP, Athens, 1996 (117 pgs.) (français seulement).

MTS 114. UNEP: **Workshop on policies for sustainable development of Mediterranean coastal areas, Santorini Island, 26-27 April 1996. Presentation by a group of experts.** MAP Technical Reports Series No. 114. UNEP, Athens, 1996 (184 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE: **Journées d'étude sur les politiques de développement durable des zones côtières méditerranéennes, Ile de Santorin, 26-27 avril 1996. Communications par un groupe d'experts.** (Parties en anglais ou français seulement).

MTS 113. UNEP/IOC: **Final reports of research projects on transport and dispersion (Research Area II) - Modelling of eutrophication and algal blooms in the Thermaikos Gulf (Greece) and along the Emilia Romagna Coast (Italy).** MAP Technical Reports Series No. 113. UNEP, Athens, 1996 (118 pgs.) (English).

MTS 112. UNEP/WHO: **Guidelines for submarine outfall structures for Mediterranean small and medium-sized coastal communities.** MAP Technical Reports Series No. 112. UNEP, Athens, 1996 (98 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Lignes directrices pour les émissaires de collectivités côtières de petite et moyenne taille en Méditerranée.**

MTS 111. UNEP/WHO: **Guidelines for treatment of effluents prior to discharge into the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 111. UNEP, Athens, 1996 (247 pgs.) (English).

MTS 110. UNEP/WHO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by anionic detergents.** MAP Technical Reports Series No. 110. UNEP, Athens, 1996 (260 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les détergents anioniques.**

MTS 109. UNEP/WHO: **Survey of pollutants from land-based sources in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 109. UNEP, Athens, 1996 (188 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Evaluation de l'enquête sur les polluants d'origine tellurique en Méditerranée (MED X BIS).**

MTS 108. UNEP/WHO: **Assessment of the state of microbiological pollution of the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 108. UNEP, Athens, 1996 (270 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution microbiologique de la mer Méditerranée.**

MTS 107. UNEP/WHO: **Guidelines for authorization for the discharge of liquid wastes into the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 107. UNEP, Athens, 1996 (200 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Lignes directrices concernant les autorisations de rejet de déchets liquides en mer Méditerranée.** MAP Technical Reports Series No. 107. UNEP, Athens, 1996 (200 pgs.).

MTS 106. UNEP/FAO/WHO: **Assessment of the state of eutrophication in the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No. 106. UNEP, Athens, 1996 (456 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS: **Evaluation de l'état de l'eutrophisation en mer Méditerranée.**

MTS 105. UNEP/FAO/WHO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by zinc, copper and their compounds.** MAP Technical Reports Series No. 105. UNEP, Athens, 1996 (288 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par le zinc, le cuivre et leurs composés.**

MTS 104. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with eutrophication and heavy metal accumulation.** MAP Technical Reports Series No. 104. UNEP, Athens, 1996 (156 pgs.) (English and French). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche relatifs à l'eutrophisation et à l'accumulation des métaux lourds.**

MTS 103. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with biological effects (Research Area III).** MAP Technical Reports Series No. 103. UNEP, Athens, 1996 (128 pgs.) (English and French). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche relatifs aux effets biologiques (Domaine de Recherche III).**

MTS 102. UNEP: **Implications of Climate Change for the Coastal Area of Fuka-Matrouh (Egypt).** MAP Technical Reports Series No. 102. UNEP, Athens, 1996 (238 pgs.) (English).

MTS 101. PNUE: **Etat du milieu marin et du littoral de la région méditerranéenne.** MAP Technical Reports Series No. 101. UNEP, Athens, 1996 (148 pgs.) (français seulement).

MTS 100. UNEP: **State of the Marine and Coastal Environment in the Mediterranean Region.** MAP Technical Reports Series No. 100. UNEP, Athens, 1996 (142 pgs.) (English).

MTS 99. UNEP: **Implications of Climate Change for the Sfax Coastal Area (Tunisia).** MAP Technical Reports Series No. 99. UNEP, Athens, 1996 (326 pgs.) (English and French). PNUE: **Implications des changements climatiques sur la zone côtière de Sfax.**

- MTS 98.** UNEP: **Implications of Climate Change for the Albanian Coast.** MAP Technical Reports Series No. 98. UNEP, Athens, 1996 (179 pgs.) (English).
- MTS 97.** UNEP/FAO: **Final reports of research projects on effects (Research Area III) - Pollution effects on marine communities.** MAP Technical Reports Series No. 97. UNEP, Athens, 1996 (141 pgs.) (English and French). PNUC/FAO: **Rapports finaux des projets de recherche sur les effets (Domaine de recherche III) -Effets de la pollution sur les communautés marines.**
- MTS 96.** UNEP/FAO: **Final reports of research projects on effects (Research Area III) - Pollution effects on plankton composition and spatial distribution, near the sewage outfall of Athens (Saronikos Gulf, Greece).** MAP Technical Reports Series No. 96. UNEP, Athens, 1996 (121 pgs.) (English).
- MTS 95.** UNEP: **Common measures for the control of pollution adopted by the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution.** MAP Technical Reports Series No 95. UNEP, Athens, 1995 (69 pgs.) (English and French). PNUC: **Mesures communes de lutte contre la pollution adoptées par les Parties contractantes à la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution.**
- MTS 94.** UNEP: **Proceedings of the Workshop on Application of Integrated Approach to Development, Management and Use of Water Resources.** MAP Technical Reports Series No. 94. UNEP, Athens, 1995 (214 pgs.) (Parts in English or French only). PNUC: **Actes de l'Atelier sur l'application d'une approche intégrée au développement, à la gestion et à l'utilisation des ressources en eau.** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 93.** UNEP/WHO: **Epidemiological studies related to the environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms.** MAP Technical Reports Series No. 93. UNEP, Athens, 1995 (118 pgs.) (English).
- MTS 92.** UNEP/WHO: **Assessment of the State of Pollution in the Mediterranean Sea by Carcinogenic, Mutagenic and Teratogenic Substances.** MAP Technical Reports Series No. 92. UNEP, Athens, 1995 (238 pgs.) (English).
- MTS 91.** PNUC: **Une contribution de l'écologie à la prospective. Problèmes et acquis.** MAP Technical Reports Series No. 91. Sophia Antipolis, 1994 (162 pgs.) (français seulement).
- MTS 90.** UNEP: **Iskenderun Bay Project. Volume II. Systemic and Prospective Analysis.** MAP Technical Report Series No. 90. Sophia Antipolis, 1994 (142 pgs.) (Parts in English or French only). PNUC: **Projet de la Baie d'Iskenderun. Volume II. Analyse systémique et prospective.** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 89.** UNEP: **Iskenderun Bay Project. Volume I. Environmental Management within the Context of Environment-Development.** MAP Technical Reports Series No. 89. UNEP, Blue Plan Regional Activity Centre, Sophia Antipolis, 1994 (144 pgs.) (English).
- MTS 88.** UNEP: **Proceedings of the Seminar on Mediterranean Prospective.** MAP Technical Reports Series No. 88. UNEP, Blue Plan Regional Activity Centre, Sophia Antipolis, 1994 (176 pgs.) (Parts in English or French only). PNUC: **Actes du Séminaire débat sur la prospective méditerranéenne.** (parties en anglais ou français seulement).
- MTS 87.** UNEP/WHO: **Identification of microbiological components and measurement development and testing of methodologies of specified contaminants (Area I) - Final reports on selected microbiological projects.** MAP Technical Reports Series No. 87. UNEP, Athens, 1994 (136 pgs.) (English).
- MTS 86.** UNEP: **Monitoring Programme of the Eastern Adriatic Coastal Area - Report for 1983-1991.** MAP Technical Report Series No. 86. Athens, 1994 (311 pgs.) (English).
- MTS 85.** UNEP/WMO: **Assessment of Airborne Pollution of the Mediterranean Sea by Sulphur and Nitrogen Compounds and Heavy Metals in 1991.** MAP Technical Report Series No. 85. Athens, 1994 (304 pgs.) (English).
- MTS 84.** UNEP: **Integrated Management Study for the Area of Izmir.** MAP Technical Reports Series No. 84. UNEP, Regional Activity Centre for Priority Actions Programme, Split, 1994 (130 pgs.) (English).
- MTS 83.** PNUC/UICN: **Les aires protégées en Méditerranée. Essai d'étude analytique de la législation pertinente.** MAP Technical Reports Series No. 83. PNUC, Centre d'activités régionales pour les aires spécialement protégées, Tunis, 1994 (55 pgs) (français seulement).
- MTS 82.** UNEP/IUCN: **Technical report on the State of Cetaceans in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 82. UNEP, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunis, 1994 (37 pgs.) (English).
- MTS 81.** UNEP/IAEA: **Data quality review for MED POL: Nineteen years of progress.** MAP Technical Reports Series No. 81. UNEP, Athens, 1994 (79 pgs.) (English).

MTS 80. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with the effects of pollutants on marine organisms and communities.** MAP Technical Reports Series No. 80. UNEP, Athens, 1994 (123 pgs.) (English).

MTS 79. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with toxicity of pollutants on marine organisms.** MAP Technical Reports Series No. 79. UNEP, Athens, 1994 (135 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche traitant de la toxicité des polluants sur les organismes marins.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 78. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with eutrophication problems.** MAP Technical Reports Series No. 78. UNEP, Athens, 1994 (139 pgs.) (English).

MTS 77. UNEP/FAO/IAEA: **Designing of monitoring programmes and management of data concerning chemical contaminants in marine organisms.** MAP Technical Reports Series No. 77. UNEP, Athens, 1993 (236 pgs.) (English).

MTS 76. UNEP/WHO: **Biogeochemical Cycles of Specific Pollutants (Activity K): Survival of Pathogens.** MAP Technical Reports Series No. 76. UNEP, Athens, 1993 (68 pgs.) (English and French). PNUE/OMS: **Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K): Survie des pathogènes.**

MTS 75. UNEP/WHO: **Development and Testing of Sampling and Analytical Techniques for Monitoring of Marine Pollutants (Activity A).** MAP Technical Reports Series No. 75. UNEP, Athens, 1993 (90 pgs.) (English).

MTS 74. UNEP/FIS: **Report of the Training Workshop on Aspects of Marine Documentation in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 74. UNEP, Athens, 1993 (38 pgs.) (English).

MTS 73. UNEP/FAO: **Final Reports on Research Projects Dealing with the Effects of Pollutants on Marine Communities and Organisms.** MAP Technical Reports Series No. 73. UNEP, Athens, 1993 (186 pgs.) (English and French). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche traitant des effets de polluants sur les communautés et les organismes marins.**

MTS 72. UNEP: **Costs and Benefits of Measures for the Reduction of Degradation of the Environment from Land-based Sources of Pollution in Coastal Areas. A - Case Study of the Bay of Izmir. B - Case Study of the Island of Rhodes.** MAP Technical Reports Series No. 72. UNEP, Athens, 1993 (64 pgs.) (English).

MTS 71. UNEP/FAO/IOC: **Selected techniques for monitoring biological effects of pollutants in marine organisms.** MAP Technical Reports Series No. 71. UNEP, Athens, 1993 (189 pgs.) (English).

MTS 70. UNEP/IAEA/IOC/FAO: **Organohalogen Compounds in the Marine Environment: A Review.** MAP Technical Reports Series No. 70. UNEP, Athens, 1992 (49 pgs.) (English).

MTS 69. UNEP/FAO/IOC: **Proceedings of the FAO/UNEP/IOC Workshop on the Biological Effects of Pollutants on Marine Organisms (Malta, 10-14 September 1991), edited by G.P. Gabrielides.** MAP Technical Reports Series No. 69. UNEP, Athens, 1992 (287 pgs.) (English).

MTS 68. UNEP/FAO/IOC: **Evaluation of the Training Workshops on the Statistical Treatment and Interpretation of Marine Community Data.** MAP Technical Reports Series No. 68. UNEP, Athens, 1992 (221 pgs.) (English).

MTS 67. UNEP/IOC: **Applicability of Remote Sensing for Survey of Water Quality Parameters in the Mediterranean. Final Report of the Research Project.** MAP Technical Reports Series No. 67. UNEP, Athens, 1992 (142 pgs.) (English).

MTS 66. UNEP/CRU: **Regional Changes in Climate in the Mediterranean Basin Due to Global Greenhouse Gas Warming.** MAP Technical Reports Series No. 66. UNEP, Athens, 1992 (172 pgs.) (English).

MTS 65. UNEP: **Directory of Mediterranean Marine Environmental Centres.** MAP Technical Reports Series No. 65, UNEP, Athens, 1992 (351 pgs.) (English and French). PNUE: **Répertoire des centres relatifs au milieu marin en Méditerranée.**

MTS 64. UNEP/WMO: **Airborne Pollution of the Mediterranean Sea. Report and Proceedings of the Second WMO/UNEP Workshop.** MAP Technical Reports Series No. 64. UNEP, Athens, 1992 (246 pgs.) (English).

MTS 63. PNUE/OMS: **Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K) - Survie des pathogènes - Rapports finaux sur les projets de recherche (1989-1991).** MAP Technical Reports Series No. 63. UNEP, Athens, 1992 (86 pgs.) (français seulement).

MTS 62. UNEP/IAEA: **Assessment of the State of Pollution of the Mediterranean Sea by Radioactive Substances.** MAP Technical Reports Series No. 62, UNEP, Athens, 1992 (133 pgs.) (English and French). PNUE/AIEA: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les substances radioactives.**

MTS 61. UNEP: **Integrated Planning and Management of the Mediterranean Coastal Zones. Documents produced in the first and second stage of the Priority Action (1985-1986).** MAP Technical Reports Series No. 61. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1991 (437 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE: **Planification intégrée et gestion des zones côtières méditerranéennes. Textes rédigés au cours de la première et de la deuxième phase de l'action prioritaire (1985-1986).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 60. UNEP/WHO: **Development and testing of sampling and analytical techniques for monitoring of marine pollutants (Activity A): Final reports on selected microbiological projects (1987-1990).** MAP Technical Reports Series No. 60. UNEP, Athens, 1991 (76 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/OMS: **Mise au point et essai des techniques d'échantillonnage et d'analyse pour la surveillance continue des polluants marins (Activité A): Rapports finaux sur certains projets de nature microbiologique (1987-1990).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 59. UNEP/FAO/IAEA: **Proceedings of the FAO/UNEP/IAEA Consultation Meeting on the Accumulation and Transformation of Chemical contaminants by Biotic and Abiotic Processes in the Marine Environment (La Spezia, Italy, 24-28 September 1990), edited by G.P. Gabrielides.** MAP Technical Reports Series No. 59. UNEP, Athens, 1991 (392 pgs.) (English).

MTS 58. UNEP/FAO/WHO/IAEA: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by organophosphorus compounds.** MAP Technical Reports Series No. 58. UNEP, Athens, 1991 (122 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS/AIEA: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les composés organophosphorés.**

MTS 57. UNEP/WHO: **Research on the toxicity, persistence, bioaccumulation, carcinogenicity and mutagenicity of selected substances (Activity G): Final reports on projects dealing with carcinogenicity and mutagenicity.** MAP Technical Reports Series No. 57. UNEP, Athens, 1991 (59 pgs.) (English).

MTS 56. UNEP/IOC/FAO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by persistent synthetic materials, which may float, sink or remain in suspension.** MAP Technical Reports Series No. 56. UNEP, Athens, 1991 (113 pgs.) (English and French). PNUE/COI/FAO: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les matières synthétiques persistantes qui peuvent flotter, couler ou rester en suspension.**

MTS 55. UNEP/WHO: **Biogeochemical cycles of specific pollutants (Activity K): Final report on project on survival of pathogenic organisms in seawater.** MAP Technical Reports Series No. 55. UNEP, Athens, 1991 (95 pgs.) (English).

MTS 54. UNEP/WHO: **Development and testing of sampling and analytical techniques for monitoring of marine pollutants (Activity A): Final reports on selected microbiological projects.** MAP Technical Reports Series No. 54. UNEP, Athens, 1991 (83 pgs.) (English).

MTS 53. UNEP/WHO: **Epidemiological studies related to environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms (Activity D). Final report on epidemiological study on bathers from selected beaches in Malaga, Spain (1988-1989).** MAP Technical Reports Series No. 53. UNEP, Athens, 1991 (127 pgs.) (English).

MTS 52. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with bioaccumulation and toxicity of chemical pollutants.** MAP Technical Reports Series No. 52. UNEP, Athens, 1991 (86 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche traitant de la bioaccumulation et de la toxicité des polluants chimiques.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 51. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with mercury, toxicity and analytical techniques.** MAP Technical Reports Series No. 51. UNEP, Athens, 1991 (166 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche traitant du mercure, de la toxicité et des techniques analytiques.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 50. UNEP: **Bibliography on marine litter.** MAP Technical Reports Series No. 50. UNEP, Athens, 1991 (62 pgs.) (English).

MTS 49. UNEP/WHO: **Biogeochemical cycles of specific pollutants. Survival of pathogens. Final reports on research projects (Activity K).** MAP Technical Reports Series No. 49. UNEP, Athens, 1991 (71 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/OMS: **Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques. Survie des Pathogènes. Rapports finaux sur les projets de recherche (activité K).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 48. UNEP/FAO: **Final reports on research projects (Activity G).** MAP Technical Reports Series No. 48. UNEP, Athens, 1991 (126 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche (Activité G).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 47. UNEP: **Jellyfish blooms in the Mediterranean. Proceedings of the II workshop on jellyfish in the Mediterranean Sea.** MAP Technical Reports Series No.47. UNEP, Athens, 1991 (320 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE: **Les proliférations de méduses en Méditerranée. Actes des 11èmes journées d'étude sur les méduses en mer Méditerranée.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 46. UNEP/WHO: **Epidemiological studies related to environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms (Activity D). Final report on project on relationship between microbial quality of coastal seawater and rotavirus-induced gastro-enteritis among bathers (1986-88).** MAP Technical Reports Series No.46. UNEP, Athens, 1991 (64 pgs.) (English).

MTS 45. UNEP/IAEA: **Transport of pollutants by sedimentation: Collected papers from the first Mediterranean Workshop (Villefranche-sur-Mer, France, 10-12 December 1987).** MAP Technical Reports Series No. 45. UNEP, Athens, 1990 (302 pgs.) (English).

MTS 44. UNEP: **Bibliography on aquatic pollution by organophosphorus compounds.** MAP Technical Reports Series No. 44. UNEP, Athens, 1990 (98 pgs.) (English).

MTS 43. PNUE/UICN/GIS **Posidonie: Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée.** MAP Technical Reports Series No. 43. UNEP, Athens, 1990 (250 pgs.) (français seulement).

MTS 42. UNEP/IUCN: **Report on the status of Mediterranean marine turtles.** MAP Technical Reports Series No. 42. UNEP, Athens, 1990 (204 pgs.) (English and French). PNUE/UICN: **Rapport sur le statut des tortues marines de Méditerranée.** MAP Technical Reports Series No. 42. UNEP, Athens, 1990 (204 pgs.).

MTS 41. UNEP: **Wastewater reuse for irrigation in the Mediterranean region.** MAP Technical Reports Series No. 41. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1990 (330 pgs.) (English and French). PNUE: **Réutilisation agricole des eaux usées dans la région méditerranéenne.**

MTS 40. UNEP/FAO: **Final reports on research projects (Activities H, I and J).** MAP Technical Reports Series No. 40. UNEP, Athens, 1990 (125 pgs.) (English and French). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche (Activités H, I et J).** MAP Technical Reports Series No. 40. UNEP, Athens, 1990 (125 pgs.).

MTS 39. UNEP/FAO/WHO/IAEA: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by organohalogen compounds.** MAP Technical Reports Series No. 39. UNEP, Athens, 1990 (224 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS/AIEA: **Evaluation de l'état de la pollution par les composés organohalogénés.**

MTS 38. UNEP: **Common measures adopted by the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Mediterranean Sea against pollution.** MAP Technical Reports Series No.38. UNEP, Athens, 1990 (100 pgs.) (English, French, Spanish and Arabic). PNUE: **Mesures communes adoptées par les Parties Contractantes à la Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution.** PNUE: **Medidas comunes adoptadas por las Partes Contratantes en el convenio para la Protección del Mar Mediterraneo contra la Contaminación.**

MTS 37. UNEP/FAO: **Final reports on research projects dealing with eutrophication and plankton blooms (Activity H).** MAP Technical Reports Series No. 37. UNEP, Athens, 1990 (74 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/FAO: **Rapports finaux sur les projets de recherche consacrés à l'eutrophisation et aux efflorescences de plancton (Activité H).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 36. PNUE/UICN: **Répertoire des aires marines et côtières protégées de la Méditerranée. Première partie- Sites d'importance biologique et écologique.** MAP Technical Reports Series No. 36. UNEP, Athens, 1990 (198 pgs.) (français seulement).

MTS 35. UNEP: **Bibliography on marine pollution by organotin compounds.** MAP Technical Reports Series No. 35. UNEP, Athens, 1989 (92 pgs.) (English).

MTS 34. UNEP/FAO/WHO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by cadmium and cadmium compounds.** MAP Technical Reports Series No. 34. UNEP, Athens, 1989 (175 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par le cadmium et les composés de cadmium.**

MTS 33. UNEP/FAO/WHO/IAEA: **Assessment of organotin compounds as marine pollutants in the Mediterranean.** MAP Technical Reports Series No. 33. UNEP, Athens, 1989 (185 pgs.) (English and French). PNUE/FAO/OMS/AIEA: **Evaluation des composés organostanniques en tant que polluants du milieu marin en Méditerranée.**

MTS 32. UNEP/FAO: **Biogeochemical cycles of specific pollutants (Activity K).** MAP Technical Reports Series No. 32. UNEP, Athens, 1989 (139 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/FAO: **Cycles biogéochimiques de polluants spécifiques (Activité K).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 31. UNEP/WMO: **Airborne pollution of the Mediterranean Sea. Report and proceedings of a WMO/UNEP Workshop.** MAP Technical Reports Series No. 31. UNEP, Athens, 1989 (247 pgs.) (Parts in English or French only). PNUC/OMM: **Pollution par voie atmosphérique de la mer Méditerranée. Rapport et actes des Journées d'étude OMM/PNUC.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 30. UNEP: **Meteorological and climatological data from surface and upper measurements for the assessment of atmospheric transport and deposition of pollutants in the Mediterranean Basin: A review.** MAP Technical Reports Series No. 30. UNEP, Athens, 1989 (137 pgs.) (English).

MTS 29. UNEP: **Bibliography on effects of climatic change and related topics.** MAP Technical Reports Series No. 29. UNEP, Athens, 1989 (143 pgs.) (English).

MTS 28. UNEP: **State of the Mediterranean marine environment.** MAP Technical Reports Series No. 28. UNEP, Athens, 1989 (225 pgs.) (English).

MTS 27. UNEP: **Implications of expected climate changes in the Mediterranean Region: An overview.** MAP Technical Reports Series No. 27. UNEP, Athens, 1989 (52 pgs.) (English).

MTS 26. UNEP/IUCN: **Directory of marine and coastal protected areas in the Mediterranean Region. Part I - Sites of biological and ecological value.** MAP Technical Reports Series No. 26. UNEP, Athens, 1989 (196 pgs.) (English).

MTS 25. UNEP: **The Mediterranean Action Plan in a functional perspective: A quest for law and policy.** MAP Technical Reports Series No. 25. UNEP, Athens, 1988 (105 pgs.) (English).

MTS 24. UNEP/FAO: **Toxicity, persistence and bioaccumulation of selected substances to marine organisms (Activity G).** MAP Technical Reports Series No. 24. UNEP, Athens, 1988 (122 pgs.) (Parts in English or French only). PNUC/FAO: **Toxicité, persistance et bioaccumulation de certaines substances vis-à-vis des organismes marins (Activité G).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 23. UNEP: **National monitoring programme of Yugoslavia, Report for 1983-1986.** MAP Technical Reports Series No. 23. UNEP, Athens, 1988 (223 pgs.) (English).

MTS 22. UNEP/FAO: **Study of ecosystem modifications in areas influenced by pollutants (Activity I).** MAP Technical Reports Series No. 22. UNEP, Athens, 1988 (146 pgs.) (Parts in English or French only). PNUC/FAO: **Etude des modifications de l'écosystème dans les zones soumises à l'influence des polluants (Activité I).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 21. UNEP/UNESCO/FAO: **Eutrophication in the Mediterranean Sea: Receiving capacity and monitoring of long-term effects.** MAP Technical Reports Series No. 21. UNEP, Athens, 1988 (200 pgs.) (Parts in English or French only). PNUC/UNESCO/FAO: **Eutrophisation dans la mer Méditerranée: capacité réceptrice et surveillance continue des effets à long terme.** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 20. (*) UNEP/WHO: **Epidemiological studies related to environmental quality criteria for bathing waters, shellfish-growing waters and edible marine organisms (Activity D). Final report on project on relationship between microbial quality of coastal seawater and health effects (1983-86).** MAP Technical Reports Series No. 20. UNEP, Athens, 1988 (156 pgs.) (English).

MTS 19. (*) UNEP/IOC: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by petroleum hydrocarbons.** MAP Technical Reports Series No. 19. UNEP, Athens, 1988 (130 pgs.) (English and French). PNUC/IOC: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures de pétrole.**

MTS 18. (*) UNEP/FAO/WHO: **Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by mercury and mercury compounds.** MAP Technical Reports Series No. 18. UNEP, Athens, 1987 (354 pgs.) (English and French). PNUC/FAO/OMS: **Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par le mercure et les composés mercuriels.**

MTS 17. (*) UNEP: **Seismic risk reduction in the Mediterranean region. Selected studies and documents (1985-1987).** MAP Technical Reports Series No. 17. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (247 pgs.) (Parts in English or French only). PNUC: **Réduction des risques sismiques dans la région méditerranéenne. Documents et études sélectionnés (1985-1987).**

MTS 16. (*) UNEP: Promotion of soil protection as an essential component of environmental protection in Mediterranean coastal zones. Selected documents (1985-1987). MAP Technical Reports Series No. 16. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (424 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE: **Promotion de la protection des sols comme élément essentiel de la protection de l'environnement dans les zones côtières méditerranéennes. Documents sélectionnés (1985-1987).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 15. (*) UNEP: Environmental aspects of aquaculture development in the Mediterranean region. Documents produced in the period 1985-1987. MAP Technical Reports Series No. 15. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (101 pgs.) (English).

MTS 14. (*) UNEP: Experience of Mediterranean historic towns in the integrated process of rehabilitation of urban and architectural heritage. Documents produced in the second phase of the Priority Action (1986). MAP Technical Reports Series No. 14. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (500 pgs.) (Parts in English or French only)

MTS 13. (*) UNEP: Specific topics related to water resources development of large Mediterranean islands. Documents produced in the second phase of the Priority Action (1985-1986). MAP Technical Reports Series No. 13. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (162 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE: **Thèmes spécifiques concernant le développement des ressources en eau des grandes îles méditerranéennes. Textes rédigés au cours de la deuxième phase de l'action prioritaire (1985-1986).** MAP Technical Reports Series No. 13. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (162 pgs.) (parties en anglais ou français seulement).

MTS 12. (*) UNEP: Water resources development of small Mediterranean islands and isolated coastal areas. Documents produced in the first stage of the Priority Action (1984-1985). MAP Technical Reports Series No. 12. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1987 (162 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE: **Développement des ressources en eau des petites îles et des zones côtières isolées méditerranéennes. Textes rédigés au cours de la première phase de l'action prioritaire (1984-1985).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 11. (*) UNEP: Rehabilitation and reconstruction of Mediterranean historic settlements. Documents produced in the first stage of the Priority Action (1984-1985). MAP Technical Reports Series No. 11. UNEP, Priority Actions Programme, Regional Activity Centre, Split, 1986 (158 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE: **Réhabilitation et reconstruction des établissements historiques méditerranéens. Textes rédigés au cours de la première phase de l'action prioritaire (1984-1985).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 10. (*) UNEP: Research on the toxicity, persistence, bioaccumulation, carcinogenicity and mutagenicity of selected substances (Activity G). Final reports on projects dealing with toxicity (1983-85). MAP Technical Reports Series No. 10. UNEP, Athens, 1987 (118 pgs.) (English).

MTS 9. (*) UNEP: Co-ordinated Mediterranean pollution monitoring and research programme (MED POL - PHASE I). Final report, 1975-1980. MAP Technical Reports Series No. 9. UNEP, Athens, 1986 (276 pgs.) (English).

MTS 8. Add. (*) UNEP: Biogeochemical studies of selected pollutants in the open waters of the Mediterranean (MED POL VIII). Addendum, Greek Oceanographic Cruise 1980. MAP Technical Reports Series No. 8, Addendum. UNEP, Athens, 1986 (66 pgs.) (English).

MTS 8. (*) UNEP/IAEA/IOC: Biogeochemical studies of selected pollutants in the open waters of the Mediterranean (MED POL VIII). MAP Technical Reports Series No. 8. UNEP, Athens, 1986 (42 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/AIEA/COI: **Etudes biogéochimiques de certains polluants au large de la Méditerranée (MED POL VIII).** (parties en anglais ou français seulement).

MTS 7. (*) UNEP/WHO: Coastal water quality control (MED POL VII). MAP Technical Reports Series No. 7. UNEP, Athens, 1986 (426 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/OMS: **Contrôle de la qualité des eaux côtières (MED POL VII).** (Parties en anglais ou français seulement).

MTS 6. (*) UNEP/IOC: Problems of coastal transport of pollutants (MED POL VI). MAP Technical Reports Series No. 6. UNEP, Athens, 1986 (100 pgs.) (English).

MTS 5. (*) UNEP/FAO: Research on the effects of pollutants on marine communities and ecosystems (MED POL V). MAP Technical Reports Series No. 5. UNEP, Athens, 1986 (146 pgs.) (Parts in English or French only). PNUE/FAO: **Recherche sur les effets des polluants sur les communautés et écosystèmes marins (MED POL V).** (Parties en anglais ou français seulement).

MTS 4. (*) UNEP/FAO: Research on the effects of pollutants on marine organisms and their populations (MED POL IV). MAP Technical Reports Series No. 4. UNEP, Athens, 1986 (118 pgs.) (Parts in English, French or Spanish only). PNUE/FAO: **Recherche sur les effets des polluants sur les organismes marins et leurs peuplements (MED POL IV).** (Parties en anglais, français ou espagnol seulement).

MTS 3. (*) UNEP/FAO: **Baseline studies and monitoring of DDT, PCBs and other chlorinated hydrocarbons in marine organisms (MED POL III)**. MAP Technical Reports Series No. 3. UNEP, Athens, 1986 (128 pgs.) (Parts in English, French or Spanish only). PNUE/FAO: **Etudes de base et surveillance continue du DDT, des PCB et des autres hydrocarbures chlorés contenus dans les organismes marins (MED POL III)**. (Parties en anglais, français ou espagnol seulement).

MTS 2. (*) UNEP/FAO: **Baseline studies and monitoring of metals, particularly mercury and cadmium, in marine organisms (MED POL II)**. MAP Technical Reports Series No. 2. UNEP, Athens, 1986 (220 pgs.) (Parts in English, French or Spanish only). PNUE/FAO: **Etudes de base et surveillance continue des métaux, notamment du mercure et du cadmium, dans les organismes marins (MED POL II)**. (Parties en anglais, français ou espagnol seulement).

MTS 1. (*) UNEP/IOC/WMO: **Baseline studies and monitoring of oil and petroleum hydrocarbons in marine waters (MED POL I)**. MAP Technical Reports Series No. 1. UNEP, Athens, 1986 (96 pgs.) (Parts in English, French or Spanish only). PNUE/COI/OMM: **Etudes de base et surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures contenus dans les eaux de la mer (MED POL I)**. (parties en anglais, français ou espagnol seulement).