

**DIRECTIVES OMS POUR L'UTILISATION SANS RISQUE  
DES EAUX USÉES, DES EXCRETA ET DES  
EAUX MÉNAGÈRES**

---

**Volume II  
Utilisation des eaux usées en agriculture**



**Organisation  
mondiale de la Santé**

Catalogage à la source : Bibliothèque de l'OMS

Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères

v. I Considérations d'ordre politique et réglementaire – v. II Utilisation des eaux usées en agriculture – v. III Utilisation des eaux usées et des excreta en aquaculture – v. IV Utilisation des excreta et des eaux ménagères en agriculture.

1. Alimentation en eau – législation. 2. Agriculture. 3. Aquaculture.  
5. Eaux usées 6. Recommandations comme sujet. I. Organisation mondiale de la Santé.

ISBN 978 92 4 254686 6 (set) (Classification NLM: WA 675)  
ISBN 978 92 4 254682 8 (vol. I)  
ISBN 978 92 4 254683 5 (vol. II)  
ISBN 978 92 4 254684 2 (vol. III)  
ISBN 978 92 4 254685 9 (vol. IV)

© Organisation mondiale de la Santé 2012

Tous droits réservés. Les publications de l'Organisation mondiale de la Santé sont disponibles sur le site Web de l'OMS ([www.who.int](http://www.who.int)) ou peuvent être achetées auprès des Éditions de l'OMS, Organisation mondiale de la Santé, 20 avenue Appia, 1211 Genève 27 (Suisse) (téléphone : +41 22 791 3264 ; télécopie : +41 22 791 4857 ; courriel : [bookorders@who.int](mailto:bookorders@who.int)). Les demandes relatives à la permission de reproduire ou de traduire des publications de l'OMS – que ce soit pour la vente ou une diffusion non commerciale – doivent être envoyées aux Éditions de l'OMS via le site Web de l'OMS à l'adresse [http://www.who.int/about/licensing/copyright\\_form/en/index.html](http://www.who.int/about/licensing/copyright_form/en/index.html)

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation mondiale de la Santé aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les lignes en pointillé sur les cartes représentent des frontières approximatives dont le tracé peut ne pas avoir fait l'objet d'un accord définitif.

La mention de firmes et de produits commerciaux ne signifie pas que ces firmes et ces produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'Organisation mondiale de la Santé, de préférence à d'autres de nature analogue. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

L'Organisation mondiale de la Santé a pris toutes les précautions raisonnables pour vérifier les informations contenues dans la présente publication. Toutefois, le matériel publié est diffusé sans aucune garantie, expresse ou implicite. La responsabilité de l'interprétation et de l'utilisation dudit matériel incombe au lecteur. En aucun cas, l'Organisation mondiale de la Santé ne saurait être tenue responsable des préjudices subis du fait de son utilisation.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Liste des sigles et abréviations</b> .....	<b>vii</b>
<b>Avant-propos</b> .....	<b>ix</b>
<b>Remerciements</b> .....	<b>xi</b>
<b>Résumé d'orientation</b> .....	<b>xv</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objectifs et considérations générales .....	1
1.2 Public visé, définitions et portée des Directives .....	3
1.3 Phénomènes à l'origine de l'utilisation accrue d'eaux usées .....	3
1.3.1 Aggravation de la pénurie d'eau et du stress hydrique .....	3
1.3.2 Croissance démographique .....	4
1.3.3 Les eaux usées en tant que ressource .....	5
1.3.4 Objectifs du Millénaire pour le développement .....	5
1.4 Organisation des Directives .....	7
<b>2. Cadre de Stockholm</b> .....	<b>9</b>
2.1 Approche harmonisée pour l'évaluation et la gestion des risques .....	9
2.2 Évaluation de l'exposition environnementale .....	9
2.3 Évaluation du risque sanitaire .....	15
2.4 Risque sanitaire tolérable .....	16
2.5 Objectifs liés à la santé .....	16
2.6 Gestion des risques .....	17
2.7 État de la santé publique .....	19
2.7.1 Maladies liées aux excréta .....	20
2.7.2 Schistosomiase .....	22
2.7.3 Maladies à transmission vectorielle .....	23
2.7.4 Mesure de l'état de la santé publique .....	23
<b>3. Évaluation des risques sanitaires</b> .....	<b>27</b>
3.1 Analyse microbienne .....	27
3.1.1 Survie des agents pathogènes dans le sol et sur les cultures .....	30
3.2 Preuves épidémiologiques .....	36
3.2.1 Risques pour les consommateurs de produits de culture à l'état cru .....	37
3.2.2 Risques pour les travailleurs agricoles et leurs familles .....	42
3.2.3 Risques pour les communautés locales découlant de l'irrigation par aspersion .....	51
3.2.4 Résultats globaux pour les familles d'agriculteurs et les communautés locales .....	52
3.3 Analyse quantitative du risque microbien .....	53
3.4 Problèmes émergents : maladies infectieuses .....	60
3.5 Produits chimiques .....	60
3.5.1 Impacts sanitaires .....	61
3.5.2 Évaluation des risques dus aux contaminants chimiques .....	62
3.5.3 Problèmes émergents : produits chimiques .....	63
<b>4. Objectifs liés à la santé</b> .....	<b>65</b>
4.1 Charge de morbidité tolérable et objectifs liés à la santé .....	65
4.1.1 Étape 1 : risque d'infection tolérable .....	65
4.1.2 Étape 2 : QMRA .....	67
4.1.3 Étape 3 : réduction nécessaire des agents pathogènes .....	67
4.1.4 Étape 4 : mesures de protection sanitaire pour obtenir la réduction des agents pathogènes nécessaire .....	68

4.1.5	Étape 5 : surveillance/vérification .....	68
4.1.6	Exemple de définition des objectifs en matière de performances antimicrobiennes .....	68
4.2	Objectifs en matière de réduction microbienne.....	68
4.2.1	Irrigation sans restriction .....	70
4.2.2	Irrigation restreinte.....	75
4.2.3	Irrigation localisée.....	76
4.3	Surveillance/vérification.....	77
4.3.1	Traitement des eaux usées .....	77
4.3.2	Autres mesures de protection sanitaire.....	77
4.4	Exportations d'aliments.....	78
4.5	Normes nationales : écarts par rapport à l'objectif de $\leq 10^{-6}$ DALY par personne et par an .....	80
4.6	Produits chimiques .....	81
4.6.1	Objectifs liés à la santé.....	81
4.6.2	Qualité physicochimique des eaux usées traitées répondant aux besoins des végétaux pour leur croissance .....	83
<b>5.</b>	<b>Mesures de protection sanitaire .....</b>	<b>85</b>
5.1	Restrictions portant sur les cultures.....	86
5.2	Techniques d'épandage des eaux usées .....	87
5.2.1	Irrigation par submersion et par rigoles d'infiltration .....	88
5.2.2	Irrigation par pulvérisation et aspersion .....	88
5.2.3	Irrigation localisée.....	88
5.2.4	Arrêt de l'irrigation.....	89
5.3	Dépérissement des agents pathogènes avant la consommation des produits .....	89
5.4	Mesures à appliquer dans la préparation des aliments.....	89
5.5	Limitation de l'exposition humaine .....	90
5.5.1	Travailleurs agricoles .....	90
5.5.2	Consommateurs.....	91
5.5.3	Chimiothérapie et vaccination .....	91
5.6	Traitement des eaux usées.....	91
5.6.1	Systèmes biologiques bas débit .....	92
5.6.2	Procédés haut débit .....	99
5.7	Utilisation des eaux usées brutes .....	102
<b>6.</b>	<b>Surveillance et évaluation du système.....</b>	<b>105</b>
6.1	Fonctions de surveillance.....	105
6.2	Évaluation du système.....	105
6.3	Validation.....	108
6.4	Surveillance opérationnelle .....	108
6.5	Surveillance/vérification.....	112
6.6	Systèmes à petite échelle .....	113
6.7	Autres types de surveillance .....	113
6.7.1	Inspection des aliments.....	113
6.7.2	Surveillance sanitaire .....	114
<b>7.</b>	<b>Aspects socioculturels.....</b>	<b>115</b>
7.1	Croyances culturelles et religieuses .....	115
7.2	Perception par le public .....	116
7.2.1	Acceptation par le public des schémas d'utilisation des eaux usées.....	117

<b>8. Aspects environnementaux</b> .....	<b>121</b>
8.1 Composants des eaux usées .....	121
8.1.1 Agents pathogènes .....	123
8.1.2 Sels .....	123
8.1.3 Métaux lourds.....	124
8.1.4 Composés organiques toxiques.....	125
8.1.5 Nutriments .....	127
8.1.6 Matières organiques .....	128
8.1.7 Matières solides en suspension.....	129
8.1.8 Acides et bases (pH).....	129
8.2 Effets sur l'environnement par le biais de la chaîne agricole.....	129
8.2.1 Sols .....	129
8.2.2 Eaux souterraines .....	138
8.2.3 Eaux de surface.....	142
8.3 Stratégies de gestion pour réduire les impacts environnementaux .....	143
<b>9. Considérations économiques et financières</b> .....	<b>147</b>
9.1 Faisabilité économique.....	147
9.1.1 Analyse coûts/bénéfices .....	147
9.1.2 Coûts et bénéfices .....	150
9.1.3 Processus de prise de décisions multi-objectifs .....	154
9.2 Faisabilité financière.....	154
9.3 Faisabilité commerciale.....	157
<b>10. Aspects politiques</b> .....	<b>159</b>
10.1 Politique.....	159
10.1.1 Politique internationale .....	160
10.1.2 Politiques nationales à propos de l'utilisation des eaux usées.....	161
10.1.3 Rôle des eaux usées dans la gestion intégrée des ressources en eau.....	161
10.2 Législation .....	161
10.2.1 Rôles et responsabilités des institutions .....	163
10.2.2 Droits d'accès.....	166
10.2.3 Propriété foncière .....	166
10.2.4 Santé publique.....	167
10.3 Réglementations .....	167
10.4 Mise au point d'un cadre politique national.....	168
10.4.1 Définition des objectifs .....	168
10.4.2 Évaluation de l'environnement politique.....	169
10.4.3 Mise au point d'approches nationales sur la base des Directives OMS.....	170
10.4.4 Travail de recherche.....	172
<b>11. Planification et mise en œuvre</b> .....	<b>173</b>
11.1 Compte rendu et communication .....	175
11.2 Interaction avec les communautés et les consommateurs .....	177
11.3 Exploitation des données et des informations .....	177
11.4 Critères de planification des projets.....	177
11.4.1 Services d'appui .....	180
11.4.2 Formation .....	180

<b>Références</b> .....	<b>181</b>
<b>Annexe 1 : Bonnes pratiques d'irrigation</b> .....	<b>199</b>
<b>Annexe 2 : Résumé des effets des métaux lourds et des éléments traces associés à l'irrigation avec des eaux usées</b> .....	<b>209</b>
<b>Annexe 3 : Évaluation de l'impact sanitaire</b> .....	<b>215</b>
<b>Annexe 4 : Glossaire des termes utilisés dans les Directives</b> .....	<b>219</b>

# LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AT	Azote total
C <sub>ed</sub>	Conductivité électrique de l'eau de drainage
C <sub>ei</sub>	Conductivité électrique de l'eau d'irrigation
CT	Coliformes totaux
COT	Carbone organique total
DALY	Année de vie corrigée de l'incapacité
2,4-D	Acide dichlorophénoxyacétique
DBO	Demande biochimique en oxygène
DDT	Dichlorodiphényltrichloroéthane
DI <sub>50</sub>	Dose infectieuse médiane
DJA	Dose journalière admissible
DJT	Dose journalière tolérable
EIE	Évaluation de l'impact environnemental
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FL	Fraction lessivante
HPA	Hydrocarbures polycycliques aromatiques
MDT	Matières solides dissoutes totales
MST	Matières solides en suspension totales
NOAEL	Dose sans effet nocif observé
OMC	Organisation mondiale du Commerce
OMS	Organisation mondiale de la Santé
OMD	Objectifs du Millénaire pour le développement
OR	Odds ratio
PCB	Polychlorobiphényle
PPPA	Par personne et par an
RAS	Ratio d'absorption du sodium
SAT	Assainissement du sol et de la nappe aquifère
2,4-5-T	Acide 2,4-5-trichlorophénoxyacétique
UASB	Couverture de boue anaérobie à flux ascendant
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine



# AVANT-PROPOS

L'Assemblée générale des Nations Unies de 2000 a adopté les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) le 8 septembre 2000. Les OMD les plus directement liés à l'utilisation d'eaux usées en agriculture sont les objectifs N° 1 «Réduire l'extrême pauvreté et la faim» et N° 7 «Assurer un environnement durable». L'utilisation d'eaux usées en agriculture peut aider les communautés à produire davantage de cultures alimentaires et à tirer parti de ressources précieuses en eau et en nutriments. Cette utilisation doit cependant s'effectuer sans risque afin que ses bénéfices pour la santé publique et l'environnement soient les plus importants possibles.

Pour protéger la santé publique et faciliter un usage rationnel des eaux usées et des excréta en agriculture et en aquaculture, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a publié en 1973 des recommandations concernant l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture sous le titre *La réutilisation des effluents : méthodes de traitement des eaux usées et mesures de protection sanitaire* (OMS, 1973). À l'issue d'une revue approfondie d'études épidémiologiques et d'autres informations, ces recommandations ont été actualisées en 1989 sous le titre *Guide pour l'utilisation sans risque des eaux résiduaires et des excréta en agriculture et aquaculture – Mesures pour la protection de la santé publique* (OMS, 1991). Ces recommandations ont eu une grande influence et de nombreux pays les ont adoptées pour les appliquer ou les adapter à leurs pratiques en matière d'utilisation des eaux usées et des excréta.

L'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères en agriculture est de plus en plus considérée comme une méthode associant recyclage de l'eau et des nutriments, renforcement de la sécurité alimentaire des ménages et amélioration de l'alimentation des ménages pauvres. L'intérêt pour l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture est motivé par la rareté de l'eau, le manque de disponibilité des nutriments et les préoccupations concernant les effets sur la santé et l'environnement de cette utilisation. La version précédente des Directives a dû être réactualisée pour prendre en compte des données scientifiques récentes sur les agents pathogènes, les produits chimiques et d'autres facteurs, et notamment certaines évolutions dans les caractéristiques des populations et les pratiques sanitaires, des méthodes d'évaluation des risques améliorées, des aspects sociaux ou relevant de l'équité et des pratiques socioculturelles. Il était tout particulièrement nécessaire d'examiner les données épidémiologiques et relatives à l'évaluation des risques.

Pour que sa présentation s'adapte mieux au public visé, la troisième édition des *Directives pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères* est divisée en quatre volumes séparés : *Volume I : Considérations d'ordre politique et réglementaire*, *Volume II : Utilisation des eaux usées en agriculture*, *Volume III : Utilisation des eaux usées et des excréta en aquaculture* ; et *Volume IV : Utilisation des excréta et des eaux ménagères en agriculture*.

Les recommandations de l'OMS sur les questions liées à l'eau reposent sur un consensus scientifique et sur les meilleures données disponibles. Un grand nombre de spécialistes ont participé à leur élaboration. Les *Directives pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères* visent à protéger la santé des agriculteurs (et de leurs familles), des communautés locales et des consommateurs des produits cultivés. Elles sont destinées à être adaptées en fonction de facteurs socioculturels, économiques et environnementaux nationaux. Lorsque les *Directives* abordent des questions techniques – par exemple le traitement des eaux usées –, elles mentionnent explicitement les technologies facilement disponibles et applicables (tant du point de vue technique qu'économique), mais n'excluent pas les autres. Des normes trop strictes peuvent ne pas être applicables sur la durée et, paradoxalement, conduire à une moindre protection

sanitaire car elles risquent d'être considérées comme impossibles à atteindre dans les conditions locales et, donc, d'être ignorées. Les Directives s'efforcent donc de maximiser à la fois le bénéfice global pour la santé publique et l'usage utile de ressources rares.

À l'issue d'une réunion d'experts tenue à Stockholm, en Suède, l'OMS a publié le document *Water quality: Guidelines, standards and health – Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease* (Fewtrell & Bartram, 2001). Ce document présente un cadre harmonisé pour l'élaboration de recommandations et de normes concernant les dangers microbiens liés à l'eau. Ce cadre prévoit l'évaluation des risques pour la santé en préalable à la fixation des objectifs sanitaires, la définition d'approches fondamentales pour lutter contre ces dangers et l'évaluation de l'impact d'une combinaison de ces approches sur l'état de la santé publique. Il est flexible et permet aux pays de prendre en compte les risques sanitaires pouvant résulter d'expositions microbiennes par le biais de l'eau de boisson ou de contacts avec de l'eau à usage récréatif ou professionnel. Il importe de replacer les risques sanitaires découlant de l'utilisation d'eaux usées en agriculture dans le contexte du niveau de morbidité global dans une population donnée.

Le présent Volume des *Directives pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères* fournit des informations sur l'évaluation et la gestion des risques associés aux dangers microbiens et aux produits chimiques toxiques. Il justifie la nécessité de promouvoir un usage sans risque des eaux usées en agriculture, et notamment d'appliquer des procédures minimales et des objectifs liés à la santé spécifiques, et explique comment il est prévu d'exploiter ces besoins. Le Volume II présente également les approches utilisées dans l'établissement des recommandations, y compris les objectifs liés à la santé, et comprend une révision en profondeur des stratégies pour garantir la salubrité de l'eau sur le plan microbien.

Cette version des Directives remplace les versions antérieures (1973 et 1989). Elle est reconnue comme représentant la position du système des Nations Unies sur les questions relatives aux eaux usées, aux excréta, aux eaux ménagères et à la santé, formulée par UN-Water, l'organisme coordonnateur des 24 agences et programmes des Nations Unies concernés par les problèmes liés à l'eau. Elle poursuit le développement de notions, de démarches et de connaissances évoquées dans les éditions antérieures et renferme des informations supplémentaires sur :

- la charge globale de maladies véhiculées par l'eau au sein d'une population et sur la façon dont l'utilisation des eaux usées en agriculture peut contribuer à cette charge ;
- le Cadre de Stockholm pour le développement de recommandations relatives à l'eau et la définition d'objectifs liés à la santé ;
- l'analyse des risques ;
- les stratégies de gestion des risques, y compris la quantification de différentes mesures de protection sanitaire ;
- des produits chimiques ;
- les stratégies de mise en œuvre des Directives.

Cette version révisée des Directives sera utile à toutes les personnes confrontées à des problèmes concernant l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères, la santé publique et la gestion de l'eau et des déchets, et notamment aux scientifiques exerçant dans les domaines de l'environnement et de la santé publique, aux formateurs, aux chercheurs, aux ingénieurs, aux décideurs et aux personnes chargées de la normalisation et de la réglementation.

# REMERCIEMENTS

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) souhaite exprimer sa gratitude à tous ceux dont les efforts ont permis la publication des *Directives pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères, Volume II : Utilisation des eaux usées en agriculture*, et en particulier le Dr Jamie Bartram (Coordonnateur du Département Eau, assainissement et santé de l'OMS, à Genève) et M. Richard Carr (Responsable technique au Département Eau, assainissement et santé de l'OMS, à Genève), qui ont coordonné l'élaboration de ce volume.

Un groupe d'experts international a fourni les éléments et a participé à la rédaction et à la révision du Volume II des *Directives pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères*. De nombreuses personnes ont contribué, directement ou à travers des activités connexes, à chacun des chapitres. L'OMS remercie pour leurs apports<sup>1</sup> dans le développement de ces Directives :

Mohammad Abed Aziz Al-Rasheed, Ministère de la Santé, Amman, Jordanie  
Saqr Al Salem, Centre régional OMS pour les activités relatives à l'hygiène de l'environnement, Amman, Jordanie  
John Anderson, New South Wales Department of Public Works & Services, Sydney, Australie  
Andreas Angelakis, Fondation nationale pour la recherche en agriculture, Institut d'Héraklion, Héraklion, Grèce  
Takashi Asano,\* University of California at Davis, Davis, Californie, États-Unis d'Amérique  
Nicholas Ashbolt,\* University of New South Wales, Sydney, Australie  
Lorimer Mark Austin, Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria, Afrique du Sud  
Ali Akbar Azimi, Université de Téhéran, Téhéran, Iran  
Javed Aziz, University of Engineering & Technology, Lahore, Pakistan  
Akiça Bahri, Institut national de recherche en Génie rural, Eau et Forêt, Ariana, Tunisie  
Mohamed Bazza, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Le Caire, Egypte  
Ursula Blumenthal,\* London School of Hygiene and Tropical Medicine, Londres, Royaume-Uni  
Jean Bontoux, Université de Montpellier, Montpellier, France  
Laurent Bontoux, Commission européenne, Bruxelles, Belgique  
Robert Bos, OMS, Genève, Suisse  
François Brissaud, Université de Montpellier II, Montpellier, France  
Stephanie Buechler,\* International Water Management Institute, Pantancheru, Andhra Pradesh, Inde  
Paulina Cervantes-Olivier, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, Maisons Alfort, France  
Andrew Chang,\* University of California at Riverside, Riverside, Californie, États-Unis d'Amérique  
Guéladio Cissé, Centre suisse de Recherche scientifique, Abidjan, Côte d'Ivoire  
Joseph Cotruvo, J. Cotruvo & Associates, Washington, DC, États-Unis d'Amérique  
Brian Crathorne, RWE Thames Water, Reading, Royaume-Uni

---

<sup>1</sup> La présence d'un astérisque (\*) indique que des apports importants sont en préparation.

David Cunliffe, Environmental Health Service, Adelaïde, Australie  
Anders Dalsgaard,\* Royal Veterinary and Agricultural University, Frederiksberg, Danemark  
Gayathri Devi,\* International Water Management Institute, Andhra Pradesh, Inde  
Pay Drechsel, International Water Management Institute, Accra, Ghana  
Bruce Durham, Veolia Water Systems, Derbyshire, Royaume-Uni  
Peter Edwards,\* Institut asiatique de technologie, Klong Luang, Thaïlande  
Dirk Engels, OMS, Genève, Suisse  
Badri Fattel, Université hébraïque de Jérusalem, Jérusalem, Israël  
John Fawell, Consultant indépendant, Flackwell Heath, Royaume-Uni  
Pinchas Fine, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, Bet-Dagan, Israël  
Jay Fleisher, Nova Southeastern University, Fort Lauderdale, Floride, États-Unis d'Amérique  
Yanfen Fu, National Centre for Rural Water Supply Technical Guidance, Pékin, République populaire de Chine  
Yaya Ganou, Ministère de la Santé, Ouagadougou, Burkina Faso  
Alan Godfrey, United Utilities Water, Warrington, Royaume-Uni  
Maria Isabel Gonzalez Gonzalez, National Institute of Hygiene, Epidemiology and Microbiology, La Havane, Cuba  
Cagatay Guler, Université Hacettepe, Ankara, Turquie  
Gary Hartz, Directeur, Indian Health Service, Rockville, Maryland, États-Unis d'Amérique  
Paul Heaton, Power and Water Corporation, Darwin, Territoire du Nord, Australie  
Ivanildo Hespanhol, Université de São Paulo, São Paulo, Brésil  
José Hueb, OMS, Genève, Suisse  
Petter Jenssen,\* Université des sciences de la vie, Aas, Norvège  
Blanca Jiménez,\* Université nationale autonome de Mexico, Mexico, Mexique  
Jean-François Junger, Commission européenne, Bruxelles, Belgique  
Ioannis K. Kalavrouziotis, Université d'Ioannina, Agrinio, Grèce  
Peter Kolsky, Banque mondiale, Washington, DC, États-Unis d'Amérique  
Doulaye Koné,\* Institut fédéral pour les sciences et les technologies de l'environnement, Suisse (EAWAG)/Département Eau et assainissement dans les pays en développement (SANDEC), Dübendorf, Suisse  
Sasha Koo-Oshima, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie  
Alice Sipiyan Lakati, Department of Environmental Health, Nairobi, Kenya  
Valentina Lazarova, Services ONDEO, Le Pecq, France  
Pascal Magoarou, Commission européenne, Bruxelles, Belgique  
Duncan Mara,\* University of Leeds, Leeds, Royaume-Uni  
Gerardo Mogol, Département de la Santé, Manille, Philippines  
Gerald Moy, OMS, Genève, Suisse  
Rafael Mujeriego, Université technique de Catalogne, Barcelone, Espagne  
Constantino Nurizzo, Politecnico di Milano, Milan, Italie  
Gideon Oron, Université Ben-Gurion du Négev, Kiryat Sde-Boker, Israël  
Mohamed Ouahdi, Ministère de la Santé et de la Population, Alger, Algérie  
Albert Page,\* University of California at Riverside, Riverside, Californie, États-Unis d'Amérique

Genxing Pan,\* Université agricole de Nanjing, Nanjing, République populaire de Chine

Nikolaos Paranychianakis, Fondation nationale pour la recherche agricole, Institut d'Héraklion, Héraklion, Grèce

Martin Parkes, North China College of Water Conservancy and Hydropower, Zhengzhou, Henan, République populaire de Chine

Anne Peasey,\* Imperial College (auparavant à la London School of Hygiene and Tropical Medicine), Londres, Royaume-Uni

Susan Petterson,\* University of New South Wales, Sydney, Australie

Liqas Raschid-Sally, International Water Management Institute, Accra, Ghana

Kerstin Röske, Institut de médecine, de microbiologie et d'hygiène, Dresde, Allemagne

Lorenzo Savioli, OMS, Genève, Suisse

Caroline Schönning, Institut suédois pour la lutte contre les maladies infectieuses, Stockholm, Suède

Janine Schwartzbrod, Université de Nancy, Nancy, France

Louis Schwartzbrod, Université de Nancy, Nancy, France

Jørgen Schlundt, OMS, Genève, Suisse

Natalia Shapirova, Ministère de la Santé, Tachkent, Ouzbékistan

Hillel Shuval, Université hébraïque de Jérusalem, Jérusalem, Israël

Thor-Axel Stenström,\* Institut suédois pour la lutte contre les maladies infectieuses, Stockholm, Suède

Martin Strauss,\* Institut fédéral pour les sciences et les technologies de l'environnement, Suisse (EAWAG)/Département Eau et assainissement dans les pays en développement (SANDEC), Dübendorf, Suisse

Ted Thairs, EUREAU Working Group on Wastewater Reuse (ancien Secrétaire), Herefordshire, Royaume-Uni

Terrence Thompson, Bureau régional OMS du Pacifique occidental, Manille, Philippines

Sarah Tibatemwa, National Water & Sewerage Corporation, Kampala, Ouganda

Andrea Tilche, Commission européenne, Bruxelles, Belgique

Mwakio P. Tole, Kenyatta University, Nairobi, Kenya

Francisco Torrella, Université de Murcia, Murcia, Espagne

Hajime Toyofuku, OMS, Genève, Suisse

Wim van der Hoek, consultant indépendant, Landsmeer, Pays-Bas

Johan Verink, ICY Waste Water & Energy, Hanovre, Allemagne

Marcos von Sperling, Université fédérale de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brésil

Christine Werner, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Allemagne

Steve White, RWE Thames Water, Reading, Royaume-Uni

Nos remerciements vont aussi à Marla Sheffer pour l'édition du texte complet de ces Directives, à Windy Prohom et à Colette Desigaud pour leur aide dans l'administration du projet et à Peter Gosling, qui a joué le rôle de rapporteur lors de la dernière réunion d'examen, en vue de finaliser cette troisième édition, à Genève.

Nous n'aurions pu produire ces Directives sans le soutien généreux du Département du Développement international du Royaume-Uni, de l'Agence suédoise de Coopération pour le Développement international (Sida), en partie par l'intermédiaire de l'Institut

environnemental de Stockholm, du Ministère des Affaires étrangères de Norvège, de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) et du Ministère des Affaires étrangères des Pays-Bas (DGIS) par l'intermédiaire de WASTE (conseillers en environnement urbain et développement).

# RÉSUMÉ D'ORIENTATION

Le présent volume des *Directives pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères* de l'Organisation mondiale de la Santé décrit l'état actuel des connaissances concernant l'impact de l'utilisation d'eaux usées en agriculture sur la santé des consommateurs des produits, des travailleurs, de leurs familles et des communautés locales. Pour chaque groupe vulnérable, les dangers pour la santé sont identifiés et des mesures de protection sanitaire appropriées, destinées à atténuer les risques, sont examinées.

L'objectif principal des Directives est d'obtenir la meilleure protection possible de la santé publique et de faire un usage optimal de ressources importantes. Le présent volume a pour but de rendre l'utilisation des eaux usées en agriculture aussi sûre que possible, de manière à ce que ses bénéfices pour les ménages sur le plan de la nutrition et de la sécurité alimentaire puissent être largement partagés au sein des communautés qui dépendent, pour leur subsistance, de l'agriculture irriguée par des eaux usées. Ainsi, les effets préjudiciables pour la santé de l'utilisation d'eaux usées en agriculture doivent être soigneusement pesés en regard de ses avantages sanitaires et environnementaux. Cependant, il ne s'agit pas d'un simple arbitrage. Quelle que soit la contribution de l'utilisation des eaux usées en agriculture à la sécurité alimentaire et à l'état nutritionnel, il importe d'identifier les dangers qui lui sont associés, de définir les risques qu'elle présente pour les groupes vulnérables et de concevoir des mesures visant à réduire ces risques.

Ce volume est destiné à servir de base au développement d'approches internationales et nationales (notamment de normes et de réglementations) pour gérer les risques sanitaires découlant des dangers associés à l'utilisation des eaux usées en agriculture, et à fournir un cadre pour la prise de décisions aux niveaux national et local. Les informations qu'il apporte s'appliquent à l'usage intentionnel des eaux usées en agriculture et également à l'utilisation non délibérée pour l'irrigation d'eau contaminée sur le plan fécal.

Les Directives offrent un cadre de gestion préventive et intégrée de la sécurité, s'appliquant du point de génération des eaux usées à celui de consommation des produits cultivés avec les eaux usées et les excreta. Elles présentent les exigences minimales raisonnables en matière de bonnes pratiques pour protéger la santé des personnes utilisant des eaux usées ou des excreta ou consommant des produits cultivés avec ces eaux ou ces excreta et fournissent des informations servant ensuite à formuler des objectifs liés à la santé. Ni les bonnes pratiques minimales, ni les objectifs liés à la santé, ne sont des limites contraignantes. L'approche privilégiée par les autorités nationales ou locales pour mettre en œuvre les Directives, et notamment les objectifs liés à la santé, peut varier selon les conditions sociales, culturelles, environnementales ou économiques locales et selon les connaissances que ces autorités ont des voies d'exposition, de la nature et de la gravité des dangers, ainsi que de l'efficacité des mesures de protection sanitaire disponibles.

Cette version révisée des *Directives pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères* sera utile aux personnes confrontées à des problèmes relatifs à la sécurité d'utilisation des eaux usées, des excreta et des eaux ménagères, à la santé publique, au développement des ressources en eau et à la gestion des eaux usées. Elle s'adresse notamment aux spécialistes de la santé publique, de l'agronomie et de l'environnement, aux professionnels de l'agriculture, aux formateurs, aux chercheurs, aux ingénieurs, aux décideurs politiques et aux personnes responsables de l'élaboration des normes et des réglementations.

## **Introduction**

Les eaux usées sont de plus en plus utilisées par l'agriculture des pays en développement et des pays industrialisés. Cette utilisation est motivée principalement par :

- la rareté grandissante des ressources en eau et les tensions de plus en plus fortes sur ces ressources ; la dégradation des sources d'eau douce résultant de l'élimination incorrecte des eaux usées ;
- la croissance démographique et l'augmentation résultante de la demande en nourriture et en fibres ;
- la prise de conscience grandissante de la valeur en tant que ressource des eaux usées et des nutriments qu'elles contiennent ;
- les objectifs du Millénaire pour le développement (OMD), en particulier ceux visant à garantir la pérennité de l'environnement et l'élimination de la pauvreté et de la faim.

On estime que, dans les 50 années à venir, plus de 40% de la population mondiale vivra dans des pays confrontés à un stress hydrique ou à la rareté de l'eau (Hinrichsen, Robey & Upadhyay, 1998). La concurrence grandissante entre les usages agricoles et urbains des approvisionnements en eau douce de haute qualité, notamment dans les régions arides ou semi-arides à forte densité de population, accroît la pression sur cette ressource toujours plus rare.

La Division de la Population des Nations Unies (2002) s'attend à ce qu'en majeure partie, la croissance démographique se produise dans les zones urbaines et périurbaines des pays en développement. L'accroissement de la population augmente à la fois la demande en eau douce et la quantité de déchets rejetés dans l'environnement, d'où une plus forte pollution des sources d'eau propre.

Les eaux usées constituent souvent une source d'eau fiable tout le long de l'année et contiennent les nutriments nécessaires à la croissance des végétaux. La valeur de ces eaux est reconnue depuis longtemps par les agriculteurs du monde entier. Leur utilisation en agriculture représente une forme de recyclage de l'eau et des nutriments, et réduit souvent l'impact environnemental qu'elles auraient sinon en aval sur les sols et les ressources en eau.

L'Assemblée générale des Nations Unies a adopté les OMD le 8 septembre 2000 (Assemblée générale des Nations Unies, 2000). Les OMD les plus directement liés à l'utilisation des eaux usées en agriculture sont l'objectif 1 : « Réduire l'extrême pauvreté et la faim » et l'objectif 7 : « Assurer un environnement durable ». L'utilisation des eaux usées en agriculture peut aider les communautés à augmenter leurs récoltes et à préserver des ressources précieuses en eau et en nutriments.

## **Cadre de Stockholm**

Le Cadre de Stockholm est une approche intégrée, qui associe évaluation et gestion des risques pour lutter contre les maladies liées à l'eau. Il constitue un cadre harmonisé pour la mise au point des directives et des normes relatives à la santé sous l'angle des dangers microbiens liés à l'eau et à l'assainissement. Ce Cadre prévoit une évaluation des risques sanitaires en préalable à la définition des objectifs liés à la santé et à la mise au point de valeurs indicatives, l'élaboration de stratégies de base pour limiter ces risques et l'évaluation de l'impact de cette combinaison d'approches sur la santé publique. C'est le cadre contextuel de ces Directives et des directives de l'OMS relatives à l'eau.

## Évaluation des risques sanitaires

Pour évaluer les risques sanitaires, on fait appel à trois types d'évaluations : analyses chimiques et microbiologiques en laboratoire, études épidémiologiques et évaluation quantitative des risques microbiens (et chimiques).

Les eaux usées contiennent divers agents pathogènes, dont un grand nombre sont capables de survivre dans l'environnement (dans les eaux usées, sur les cultures ou dans les sols) suffisamment longtemps pour être transmissibles aux hommes. Le Tableau 1 résume les informations fournies par des études épidémiologiques sur la transmission des

**Tableau 1. Résumé de l'évaluation des risques sanitaires associés à l'utilisation d'eaux usées pour l'irrigation**

Groupe exposé	Menaces pour la santé		
	Infestations par des helminthes	Infections bactériennes/virales	Infections à protozoaires
Consommateurs	Risque significatif d'infestation des enfants et des adultes par des <i>Ascaris</i> par le biais d'eaux usées non traitées	Flambées de choléra, de typhoïde et de shigellose signalées comme résultant de l'utilisation d'eaux usées non traitées, cas de séropositivité pour <i>Helicobacter pylori</i> (eaux non traitées) ; augmentation de la fréquence des diarrhées non spécifiques lorsque l'eau contient plus de 10 <sup>4</sup> coliformes thermotolérants/100 ml	Preuves de la présence de protozoaires parasitiques à la surface de légumes irrigués par des eaux usées, mais absence de preuve directe de la transmission de la maladie
Travailleurs agricoles et leurs familles	Risque significatif d'infestation par des <i>Ascaris</i> pour les enfants et les adultes en contact avec des eaux usées non traitées ; il subsiste un risque, en particulier pour les enfants, même lorsque le nombre d'œufs de nématodes par litre dans ces eaux est <1 ; risque accru d'ankylostomiase pour les travailleurs agricoles	Risque accru de maladie diarrhéique chez les jeunes enfants en contact avec des eaux usées si ces eaux contiennent plus de 10 <sup>4</sup> coliformes thermotolérants/100 ml ; risque élevé de salmonellose chez les enfants exposés à des eaux usées non traitées ; forte séropositivité pour les norovirus chez les adultes exposés à des eaux usées partiellement traitées	Risque d'infestation par <i>Giardia intestinalis</i> trouvé insignifiant en cas de contact avec des eaux usées traitées ou non traitées ; risque accru d'amibiase observé en cas de contact avec des eaux usées non traitées
Communautés proches	Transmission des <i>Ascaris</i> non encore étudiée dans le cas de l'irrigation par aspersion, mais observations identiques pour l'irrigation par submersion et par rigoles d'infiltration impliquant un contact important	Relation entre l'irrigation par aspersion avec de l'eau de qualité médiocre (coliformes totaux : 10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup> CT/100 ml) et une forte exposition à des aérosols d'une part, et une augmentation des taux d'infection ; on ne constate pas d'association entre l'utilisation d'eau partiellement traitée (10 <sup>4</sup> -10 <sup>5</sup> CT/100 ml ou moins) pour l'irrigation par aspersion et un accroissement du taux d'infections virales	Pas de données sur la transmission des infections à protozoaires pendant l'irrigation par aspersion avec des eaux usées

CT: coliformes totaux.

maladies infectieuses liée à l'utilisation d'eaux usées en agriculture. Aux endroits où l'on utilise des eaux usées sans traitement adéquat, les plus grands risques sanitaires proviennent des helminthes intestinaux.

Le Tableau 2 présente un résumé des éléments fournis par l'évaluation quantitative des risques microbiens (QMRA) sur la transmission des infections à rotavirus résultant de diverses expositions. Les risques de transmission des infections à rotavirus sont toujours considérés comme supérieurs à ceux des infections à *Campylobacter* ou à *Cryptosporidium*.

On dispose de moins d'éléments sur les risques sanitaires liés aux produits chimiques. Les données disponibles sont tirées des évaluations quantitatives des risques et indiquent que l'absorption des produits chimiques par les végétaux dépend fortement de la nature de ces produits et des propriétés physiques et chimiques des sols.

### Objectifs liés à la santé

Les objectifs liés à la santé définissent un niveau de protection sanitaire s'appliquant à chaque danger. Ces objectifs peuvent être définis à partir d'une mesure standard de la maladie, telle que les DALY ( $10^{-6}$  DALY, par exemple) ou d'un résultat sanitaire approprié, comme la prévention de la propagation des maladies à transmission vectorielle résultant de l'exposition à des eaux usées dans le cadre de pratiques agricoles. Pour réaliser un objectif lié à la santé, des mesures de protection sanitaire sont mises au point. Habituellement, on parvient à réaliser un objectif en combinant diverses mesures de protection sanitaire, visant différents composants du système. La Figure 1 présente diverses combinaisons de mesures de protection sanitaire applicables pour atteindre l'objectif lié à la santé de  $10^{-6}$  DALY pour les maladies liées aux excreta.

**Tableau 2. Résumé des résultats de la QMRA pour les risques d'infection à rotavirus<sup>a</sup> pour différentes expositions**

Scénario d'exposition	Qualité de l'eau <sup>b</sup> ( <i>E. coli</i> /100 ml d'eaux usées ou 100 g de sol)	Risque infectieux médian par personne et par an	Notes
<b>Irrigation sans restriction (consommateurs des cultures)</b>			
Laitues	$10^3$ – $10^4$	$10^{-3}$	100 g consommés crus par personne tous les 2 jours 10–15 ml d'eaux usées restant sur les cultures
Oignons	$10^3$ – $10^4$	$5 \times 10^{-2}$	100 g consommés crus par personne et par semaine sur 5 mois 1–5 ml d'eaux usées restant sur les cultures
<b>Irrigation restreinte (agriculteurs ou autres populations fortement exposées)</b>			
Agriculture fortement mécanisée	$10^5$	$10^{-3}$	100 jours d'exposition par an 1–10 mg de sol consommés par exposition
Agriculture à forte intensité de main-d'œuvre	$10^3$ – $10^4$	$10^{-3}$	150–300 jours d'exposition par an 10–100 mg de sol consommés par exposition

<sup>a</sup> Les risques estimés pour *Campylobacter* et pour *Cryptosporidium* sont plus faibles.

<sup>b</sup> Effluents non désinfectés.

Le Tableau 3 décrit les objectifs liés à la santé concernant l'agriculture. Les objectifs liés à la santé pour les rotavirus sont établis d'après la QMRA, qui indique le logarithme décimal de la réduction des agents pathogènes nécessaire pour atteindre  $10^{-6}$  DALY pour différentes expositions. Les objectifs liés à la santé pour les helminthiases ont été mis au point à partir de données épidémiologiques. Ces données ont montré qu'on ne pouvait mesurer d'excès d'infestations par les helminthes (chez les agriculteurs comme chez les consommateurs de produits) lorsque le nombre d'œufs d'helminthes ne dépassait pas un par litre dans les eaux usées servant à l'irrigation. Ce niveau de protection sanitaire peut aussi être atteint en traitant les eaux usées ou en combinant un traitement de ces eaux et un lavage des produits pour protéger les consommateurs de légumes crus, ou encore un traitement des eaux usées et le port d'équipements de protection individuelle (chaussures, gants) pour protéger les travailleurs. Si des enfants de moins de 15 ans sont exposés dans les champs, il faut envisager un traitement supplémentaire des eaux usées (pour obtenir une qualité de l'eau définis par  $\leq 0,1$  œuf d'helminthe par litre) ou l'adjonction d'autres mesures de protection sanitaire (traitement antihelminthique, par exemple).

Le Tableau 4 présente les concentrations maximales dans le sol pour différents produits chimiques d'après les impératifs de protection sanitaire humaine. Les concentrations de produits chimiques ayant un impact sur la productivité agricole sont indiquées en annexe 1.

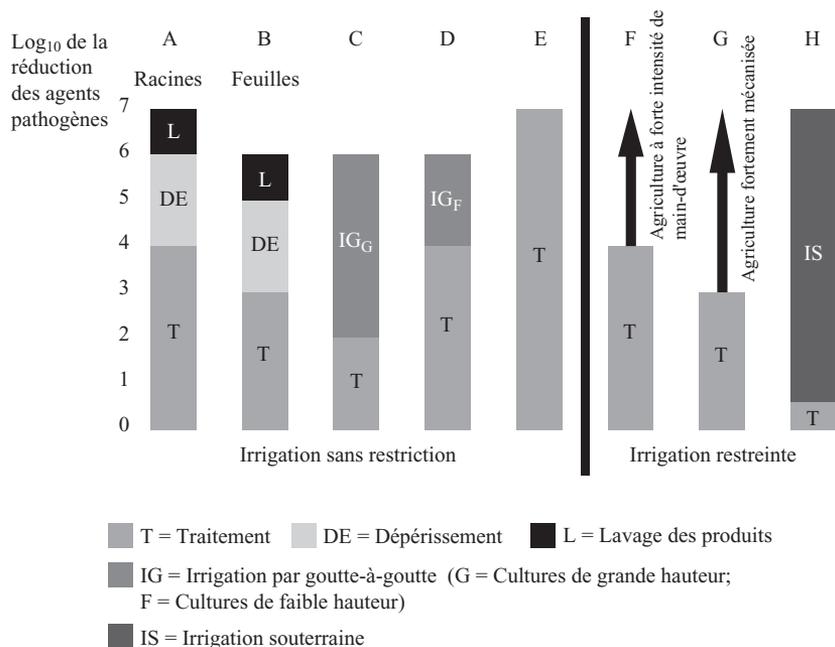


Figure 1

Exemples d'options pour réduire les concentrations d'agents pathogènes viraux, bactériens et protozoaires par différentes combinaisons de mesures de protection sanitaire permettant d'atteindre l'objectif lié à la santé de  $\leq 10^{-6}$  DALY par personne et par an

**Tableau 3. Objectifs liés à la santé pour l'utilisation des eaux usées en agriculture**

Scénario d'exposition	Objectif lié à la santé (DALY par personne et par an)	Log <sub>10</sub> de la réduction nécessaire des agents pathogènes	Nombre d'œufs d'helminthes par litre
<b>Irrigation sans restriction</b>	≤10 <sup>-6a</sup>		
Laitues		6	≤1 <sup>b,c</sup>
Oignons		7	≤1 <sup>b,c</sup>
<b>Irrigation restreinte</b>	≤10 <sup>-6a</sup>		
Fortement mécanisée		3	≤1 <sup>b,c</sup>
Forte intensité de main-d'œuvre		4	≤1 <sup>b,c</sup>
<b>Irrigation localisée (goutte-à-goutte)</b>	≤10 <sup>-6a</sup>		
Cultures de grande hauteur		2	Pas de recommandation <sup>d</sup>
Cultures de faible hauteur		4	≤1 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Réduction des rotavirus. Dans le cas d'une irrigation sans restriction et localisée, l'objectif lié à la santé peut être atteint par une réduction des agents pathogènes de 6 à 7 unités logarithmiques (obtenue par une combinaison de traitements des eaux usées et d'autres mesures de protection sanitaire). Dans celui d'une irrigation restreinte, il est atteint par une réduction des agents pathogènes de 2 à 3 unités logarithmiques.

<sup>b</sup> En cas d'exposition d'enfants de moins de 15 ans, il faut appliquer des mesures de protection sanitaire supplémentaires (traitement pour parvenir à ≤0,1 œuf par litre, port d'équipements de protection tels que gants et chaussures ou bottes, ou encore chimiothérapie).

<sup>c</sup> Une moyenne arithmétique doit être déterminée sur l'ensemble de la saison d'irrigation. Une valeur moyenne de ≤1 œuf par litre doit être obtenue pour 90% au moins des échantillons de manière à permettre occasionnellement à certains échantillons d'atteindre des valeurs élevées (c'est-à-dire plus de 10 œufs par litre). Avec certains procédés de traitement de l'eau (par exemple les bassins de stabilisation), on peut utiliser le temps de séjour hydraulique comme variable de remplacement pour s'assurer de la conformité avec l'objectif de ≤1 œuf par litre.

<sup>d</sup> Ne pas récolter les plantes au niveau du sol.

## Mesures de protection sanitaire

Diverses mesures de protection sanitaire peuvent être appliquées pour réduire les risques sanitaires pour les consommateurs, les travailleurs agricoles et leurs familles et pour les communautés locales.

Parmi les dangers associés à la consommation de produits de cultures irriguées par des eaux usées, figurent les agents pathogènes associés aux excreta et certains produits chimiques toxiques. Consommer les produits après une cuisson complète permet de réduire notablement le risque lié aux agents pathogènes infectieux. En revanche, la cuisson n'a que peu ou pas d'effet sur les concentrations de produits chimiques toxiques éventuellement présents. Les mesures de protection sanitaire suivantes ont des effets sur les consommateurs des produits :

- traitement des eaux usées ;
- restrictions portant sur les récoltes ;
- techniques d'épandage des eaux usées permettant de réduire au minimum la contamination (irrigation par goutte-à-goutte, par exemple) ;
- périodes de retrait permettant le dépérissement des agents pathogènes après la dernière application d'eaux usées ;

**Tableau 4. Concentrations maximales tolérables dans le sol de divers produits chimiques toxiques sur la base des exigences de protection de la santé humaine**

<b>Produit chimique</b>	<b>Concentration dans le sol (mg/kg)</b>
<b>Éléments</b>	
Antimoine	36
Argent	3
Arsenic	8
Baryum <sup>a</sup>	302
Béryllium <sup>a</sup>	0,2
Bore <sup>a</sup>	1,7
Cadmium	4
Fluor	635
Mercure	7
Molybdène <sup>a</sup>	0,6
Nickel	107
Plomb	84
Sélénium	6
Thallium <sup>a</sup>	0,3
Vanadium <sup>a</sup>	47
<b>Composés organiques</b>	
Aldrine	0,48
Benzène	0,14
Chlordane	3
Chlorobenzène	211
Chloroforme	0,47
2,4-D	0,25
DDT	1,54
Dichlorobenzène	15
Dieldrine	0,17
Dioxines	0,00012
Heptachlore	0,18
Hexachlorobenzène	1,40
HPA (tels que le benzo[ <i>a</i> ]pyrène)	16
Lindane	12
Méthoxychlore	4,27
PCB	0,89
Pentachlorophénol	14
Phtalate	13 733
Pyrène	41
Styrène	0,68
2,4,5-T	3,82
Tétrachloroéthane	1,25
Tétrachloroéthylène	0,54
Toluène	12
Toxaphène	0,0013
Trichloroéthane	0,68

<sup>a</sup> Les limites numériques calculées pour ces éléments se situent à l'intérieur des plages typiques pour les sols.

- pratiques conformes à l'hygiène sur les marchés alimentaires et pendant la préparation des aliments ;
- promotion de la santé et de l'hygiène ;
- lavage, désinfection et cuisson des produits ;
- chimiothérapie et vaccination.

Les activités utilisant des eaux usées peuvent entraîner l'exposition des travailleurs et de leurs familles à des maladies liées aux excreta (notamment la schistosomiase), à des irritants cutanés et à des maladies à transmission vectorielle (en certains endroits). Le traitement des eaux usées est une mesure de lutte contre les maladies liées aux excreta, les irritants cutanés et la schistosomiase, mais n'a guère d'impact sur les maladies à transmission vectorielle. D'autres mesures de protection sanitaire, destinées à protéger la santé des travailleurs et de leurs familles, incluent :

- l'utilisation d'équipements de protection individuelle ;
- l'accès à une eau de boisson saine et à des installations d'assainissement dans les fermes ;
- la promotion de la santé et de l'hygiène ;
- la chimiothérapie et la vaccination ;
- la lutte contre les vecteurs et les hôtes intermédiaires ;
- la réduction du contact avec les vecteurs.

Les communautés locales sont exposées aux mêmes dangers que les travailleurs, notamment si leurs membres ont accès aux champs irrigués par des eaux usées. S'ils n'ont pas accès à une eau de boisson saine, il peut arriver que ces membres utilisent l'eau d'irrigation contaminée pour la boisson ou à d'autres fins domestiques. Il se peut aussi que les enfants jouent ou nagent dans l'eau contaminée. De même, si l'irrigation par des eaux usées entraîne une intensification de la reproduction des vecteurs, les communautés locales peuvent être touchées par des maladies à transmission vectorielle, même si elles n'ont pas d'accès direct aux champs irrigués. Afin d'atténuer ces dangers pour la santé, les communautés locales peuvent recourir aux mesures de protection sanitaire suivantes :

- traitement des eaux usées ;
- accès restreint aux champs irrigués et aux structures hydrauliques ;
- accès à une eau saine pour les usages récréatifs, notamment pour les adolescents ;
- accès à une eau de boisson saine et à des installations d'assainissement pour les communautés locales ;
- promotion de la santé et de l'hygiène ;
- chimiothérapie et vaccination ;
- lutte contre les vecteurs et les hôtes intermédiaires ;
- limitation des contacts avec les vecteurs.

### **Surveillance et évaluation du système**

La surveillance a trois objectifs différents: la validation du système, c'est-à-dire la démonstration de la capacité de celui-ci à remplir les exigences de conception; la surveillance opérationnelle, qui fournit des informations sur le fonctionnement des diffé-

rentes composantes des mesures de protection sanitaire; et la vérification, qui habituellement s'effectue à la fin du processus, pour s'assurer que le système atteint les objectifs fixés.

Les trois fonctions de la surveillance sont chacune mises en œuvre à des fins et à des moments différents. La validation est effectuée au départ, lorsqu'on met au point un nouveau système ou qu'on ajoute de nouveaux procédés; elle sert à vérifier ou à prouver que le système est capable de remplir les objectifs fixés. On fait appel en routine à la surveillance opérationnelle pour s'assurer que les procédés fonctionnent comme prévu. Ce type de surveillance repose sur des mesures simples et rapides à lire, permettant donc de prendre en temps utile des décisions pour remédier au problème éventuel. On recourt à la vérification pour montrer que le produit final (eaux usées traitées, récoltes, par exemple) remplit les objectifs du traitement (spécifications portant sur la qualité microbienne, par exemple) et en fin de compte les objectifs liés à la santé. Les données de surveillance/vérification ne sont collectées que périodiquement et parviendraient trop tard aux responsables pour qu'ils puissent prendre des décisions pour prévenir la survenue d'un danger. Cependant, la surveillance/vérification peut indiquer les tendances au cours du temps (par exemple si l'efficacité d'un procédé particulier va en s'améliorant ou en se dégradant).

Le moyen le plus efficace pour s'assurer régulièrement de l'absence de danger de l'utilisation en agriculture des eaux usées est d'appliquer une approche globale d'évaluation et de gestion des risques couvrant toutes les étapes du processus, de la génération des déchets au traitement et de l'emploi des eaux usées à l'utilisation et à la consommation des produits. Cette approche est intégrée au Cadre de Stockholm. Elle comprend trois composantes importantes pour réaliser les objectifs liés à la santé: évaluation du système, sélection des mesures de lutte et des méthodes de surveillance de ces mesures, et développement d'un plan de gestion.

### **Aspects socioculturels**

Les schémas comportementaux humains sont des facteurs déterminants dans la transmission des maladies liées aux excréta. La possibilité sur le plan social de modifier certains schémas comportementaux pour introduire des schémas d'utilisation des eaux usées ou pour réduire la transmission des maladies dans le cadre des schémas existants doit être évaluée individuellement pour chaque projet. Les croyances culturelles peuvent varier si fortement entre les différentes parties du monde qu'il est impossible de supposer qu'on puisse transposer facilement ailleurs une pratique en rapport avec l'utilisation des eaux usées que l'on a réussi à faire évoluer en un endroit donné.

La perception par le public de l'utilisation des eaux usées est étroitement liée aux croyances culturelles. Même des projets techniquement bien planifiés et intégrant toutes les mesures de protection sanitaire pertinentes peuvent échouer s'ils ne prennent pas correctement en compte la perception du public.

### **Aspects environnementaux**

Les eaux usées constituent une importante source d'eau et de nutriments pour de nombreux agriculteurs, sous les climats arides et semi-arides. C'est parfois la seule source d'eau disponible pour l'agriculture. Lorsqu'elles sont bien gérées, les eaux usées peuvent aider au recyclage des nutriments et de l'eau et ainsi à réduire les dépenses en engrais ou simplement à rendre l'amendement des terres accessible aux agriculteurs. En l'absence de services de traitement des eaux usées, l'utilisation de ces eaux en agriculture joue en

fait le rôle de procédé de traitement peu onéreux, exploitant la capacité du sol à éliminer naturellement la contamination. L'emploi des eaux usées pour l'irrigation contribue donc à réduire l'impact sanitaire et environnemental en aval qui résulterait sinon du rejet direct de ces eaux dans les étendues d'eau de surface.

Néanmoins, les eaux usées présentent des risques pour l'environnement. Les effets potentiels et leur importance dépendent de la situation et de la manière dont ces eaux sont utilisées. En de nombreux endroits, l'irrigation par des eaux usées est apparue spontanément et sans planification – il s'agit alors souvent d'eaux non traitées. Dans d'autres situations, l'utilisation des eaux usées en agriculture est strictement contrôlée. Ces diverses pratiques auront des impacts différents sur l'environnement.

Les eaux usées domestiques et industrielles présentent des caractéristiques différentes. En général, l'utilisation d'eaux usées domestiques pour l'irrigation comporte moins de risques pour l'environnement que celle d'eaux usées industrielles, en particulier lorsque celles-ci proviennent d'industries utilisant ou produisant des produits chimiques hautement toxiques. Dans nombre de pays, les rejets industriels contenant des produits chimiques toxiques sont mélangés aux eaux usées domestiques, ce qui génère de graves problèmes environnementaux et, si ces eaux usées servent à irriguer des cultures, menace la santé des agriculteurs et des consommateurs des produits. Des efforts doivent être consentis pour réduire ou éliminer les pratiques comportant le mélange d'eaux usées domestiques et industrielles, notamment si ces eaux usées doivent être employées en agriculture.

L'utilisation des eaux usées en agriculture peut avoir des impacts à la fois positifs et négatifs sur l'environnement. Moyennant une planification et une gestion soigneuses, cette utilisation peut être bénéfique pour l'environnement. Nombre de ses impacts environnementaux (salinisation des sols, contamination des ressources en eau, par exemple) peuvent être réduits par l'application de bonnes pratiques agricoles (comme indiqué en annexe 1).

### **Considérations économiques et financières**

Les facteurs économiques sont particulièrement importants lorsqu'on évalue la viabilité d'un nouveau schéma d'utilisation des eaux usées, et même un projet valable économiquement peut échouer en l'absence d'une planification financière soignée.

L'analyse économique et les considérations financières jouent un rôle essentiel pour promouvoir l'utilisation sans risque des eaux usées. L'analyse économique s'efforce d'établir la faisabilité économique d'un projet et de permettre des comparaisons entre différentes options. Il faut aussi prendre en compte dans cette analyse les transferts de coûts vers d'autres secteurs (par exemple les impacts environnementaux et sanitaires sur les communautés vivant en aval). Cette opération peut être facilitée par le recours à des processus de prise de décisions multi-objectifs.

La planification financière examine la façon dont le projet sera financé. Lors de l'établissement de la faisabilité économique d'un projet, il importe de déterminer les sources de revenus et de déterminer qui paiera quoi. La possibilité de vendre avec profit les produits cultivés ou les eaux usées traitées avec ces eaux usées doit aussi être étudiée.

### **Aspects politiques**

La gestion sans risque des eaux usées en agriculture est rendue plus facile par des politiques, des législations, des cadres institutionnels et des réglementations appropriés aux niveaux international, national et local. Dans nombre de pays où l'on utilise des eaux usées en agriculture, ces cadres font défaut.

Les politiques sont des ensembles de procédures, de règles et de mécanismes d'allocation qui forment la base des programmes et des services. Elles définissent des priorités et les stratégies associées allouent les ressources nécessaires à leur mise en œuvre. Elles sont appliquées par quatre types d'instruments : lois et réglementations, mesures économiques, programmes d'information et d'éducation, et affectation de droits et de responsabilités pour la prestation de services.

Dans le développement d'un cadre politique national pour faciliter une utilisation sans risque des eaux usées en agriculture, il importe de définir les objectifs, d'évaluer l'environnement politique actuel et de développer une approche nationale. Les approches nationales des pratiques d'utilisation sans risque des eaux usées inspirées des Directives de l'OMS protègent le mieux la santé des populations lorsqu'elles sont intégrées à des programmes complets de santé publique incluant d'autres mesures sanitaires, telles que la promotion de la santé et de l'hygiène et l'amélioration de l'accès à une eau de boisson saine et à un assainissement convenable. D'autres programmes complémentaires, comme les campagnes de chimiothérapie, doivent s'accompagner d'une promotion de la santé et d'une éducation sanitaire pour modifier des comportements qui conduiraient autrement à des réinfections (par des helminthes intestinaux ou d'autres agents pathogènes, par exemple).

Les approches nationales doivent être adaptées aux circonstances socioculturelles, environnementales et économiques, mais doivent aussi viser à améliorer progressivement la santé publique. La priorité doit être donnée aux interventions qui répondent aux plus graves menaces sur le plan local. À mesure que des ressources et des données nouvelles deviennent disponibles, des mesures de protection sanitaire supplémentaires pourront être introduites.

L'utilisation d'eaux usées en agriculture peut avoir un ou plusieurs objectifs. La définition de ces objectifs est une étape importante dans le développement d'un cadre politique national. Des politiques appropriées peuvent faciliter l'utilisation sans risque des eaux usées en agriculture. Il existe déjà souvent des politiques susceptibles d'influer sur ces activités, tant négativement que positivement. Il est souvent utile de réaliser une évaluation des politiques actuelles pour développer une nouvelle politique nationale ou pour revoir les politiques existantes. Cette évaluation doit s'effectuer sous deux angles : du point de vue du décideur politique et du directeur de projet. Les décideurs politiques voudront évaluer les politiques, les législations, les cadres institutionnels et les réglementations nationaux pour s'assurer qu'ils répondent aux objectifs du pays concernant l'utilisation des eaux usées (par exemple maximiser les rendements économiques sans nuire à la santé publique ou à l'environnement). Les coordonnateurs de projet souhaiteront s'assurer que les activités actuelles et futures utilisant des eaux usées sont en mesure de respecter toutes les lois et réglementations nationales et locales pertinentes.

Principaux points à considérer :

- *Politique* : Les politiques concernant l'utilisation des eaux usées sont-elles claires ? L'utilisation de ces eaux est-elle encouragée ou découragée ?
- *Législation* : L'utilisation des eaux usées est-elle régie par la législation ? Quels sont les droits et les responsabilités des différentes parties prenantes ? Une juridiction particulière a-t-elle été définie pour l'utilisation des eaux usées ?
- *Cadre institutionnel* : Quel ministère ou quelle agence, organisation, etc. exerce une autorité de contrôle sur l'utilisation des eaux usées au niveau national et à celui du district ou de la communauté ? Les responsabilités des différents ministères ou agences sont-elles clairement définies ? L'utilisation d'eaux usées relève-

t-elle d'un ministère principal ou de plusieurs ministères ou agences dont les juridictions empiètent les unes sur les autres? Quel ministère ou quelle agence est chargé d'élaborer la réglementation, de veiller au respect de cette réglementation, de la faire appliquer?

- *Réglementation*: Existe-t-il une réglementation? La réglementation actuelle est-elle suffisante pour atteindre les objectifs relatifs à l'utilisation des eaux usées (protéger la santé publique, prévenir les dommages environnementaux, satisfaire aux normes de qualité pour le commerce national et international, préserver les moyens de subsistance, l'eau et les nutriments, etc.)? La réglementation actuelle est-elle appliquée? Quel est le ministère ou l'agence chargé de la faire respecter?

Il est plus facile d'élaborer des réglementations que de les faire appliquer. Lors de la préparation d'une nouvelle réglementation (ou de la sélection des prescriptions réglementaires existantes à appliquer), il est important de prévoir les établissements, le personnel et les moyens nécessaires pour garantir le respect de cette réglementation. Il importe aussi de s'assurer que cette réglementation est réaliste et applicable dans le contexte où elle doit l'être. Il sera souvent avantageux d'adopter une démarche par étapes ou de tester une nouvelle série de prescriptions réglementaires en persuadant une administration locale de les voter en tant qu'arrêtés avant qu'elles ne soient étendues au reste du pays.

### **Planification et mise en œuvre**

La planification et la mise en œuvre des programmes d'irrigation par des eaux usées requièrent une approche progressive et globale, répondant d'abord aux priorités sanitaires les plus urgentes. Les stratégies de développement de programmes nationaux doivent prévoir des volets sur la communication avec les parties prenantes, sur les interactions avec elles et sur la collecte et l'exploitation des données.

En outre, la planification des projets au niveau local nécessite d'évaluer plusieurs facteurs sous-jacents importants. La durabilité de l'utilisation des eaux usées en agriculture est tributaire de l'évaluation et de la prise en compte de huit critères importants: santé, faisabilité économique, impact social et perception par le public, faisabilité financière, impact environnemental, faisabilité commerciale, institutionnelle et technique.