

tiques. Durant cette période d'entreposage, l'utilisateur peut intervenir directement et ainsi modifier la qualité de son eau. Nos connaissances sur les conditions de stockage et de manipulation de l'eau par les différents usagers sont limitées. Cette étude s'intéresse à l'effet de la manipulation de l'eau sur sa qualité, lors de l'intervalle entre le puisage et la consommation à domicile, dans la ville de Richard-Toll (nord du Sénégal).

Afin d'évaluer les effets respectifs du point d'eau et de l'utilisateur sur la qualité de l'eau, nous avons d'abord comparé l'eau provenant de différents types de points d'eau. L'effet de l'utilisateur a ensuite été évalué en analysant la qualité bactériologique de l'eau au moment où elle a été puisée jusqu'au moment où elle a été bue.

La qualité physico-chimique et bactériologique (coliformes fécaux) de l'eau de 14 points d'eau, représentant les sept types de points d'eau présents dans la ville, a été comparée à celle de l'eau entreposée. Quatre usagers ont été associés à chaque point d'eau, et leur eau a été analysée à trois reprises, soit après entreposage de moins d'une heure, de 8 heures et de 23 heures.

Zone d'étude

L'étude a été réalisée à Richard-Toll, ville formée d'un rassemblement de quartiers hétérogènes dont le niveau de développement est variable. En fait, face à une croissance rapide de sa population, les infrastructures de la ville n'ont pas été développées en conséquence. Ainsi, le centre ville, plus ancien, est largement pourvu de robinets à domicile ou de bornes fontaine, alors que la population des autres quartiers dépend d'une importante variété de types de points d'eau. Sept types ont été dénombrés ; ce sont des sites non-aménagés, naturels (fleuve Sénégal, marigot de la Taouey) et artificiels (canal de la Taouey, canaux d'irrigation) ou des sites aménagés (bornes publiques, puits artisanaux, camions-citernes à livraison régulière).

Quel que soit le point d'eau utilisé, la méthode d'approvisionnement reste sensiblement la même : les femmes ramènent à la mai-

son une bassine pleine d'eau avec laquelle elles remplissent un canari, récipient de terre cuite pouvant contenir environ 20 litres d'eau. En général, le remplissage du canari se fait le matin, et la famille a ensuite accès à l'eau jusqu'à ce qu'il soit vide, le plus souvent le lendemain matin. L'eau, dans des conditions d'utilisation normales, reste donc un maximum de 24 heures dans le canari. L'eau y est puisé à l'aide de tasses, louches ou autres ustensiles. En fait tous les foyers, (même ceux ayant l'eau à domicile) possèdent au moins un canari. Celui-ci aide à garder l'eau fraîche et permet aux matières en suspension de se déposer.

Matériel et méthodes

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées de la même façon qu'à Diomandou (voir page 87). Seule la concentration en chlorure a été mesurée une fois par semaine, pour l'ensemble des échantillons recueillis durant la semaine

Échantillonnage

Les échantillons ont été prélevés en 14 points d'eau différents, représentatifs des 7 types de points d'eau publics utilisés par la population de Richard-Toll, soit : deux sites sur le fleuve Sénégal, deux sites sur les canaux principaux d'irrigation, deux bornes publiques, deux camions-citernes, quatre puits, un site sur le canal de la Taouey et un sur le marigot Taouey. Le premier critère de sélection des sites était le type de point d'eau, chacun des types devant être échantillonné. Le second critère était géographique : la ville couvrant une grande surface, les points d'eau ont été répartis de façon à couvrir tous les quartiers. Parallèlement, l'utilisation relative des différents types de points d'eau par la population a été prise en considération. Là où plus d'un type de point d'eau était disponible dans un quartier donné, le type le plus utilisé par la population comme point régulier durant toute l'année était choisi. Les

puits étant le principal type de point d'eau disponible dans les quartiers distant de points d'eau libre, ils ont été échantillonnés en plus grand nombre que les autres types de point. Inversement, le marigot et le canal de la Taouey n'étant utilisés régulièrement comme source exclusive d'eau que par une faible partie de la population, ils n'ont été échantillonnés qu'en un site chacun.

Lors de notre première visite en chacun des points d'eau, 4 familles (numérotées A, B, C, D) utilisant le point d'eau de façon régulière et exclusive tout au long de l'année, et ayant rempli leur canari (également numérotées A, B, C et D) moins d'une heure avant notre visite étaient identifiées ; l'eau de leur canari a été échantillonnée à trois reprises, soit moins d'une heure après le remplissage du canari, ainsi qu'environ 8 heures et 24 heures plus tard, avant le prochain remplissage. L'eau du point d'eau était échantillonnée une fois, lors de la première visite. Cet échantillonnage permet de comparer l'eau du point d'approvisionnement à celle du canari, et de suivre l'évolution de la qualité de l'eau du canari dans le temps, de son puisage jusqu'à sa consommation (au maximum 24 heures après le puisage), soit dans une situation d'utilisation familiale normale. L'échantillonnage s'est déroulé en mars et avril 1992.

Seuls les résultats des analyses de coliformes fécaux (CF) sont présentés ici, les résultats d'analyses de streptocoques fécaux (SF) étant en accord avec ceux-ci. Les comptes de CF ont été assignés à quatre classes : 0-10 UGC par 100 ml, 11-100 UGC par 100 ml, 101-500 UGC par 100 ml, et > 500 UGC par 100 ml. Les classes sont basées sur la classification de FEACHEM (1980), adaptée de façon à refléter les différents niveaux de qualité observés tout en tenant compte des limites de la méthode utilisée. La première classe, non utilisée lors de l'étude précédente, a été ajoutée afin de permettre d'identifier un traitement complet ou l'absence totale de contamination par l'utilisateur. L'eau appartenant à la première classe est considérée comme étant d'excellente qualité, celle de la deuxième classe représentant une eau de qualité moyenne. L'eau contenant plus de 100 UGC par 100 ml est considérée comme étant de mauvaise qualité, alors que la dernière classe représentent de l'eau de très mauvaise qualité.

Résultats et discussion

Physico-chimie

Les paramètres physico-chimiques ont été mesurés pour caractériser l'eau échantillonnée. L'effet de l'usager sur la qualité physico-chimique étant largement limitée à des modifications reliées au traitement, nous nous contenterons ici de résumer les résultats.

Qualité aux points d'eau

Les analyses physico-chimiques n'ont rien révélé d'exceptionnel (tabl. 1). Seule la conductivité variait largement, les puits (particulièrement le puits-4) ayant les conductivités les plus élevées. Les concentrations de chlorure étaient très faibles partout sauf aux puits-2, puits-3 et puits-4. Les concentrations en nitrate étaient variables, les eaux du camion-citerne-1 et des quatre puits en contenant le plus. Les concentrations d'ammonium étaient très faibles dans la majorité des cas ; seuls les puits et le canal de la Taouey en contenaient à des niveaux détectables, le puits-1 en contenant remarquablement plus que les autres.

Qualité dans les canaris au temps 0

Généralement, le pH, l'oxygène dissous et la conductivité, ainsi que les concentrations d'ammonium, de chlorure et de nitrate sont demeurés inchangés dans les canaris au temps 0, par rapport aux résultats d'analyse de l'échantillon pris au point d'eau correspondant. Quant à la température, elle variait sans tendances apparentes. Il existe cependant quelques exceptions à ces généralités. Ainsi, le pH avait diminué sensiblement dans le canari-A du fleuve Sénégal-1 (de 7,4 à 4,8), dans le canari-D du marigot de la Taouey (de 6,9 à 5,1), dans le canari-D du canal d'irrigation-1 (de 7,2 à 6,0), et du canari-C de la borne publique-1 (de 8,9 à 7,1). La conductivité et les concentrations en chlorure et en nitrate avaient sensiblement augmenté dans l'eau du canari-A du fleuve Sénégal-1, ainsi que dans les canaris-B et -D du canal d'irrigation-1.

I Tableau I
 Résultats des analyses physico-chimiques
 aux différents points d'eau étudiés à Richard-Toll.

	Température °C	p H	Oxygène mg.l ⁻¹	Conductivité mg.l ⁻¹	Chlorure µS.cm ⁻¹	Nitrate mg.l ⁻¹	Ammonium mg.l ⁻¹
Borne-1	26,9	8,9	8,9	117	8	0,6	<0,01
Borne-2	30,1	7,7	9,2	94	11	0,5	<0,01
Citerne-1	24,1	7,5	8,4	100	29	1,8	<0,01
Citerne-2	24,8	7,4	N.D.	59	21	0,6	<0,01
Irrigation-1	26,2	7,2	7,1	57	5	0,5	<0,01
Irrigation-2	23,2	6,9	7,8	57	12	0,6	<0,01
Puit-1	25,6	7,4	5,3	473	39	2,2	0,39
Puit-2	28,2	5,5	1,6	404	210	3,5	0,02
Puit-3	26,0	6,3	4,2	390	130	3,4	0,13
Puit-4	28,0	8,2	4,1	1 762	400	1,8	0,05
Canal-T	20,3	7,4	7,8	62	8	0,4	0,02
Taouey	21,8	6,9	6,3	57	8	0,3	<0,01
Fleuve-1	21,2	7,4	8,0	68	8	0,4	<0,01
Fleuve-2	24,5	7,4	7,6	55	9	0,5	<0,01

(Canal-T : Canal de la Taouey ; Citerne : Camion citerne ; Irrigation : Canal d'irrigation ; Taouey : Marigot Taouey ; Borne : Borne fontaine ; N.D. : Non disponible).

Qualité dans les canaris au cours des 23 heures suivantes

Lors de la période d'entreposage d'environ 23 heures, le pH et la concentration d'oxygène dissous variaient d'un canari à l'autre, sans tendances apparentes. Les variations quotidiennes de la température de l'eau sont, habituellement, fonction des variations de la température de l'air pendant la journée. Les autres paramètres physico-chimiques sont demeurés à peu près stables, les valeurs obtenues lors des mesures faites aux temps 8 et 23 étant semblables à celles obtenues au temps 0.

Bactériologie

Si, en règle générale, la qualité bactériologique de l'eau est importante à cause de son effet potentiel sur la santé humaine, elle doit

faire l'objet ici d'une particulière attention, car il s'agit du principal paramètre de qualité de l'eau pouvant être influencé directement par l'utilisateur, que ce soit de façon négative (par un contact avec des ustensiles ou des mains contaminées), ou de façon positive (par un traitement de l'eau à domicile). Ainsi, si les risques de contamination directe ou indirecte du point d'eau ou de la réserve domestique d'eau sont fréquents (comme nous l'avons constaté dans la deuxième partie de cet article), la possibilité de décontamination par addition d'eau de Javel ou d'alun, ou encore par filtration, existe aussi.

Qualité aux points d'eau

La majorité des points d'eau montraient une forte contamination bactérienne (fig. 1). Le nombre de CF était très bas (0-10 UGC par 100 ml) dans l'eau de quatre des 14 points d'eau, et était de 101-500 UGC par 100 ml à trois des points, alors qu'à tous les autres points d'eau le nombre de CF était supérieur à 500 UGC par 100 ml.

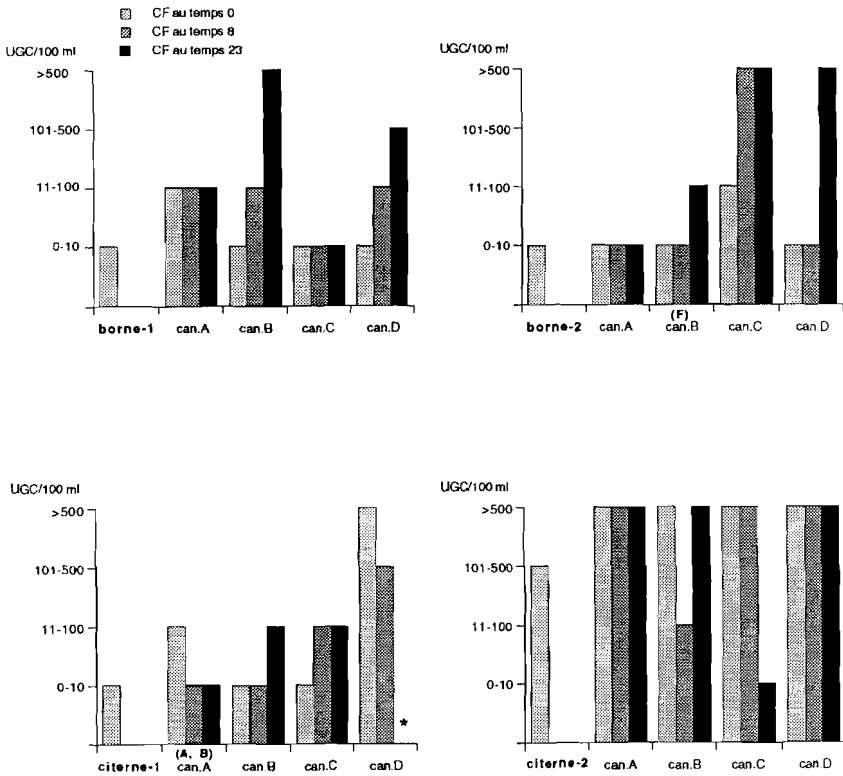
Les résultats obtenus pour les points d'eau ouverts et les puits sont semblables à ceux obtenus ailleurs en Afrique (FEACHEM, 1980; LAVOIE *et al.*, 1982). La contamination des points d'eau ouverts était prévisible, l'eau de consommation étant puisée à l'endroit-même où la lessive, la vaisselle, ainsi que le bain de la population et des animaux prennent place. Les possibilités de contamination des puits ont été décrites dans l'article précédent (voir page 87).

La différence de contamination bactérienne observée entre l'eau des deux camions-citernes (fig. 1), ainsi que la conductivité et la concentration de nitrate supérieures dans l'eau du camion-citerne-1 (tabl. 1), reflètent probablement l'utilisation de deux sites différents pour le remplissage des deux citernes.

Qualité dans les canaris au temps 0

Pour évaluer l'effet du transport et celui du stockage de l'eau dans le canari, toujours inférieur à une heure, la qualité bactériologique de l'eau, lors de la première mesure, a été comparée à celle de l'eau au point d'eau associé. La qualité de l'eau dans le canari a été décrite comme modifiée (i.e. améliorée ou dégradée) si sa classe de qualité bactériologique était différente de celle du point d'eau.

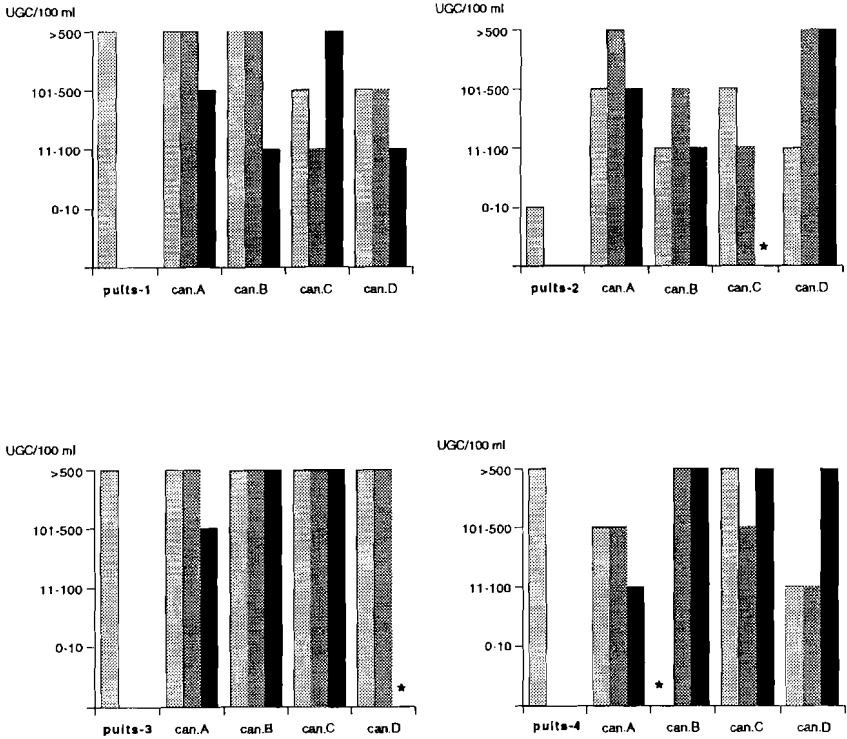
Figure 1
Coliformes fécaux aux points d'eau et dans les canaris
aux trois temps, à Richard-Toll.



u.g.c. : unité génératrice de colonies.
 Le traitement déclaré, avec alum (A), eau de Javel (B), ou par filtration (F), est indiqué.
 L'étoile indique les résultats manquants.

En fait des changements de la qualité bactériologique de l'eau ont été fréquemment observés (fig. 1). La qualité s'est dégradée dans la moitié des 16 canaris remplis avec de l'eau contenant à l'origine 0-10 UGC par 100 ml, alors qu'elle est demeurée inchangée dans les huit autres. Dans les 12 canaris remplis avec de l'eau contenant 101-500 UGC par 100 ml à l'origine, la qualité s'est améliorée dans six des cas, s'est dégradée dans cinq et est restée la même dans un cas. Enfin, des 27 canaris remplis avec de l'eau contenant à l'origine

Figure 1 (suite 1)
Coliformes fécaux aux points d'eau et dans les canaris
aux trois temps, à Richard-Toll.



u.g.c. : unité génératrice de colonies.

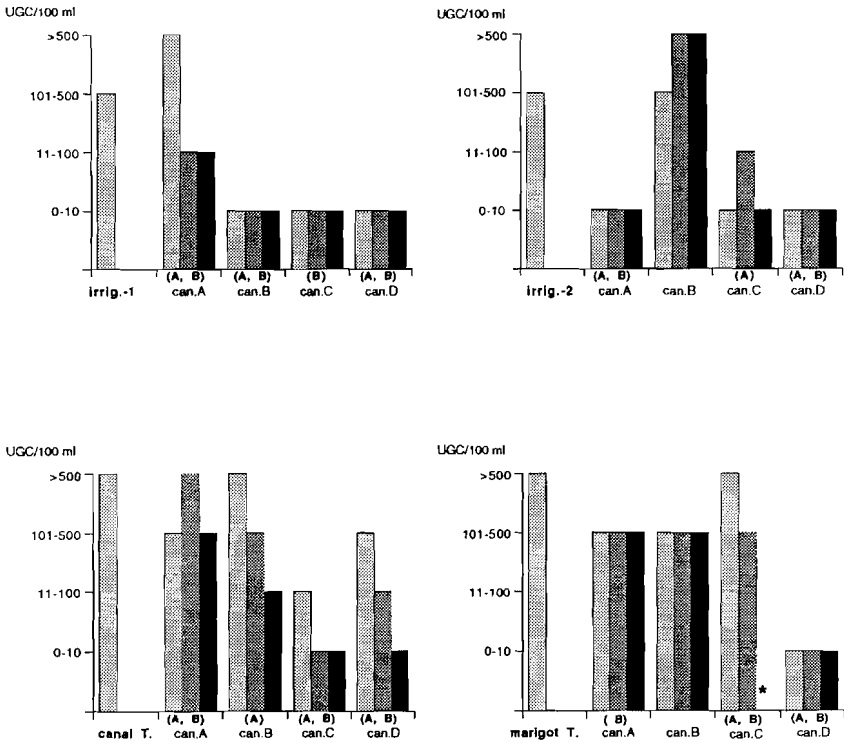
Le traitement déclaré, avec alum (A), eau de Javel (B), ou par filtration (F), est indiqué.

L'étoile indique les résultats manquants.

plus de 500 UGC par 100 ml, 12 ont vu leur qualité s'améliorer alors que, dans les 15 autres cas, elle est demeurée inchangée.

Ces résultats démontrent clairement que la qualité peut être modifiée après une période d'utilisation très courte. D'après nos observations, il est possible d'identifier plusieurs sources de contamination au niveau du site de prélèvement. Ainsi, on peut citer les bassines de transport souillées, les mains, les ustensiles ou le sol entrant en contact avec la bassine lors du remplissage. Il en est de même, lors

Figure 1 (suite 2)
Coliformes fécaux aux points d'eau et dans les canaris
aux trois temps, à Richard-Toll.



u.g.c. : unité génératrice de colonies.

Le traitement déclaré, avec alum (A), eau de Javel (B), ou par filtration (F), est indiqué.

L'étoile indique les résultats manquants.

du remplissage du canari, En outre, un mélange avec de l'eau contaminée laissée dans le canari est alors toujours possible. De telles sources de contamination ont déjà été mentionnées (FEACHEM *et al.*, 1983). Tous les usagers ont déclaré vider et rincer les bassines de transport et les canaris avant chaque remplissage; ces actions ont cependant des effets limités lorsqu'aucune désinfection n'a lieu.

La décontamination peut être attribuée à un ou plusieurs des traitements suivants : addition d'eau de Javel (NaClO), addition d'alun ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), ou filtration à travers un morceau de tissu.

Les usagers ont déclaré avoir traité à l'eau de Javel seule (4 des 56 cas), une décontamination complète a été confirmée dans 2 cas, et une partielle dans un des cas ; un des canaris ne semblait pas avoir été traité contrairement à ce qui a été dit. Lorsque un traitement déclaré n'était pas perceptible, la déclaration a pu avoir été faite parce que l'utilisateur pensait que c'était la bonne réponse à donner. Il est aussi possible que l'utilisateur ait traité l'eau, mais avec des quantités insuffisantes de produits ou encore avec des produits autres que ceux déclarés. Dans le contexte local, cette dernière possibilité est réelle, vu l'analphabétisation répandue dans la population, et le fait que les produits sont souvent vendus dans des contenants non-originaux.

Qualité dans les canaris au cours des 23 heures suivantes

Pour évaluer l'effet d'environ 23 heures d'entreposage et d'utilisation domestique, la qualité bactériologique de l'eau prélevée dans les canaris aux trois temps d'échantillonnage a été comparée à celle de l'eau provenant du point d'eau associé. La qualité de l'eau était considérée comme s'étant accrue lorsqu'une amélioration observée après le transfert de l'eau dans le canari demeurait jusqu'au dernier temps d'échantillonnage. De la même façon, si une baisse de qualité était observée à l'un des trois temps d'échantillonnage, la qualité était considérée comme s'étant dégradée, même si elle s'améliorait à nouveau par la suite.

Au cours de la période de 23 heures, la qualité bactériologique a été modifiée dans la plupart des cas (fig. 1). Des 16 canaris ayant été remplis avec de l'eau contenant 0-10 UGC par 100 ml, la qualité de l'eau de 14 canaris s'est dégradée, alors que les 2 autres sont demeurés inchangés tout au long de l'échantillonnage, ce qui dans le contexte local est remarquable. Des 12 canaris remplis avec de l'eau contenant 101-500 UGC par 100 ml, la qualité s'est améliorée dans la moitié des cas, et s'est dégradée dans l'autre moitié. Enfin, des 28 canaris remplis avec de l'eau contenant plus de 500 UGC par 100 ml, 15 ont vu leur qualité s'améliorer durant la période de 23 heures alors que les 13 autres sont demeurés inchangés ou n'ont montré qu'une amélioration temporaire.

maladies, l'eau de robinet étant considérée comme impossible à contaminer. L'éducation doit tenir compte de telles croyances, et elle ne pourra le faire que si elles sont préalablement connues.

Plusieurs événements peuvent survenir entre une intervention au niveau de la source d'approvisionnement en eau et les conséquences sur la santé de l'eau consommé. En examinant certaines de ces étapes intermédiaires, nous avons tenté de clarifier le rôle des facteurs environnementaux et comportementaux sur la qualité de l'eau. Le problème n'est donc pas que technologique : il nécessite un changement dans les habitudes. Nous ne pouvons que souhaiter une meilleure collaboration entre les participants aux différentes étapes de l'approvisionnement en eau, depuis les ingénieurs responsables des aménagements jusqu'aux épidémiologistes chargés des études d'impact sur la santé.

De plus, il faudra revoir les critères d'évaluation du succès d'un programme d'approvisionnement en eau. Ce succès implique que les usagers soient capables de maintenir une eau de bonne qualité, depuis la source jusqu'à la consommation.

Bibliographie

ARLOSOROFF (S.), TSCHANNERL (G.), GREY (D.), JOURNEY (W.), KARP (A.), LANGENEGGER (O.), ROCHE (R.), 1988 — Community water supply: the handpump option, *Water International*, 13 : 106-111.

A.P.H.A., 1989 — *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. 17th ed., Washington, D.C., APHA.

CAIRNCROSS (S.), 1989 — Water supply and sanitation : an agenda for research, *Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 92 : 301-314.

EL KATSHA (S.), WHITE (A. U.), 1989 — Women, water and sanitation : household behavioral patterns in two Egyptian villages, *Water International*, 14 : 103-111.

ESREY (S. A.), FEACHEM (R. G.), HUGUES (J. M.), 1985 — Interventions for the control of diarrhoeal diseases among young children : improving water supplies and excreta disposal facilities. *Bull. WHO*, 63 : 757-772.

FEACHEM (R. G.), 1980 — Bacterial Standards for Drinking Water Quality in Developing Countries, *The Lancet*, (August 2), : 255-256.

- FEACHEM (R. G.), BRADLEY (D. J.), GARELICK (H.), MARA (D. D.), 1983 — *Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*. World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3, Washington, D.C.
- KHAN (M. U.), KHAN (M. R.), HOSSAIN (B.), AHMED (Q. S.), 1984 — Alum potash in water to prevent cholera, *The Lancet*, (Nov. 3) : 1032.
- KINNEY (E. C.), DRUMOND (D. W.), HANES (N. B.), 1978 — Effects of chlorination on differentiated coliform groups, *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 50 : 2307-2312.
- LAVOIE (M. C.), LEGRAND (M.), RICHARD (D.), ROULEAU (A.), 1982 — Comparaison de la qualité de l'eau provenant de différents types de puits en Côte d'Ivoire. *Eau du Québec* 15 : 401-404.
- LAVOIE (M. C.), VIENS (P.), 1983 — Water quality control in rural Ivory Coast, *Trans. Roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, 77 : 119-120.
- ROBIDOUX (L.), 1993 — *Effets de la manipulation de l'eau sur sa qualité dans une ville sénégalaise*. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, 37 p.
- SAUNDERS (R. J.), WARFORD (J. J.), 1976 — *L'alimentation en eau de communautés rurales: Economie et politique générale dans le monde en développement*, Paris, Banque Mondiale.
- TOMKINS (A. M.), DRASAR (B. S.), BRADLEY (A. K.), WILLIAMSON (W. A.), 1978 — Water supply and nutritional status in rural Northern Nigeria, *Trans. Roy. Soc. trop. Med. Hyg.*, 72 : 239-243.