

La qualité bactériologique des eaux de pluie

Dégradation de la qualité des eaux de pluies récupérées

Les études spécifiques aux eaux de pluies ruisselées de toitures ont pour la plupart une dizaine d'années. Aucune de ces eaux n'est d'une qualité équivalente à celle de l'eau potable (May et Prado., 2006). Ceci est dû à une contamination physico-chimique d'une part, et à une contamination microbiologique d'autre part.

On peut citer différents facteurs qui influencent cette qualité :

- caractéristiques du toit : taille de la surface de contact, âge, état de dégradation, caractéristiques chimiques des matériaux, absence ou au contraire, usage de produits de nettoyage...
- précipitations et facteurs météorologiques : intensité et fréquence des précipitations, alternance des saisons sèches/humides, saison et caractéristiques du climat, vent,...
- localisation du toit : proximité d'activités et de sources de pollution
- polluants atmosphériques : caractéristiques physico-chimiques, émission, transport, concentration dans l'atmosphère, solubilité dans l'eau (Forster., 1996).

L'eau de pluie météorite est la moins susceptible d'être contaminée car elle correspond à l'eau de pluie récoltée avant tout contact avec une surface de ruissellement. Elle ne subit que la pollution de l'air, et n'est donc dépendante que du milieu environnant.

En effet, dans l'atmosphère, les gouttelettes d'eau peuvent se charger en poussières, particules polluantes, gaz,...qui se dissolvent dans l'eau de pluie avant même qu'elle n'ait atteint la surface des toitures. La pollution urbaine, les particules émises à la sortie des cheminées, le trafic automobile, les pesticides utilisés dans les zones d'activités agricoles sont autant de sources de contamination possibles.

La pollution des eaux ruisselées paraît essentiellement due aux matières emportées lors de leur passage sur les surfaces de ruissellement. Il peut s'agir de sédiments ou particules issues de la corrosion des toitures, de particules polluantes amenées par le vent pendant les périodes sèches, mais aussi de matières organiques déposées par les oiseaux, chats, rongeurs,... ayant accès à ces surfaces. **Les microorganismes peuvent également être aéroportés et influencer sensiblement la charge bactérienne sur les toits** (Fewtrell et Kay., 2007).

Qualité microbiologique

Bilan bibliographique

Les paramètres microbiologiques les plus souvent analysés sont les *Escherichia coli* ou coliformes thermo-tolérants, les coliformes totaux et streptocoques fécaux ou entérocoques. En effet, la qualité microbiologique de l'eau est souvent évaluée en mesurant la concentration de ces bactéries indicatrices de contamination fécale.

Escherichia coli, sont des bactéries d'origine exclusivement fécale, présentes en quantité importante dans les fèces de l'homme et de tous les animaux à sang chaud. C'est un indice fiable de contamination fécale récente de l'eau. Les Entérocoques intestinaux (aussi appelés Streptocoques fécaux), peuvent être pathogènes chez l'homme et provoquer des infections localisées. Leur capacité à survivre dans l'eau étant plus grande que celle des *E.Coli*, ils peuvent tracer une contamination fécale plus ancienne. Leur présence, permet de soupçonner celle d'autres contaminants, en particulier de pathogènes (*Campylobacter sp*, *Salmonella sp*, *Cryptosporidium sp*, *Giardia sp*,...) (ASTEE, 2006 ; Fewtrell et Kay., 2007).

Les résultats des analyses effectuées montrent que la quasi-totalité des sites d'études sont non-conformes aux limites de qualité pour ces indicateurs.

Dans les différentes études recensées, certains organismes pathogènes ont également été recherchés et souvent retrouvés, à l'exception de *Campylobacter jejuni*.

Le tableau ci-après liste les paramètres microbiologiques analysés dans différentes études.

Qualité microbiologique des eaux de pluies collectées en aval des toitures

Lieu d'étude	Origine de l'échantillon	N°	Paramètres analysés	Résultats	Réf.
Nouvelle Zélande, zones rurales	Water faucet	125	GT, CT, FC, ENT, Salmonella, Aeromonas, Cryptosporidium, etc.	56 % des échantillons non conformes aux critères de qualité microbio des eaux de boisson. Aeromonas, 16 % Salmonella 1 échantillon, Cryptosporidium dans 2 échantillons	(Simmons G. et al. 2001)
Nigeria, Port Haércourt	Ecoulements de toitures	*/	GT, Pseudomonas, Salmonella, Shigella, Vibrio	GT nombreux. Pseudomonas dans tous les échantillons excepté ceux de toitures en zinc. Nombre importants de Salmonella	(Uba B.N. and Aghogho O. 2000)
Zones rurales du sud dde l'Australie	Reservoir d'EdP	100	GT, CT, SF, CTT, E. coli	59 % des échantillons positifs TTC, 84% positifs en FS. GT nombreux	(Plazinska A. 2001)
Palestine	Ecoulements de toitures et réservoirs d'EdP	/	CT, CF	100 % positifs en TC et FC. Niveaux de contamination moins importants en aval de toitures métalliques	(Ghanayem M. 2001)
Thaïlande	Ecoulements de toitures et point de consommation	709	CF, SF	76% supérieures aux recommandations OMS	(Appan A. 1997)
Inde, New Delhi	Ecoulements de toitures	54	CF, CT, GT, SF	Tous types d'indicateurs retrouvés- 87 % non conformes aux standards OMS	(Vasudevan P. et al. 2001)
US, Virgin Island	Système de récupération d'EdP	13	<i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i>	45 % positifs en Giardia - 23% positifs en Cryptosporidium	(Crabtree R.D. et al. 1996)
Inde, Kerala	Reservoir d'EdP	30	CF	93 % positifs en FC - FC > 500UFC/100ml dans 13% des cas	(Pushpangadan K. and Sivanandan P.K. 2001)
Grece, Ile de Kefalonia	Reservoir d'EdP	156	CT, EC, ENT, GT22, GT37, <i>pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Clostridium perfringens</i> .	CT + : 80,3% - EC + : 40,9 % - ENT + : 28,8 % (mais concentrations faibles) - Tous échantillons négatifs en Pseudomonas et Clostridium	(Sazakli E. et al. 2007)
Australie, Newcastle	?	77	GT, CT, CF, Pseudomonas sp.	Coliformes négatifs dans 17 % des échantillons - des échantillons positifs en Pseudomonas	(Evans C.A. et al. 2006)
Brésil, Sao Paulo	Ecoulements de toitures et réservoirs d'EdP	60	CT, CF, Clostridium sulfito-réducteur, ENT, Pseudomonas aeruginosa	CT+ 89 % - moyenne toits : 71 UFC/100ml - moy réservoir : 54 UFC/100ml - Clostridium + 91 % - moy toits : 12 UFC/100ml, moy réservoir : 4 UFC/100ml - ENT + 98 % - Moy toits : 19 UFC/100ml - moy réservoirs : 10 UFC/100ml - Pseudomonas aeruginosa + :17% moy réservoirs : 31 UFC/100ml	(May S. and Prado R.T.A. 2006)

Lieu d'étude	Origine de l'échantillon	N°	Paramètres analysés	Résultats	Réf.
Danemark	Réservoir d'EdP	27	EC, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Aeromonas sp.</i> , <i>Legionella pneumophila</i> et non- pneumophila, <i>Campylobacter</i> , <i>Mycobacterium avium</i> , <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i>	Un ou plusieurs pathogènes présents dans 12 des 27 échantillons analysés. Quelques échantillons positifs pour tous les paramètres étudiés excepté <i>Giardia</i> et <i>Legionella pneumophila</i>	(Albrechtsen HJ 2002)

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliformes totaux

CTT : Coliformes thermotolérants

EC : E. Coli

ENT : Entérocoques

GT22 et 37 : Germes totaux à 22 et 37 °C

SF : Streptocoques fécaux

Aucun virus n'a été recherché dans les études utilisées. La plupart des virus qui affectent l'espèce humaine n'ont pas d'hôte animal, et la contamination fécale des toits par des fèces humains est considérée comme improbable. On peut donc penser que les risques d'infections virales liées à l'eau de pluie récoltée des toitures sont faibles (Sinclar *et al.*, 2005). Cependant, des virus pathogènes pour l'homme peuvent être d'origine animale, comme les virus hépatiques, qui n'ont pas été étudiés.

Influence de la présence animale sur la variation de ces paramètres

On observe une variabilité importante des caractéristiques microbiologiques des eaux de pluie stockées, mais **les données sur la qualité microbiologique des eaux météorites sont rares**. On peut penser qu'elle se détériore après ruissellement de l'eau de pluie sur les toitures et lorsqu'il existe un stockage (Coombes *et al.*, 2000 ; Sazakli *et al.*, 2007).

Les analyses révèlent la présence de germes banals en quantités importantes (jusqu'à $1,53 \cdot 10^6$ UFC/100mL de germes totaux à 22°C) (Albrechtsen., 2002) mais aussi de Coliformes fécaux, *E. coli* et Entérocoques, indiquant une contamination d'origine fécale. Il peut s'agir d'excréments d'animaux sauvages, d'élevage ou de compagnie. La contamination fécale par les animaux peut avoir lieu aussi bien sur les toits, dans les gouttières ou les bacs de rétention. Les toitures peuvent aussi être souillées par des fientes d'oiseaux, vecteurs de bien des bactéries dont *Salmonella* et *Campylobacter*. Selon Evans *et al.* (2007), une part importante de la contamination serait due aux particules et micro-organismes déposés sur les toits par le vent. **Cette contamination serait donc dépendante de la vitesse et de la direction du vent.**

Dans le cas des indicateurs fécaux, pour deux sur trois d'entre eux, à savoir *E. coli* et les Entérocoques, les études montrent que la qualité est proche de celle de l'eau potable. Souvent, les analyses indiquent une absence de contamination fécale, mais il arrive de retrouver ces bactéries à des concentrations pouvant aller jusqu'à respectivement 9200 UFC/100mL et 32000 UFC/100mL (Chapman *et al.*, 2008). Ces résultats semblent fortement dépendants des sites des études. Ils ont été obtenus lors d'une étude à Canberra (Australie) lors d'un événement pluvieux suivant une période de sécheresse. Les forts taux de bactéries retrouvés indiquent une contamination fécale récente, ainsi que la possible présence de pathogènes lorsque l'eau est stockée.

Des parasites tels que *Cryptosporidium* ou *Giardia* ont également été retrouvés (de l'ordre de 70 UFC/100L et 3 UFC/100L) (Crabtree *et al.*, 1996). Leur présence pourrait être due au passage de rongeurs et certains insectes, qui peuvent être porteurs de nombreuses maladies humaines.

Bibliographie

- Albrechtsen H.J., (2002). "Microbiological investigations of rainwater and graywater collected for toilet flushing". *Water Science and Technology*, 46(6-7), 311-6.
- Appan A. (1997). "Roof water collection systems in some Southeast Asian countries: status and water quality levels." *J. R. Soc. health*, 117, 319-323.
- Boller M. (1997). "Tracking heavy metals reveals sustainability deficits of urban drainage systems." *Water Science and Technology*, 35(9), 77-87.
- Chang M., McBroom M.W., and Beasley R.S. (2004). "Roofing as a source of nonpoint water pollution." *Journal of Environment Management*, 73, 307-315.
- Crabtree R.D., Ruskin R.H., Shaw S.B., and Rose J.B. (1996). "The detection of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in cistern water in the US Virgin Islands." *Water Research*, 30(1), 208-216.
- CSTB. "Récupération et utilisation de l'eau de pluie dans les opérations de construction - Retours d'expériences et recommandations." CSTB- ARENE.
- Davis A.P., Shokouhian M., and Ni S. (2001). "Loading estimates of lead, copper, cadmium, and zinc in urban runoff from specific sources." *Water Science and Technology*, 33(6), 39-48.
- Evans C.A., Coombes P.J., and Dunstan R.H. (2006). "Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater." *Water Research*, 40, 37-44.
- Evans CA, Coombes PJ, and Dunstan RH. (2006). "Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater." *Water Research*, 40, 37-44.
- Förster J. (1996). "Patterns of roof runoff contamination and their potential implications on practice and regulations of treatment and local infiltration." *Water Science and Technology*, 33(6), 39-48.
- Ghanayem M. "Environmental considerations with respect to rainwater harvesting." *Proceeding of 10th International Rainwater Catchment Systems Conference*, Weikersheim, Germany, 167-171.
- Gromaire M.C., Garnaud S., Saad M., and Chebbo G. (2001). "Contribution of different source to the pollution of wet weather flows in combined sewers." *Water Research*, 35(5), 521-533.
- Johnen L., and Kügler D. "L'utilisation de l'eau de pluie et l'hygiène." A. T. C. Ltd., ed., Bordeaux, France.
- May S., and Prado R.T.A. (2006). "Experimental evaluation of rainwater quality for non-potable applications in the city of Sao Paulo, Brazil." *Urban Water Journal*, 3(3), 145-151.
- Meera V., and Mansoor Ahammed M. (2006). "Water quality of rooftop rainwater harvesting systems: a review." *Journal of Water Supply Research and Technology-AQUA* 55(4), 257-268.
- Metre V.P.C., and Mahler B.J. (2003). "The contribution of particles washed from roof tops to contaminant loading to urban streams." *Chemosphere*, 52, 1727-1741.
- Moillon R., Gonzalez A., Chebbo G., and Thevenot D.R. (2002). "Determination of aliphatic hydrocarbons in urban runoff samples from "Le Marais" experimental catchment in Paris." *Water Research*, 36, 1275-1285.
- Moll B. (1990). "Fachliche Berichte der HWW 2." Regenwassernutzung, Hambourg.
- Oosterholt F., Martijnse G., Medema G., and Van der Kooij D. (2007). "Health risk assessment of non-potable domestic water supplies in the Netherlands." *Journal of water supply Research and Technology. AQUA*, 56(3), 171-179.
- Plazinska A. "Microbial quality of rainwater in selected indigenous communities in Central Australia." *Proceedings of 10th International Rainwater Catchment Systems Conference*, Weikersheim, Germany, 129-132.
- Pushpangadan K., and Sivanandan P.K. "Technology, quality and cost of water from DRWH - a case study in Kerala, India." *Proceedings of rainwater harvesting conference*, New Delhi, India, E3.1-E3.9.
- Sazakli E., Alexopoulos A., and Leotsinidis M. (2007). "Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece." *Water Research*, 41(9), 2039-2047.
- Simmons G., Hope V., Lewis G., Whitmore J., and Gao W. (2001). "Contamination of roof-collected rainwater in Auckland, New-Zealand." *Water Research*, 35, 1518-1524.
- Uba B.N., and Aghogho O. (2000). "Rainwater quality from different roof catchments in the Port Hartcourt District, Rivers State, Nigeria." *Journal of Water Supply Research and Technology*, 28(3-4), 291-299.

- Vasudevan P., Tandon M., Krishnan C., and Thomas T. "Bacterial quality of water in DRWH." *Proceeding of 10th International Rainwater Catchment Systems Conference*, Weikersheim, Germany, 153-155.
- WHO. "Draft text - Rainwater harvesting."
http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/rainwater.pdf 08/11/07
- Yaziz M.I., Guntung H., Sapari N., and Zolan J. (1989). "Variations in rainwater quality from roof catchments." *Water Research*, 19(6), 741-746.
- Zobrist J., Muller S.R., Ammann A., Bucheli T.D., Mottier V., Ochs M., Schoenenberger R., Eugster J., and Boller M. (2000). "Quality of roof runoff for ground water infiltration." *Water Research*, 34(5), 1455-1462.

Autres publications d'intérêt non citées dans le texte :

- Abbott S.E., Douwes J., and Caughley B.P. "A survey of the microbiological quality of roof-collected rainwater of private dwellings in New Zealand." *Water 2006 International Conference*, Auckland, New Zealand.
- Dillaha T.A., and Zolan W.J. (1985). "Rainwater catchment water quality in micronesia." *Water Research*, 19(6), 741-746.
- Fewtrell L., and Kay D. (2007). "Microbial quality of rainwater in developed countries: a review." *Urban Water Journal*, 4(4), 253-260.
- Handia L. (2005). "Operational paper Comparative study of rainwater quality in urban Zambia." *Journal Of Water Supply Research and Technology - AQUA*, 54(1), 55-64.
- Hollander R.H., Bullerman M., Gross C., Hartung H., König K., Lucke F.K., and Nolde E. (1996). "Microbiological public health aspects in the use of rain water as water reservoirs for toilet flushing, garden irrigation and laundry." *Gesundheitswesen*, 58(5), 288-93.
- Isnard L. (2006). "La récupération des eaux pluviales en France - Etat des lieux pour une approche de la ville durable," Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- Lye D.J. (2002). "Health risks associated with consumption of untreated water from household roof catchment systems." *Journal of the American Water Resources Association*, 38(5), 1301-1306.
- Martinson B.D., and Thomas T. "Quantifying the first-flush phenomenon."
- Pinfold J.V., Horan N.J., Wirojanagud W., and Mara D. (1993). "The bacteriological quality of rainwater in rural northeast thailand." *Water Research*, 27(2), 297-302.

