



HAL
open science

Les enjeux de l'évolution du contrôle de la qualité des eaux des petites et moyennes unités de distribution

Hardiesse Bessonneau, Fleur Chaumet, Benoit Roig, Olivier Thomas, Estelle
Baurès

► **To cite this version:**

Hardiesse Bessonneau, Fleur Chaumet, Benoit Roig, Olivier Thomas, Estelle Baurès. Les enjeux de l'évolution du contrôle de la qualité des eaux des petites et moyennes unités de distribution. Cahiers de l'Association scientifique européenne pour l'eau et la santé, 2011, 16 (1), pp.7-15. 10.1051/asees/2011203 . hal-01663936

HAL Id: hal-01663936

<https://hal.science/hal-01663936>

Submitted on 2 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les enjeux de l'évolution du contrôle de la qualité des eaux des petites et moyennes unités de distribution

Hardiesse BESSONNEAU, Fleur CHAUMET, Benoît ROIG, Olivier THOMAS* et Estelle BAURES

Laboratoire d'Étude et de Recherche en Environnement et Santé (LERES), École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP), Avenue Professeur Léon Bernard, 35043 Rennes, France

*Auteur de correspondance : Olivier Thomas, olivier.thomas@ehesp.fr

Résumé – En France, les petites et moyennes unités de distribution d'eau destinée à la consommation humaine sont majoritaires en nombre bien que n'alimentant qu'environ 10 % de la population. Comme les autres unités de distribution, elles sont sujettes à un programme de contrôle de la qualité de l'eau, fait par les autorités sanitaires, qui définit les fréquences de prélèvements et les paramètres à analyser selon les caractéristiques des installations et les populations desservies. Ce programme ne tient pas compte des événements climatiques (fortes pluies, inondations, sécheresses), qui pourtant constituent un enjeu de santé publique important puisqu'ils favorisent l'introduction de contaminants chimiques et microbiologiques dans les eaux de surface et les nappes phréatiques, induisant des risques à court et à long terme pour la santé des populations. En complément du contrôle sanitaire, l'autocontrôle proposé pour les exploitants, pourrait intégrer les situations à risques, conformément à la démarche d'évaluation et de gestion des risques tout au long du cycle de production d'eau jusqu'au robinet du consommateur prévue dans la mise en œuvre des *Water Safety Plans*. La détection précoce de paramètres susceptibles d'altérer la qualité de l'eau par des techniques simples et rapides qui prennent en compte les contraintes financières et techniques de ces unités de distribution, permettrait d'améliorer la maîtrise des risques sanitaires. L'estimation du risque microbiologique et chimique par des méthodes telles que la mesure de turbidité, la spectrophotométrie, la mesure de conductivité permettent de s'adapter aux changements rapides de la qualité de l'eau induits par les événements climatiques et de maximiser ainsi l'efficacité des procédés de traitement et les activités d'exploitation de la station de traitement.

Mots-clés : Contrôle qualité de l'eau, eau consommation humaine, petite et moyenne unités de distribution, événement climatique

Abstract – In France, approximately ninety percent of drinking water facilities are small and medium water systems supplying around ten percent of the population.

The water quality monitoring program implemented by the sanitary authorities defines the sampling frequency and parameters to be measured regarding the facilities characteristics climatic events (heavy rains, floods, droughts). For example the water quality produced by small systems is monitored between once a year and every five years depending of the population supplied without consideration of weather.

However, these climatic events constitute a big public health issue because chemical and microbiological contaminants may enter surface waters or aquifers leading to potentially short or medium term risks for human health.

Complementary to the sanitary water quality monitoring of resources and drinking waters, the self monitoring of water carried out by the water supply system manager, could be modified in order to integrate at risk situations in the frame of the water safety plans approach proposed by WHO. The early detection of simple, rapid and relevant parameters indicators of water quality safety with respect to the financial frame of small and medium water supply systems could improve the management of sanitary risks.

For risks assessment the measurement of turbidity, correlated with the presence of pathogens, of conductivity for minerals dilution or concentration, and spectrophotometry UV giving parameters estimation and substances detection, must be considered. This monitoring approach could be very useful for adaptation to rapid changes in water quality linked to climatic events and to maximize the efficiency of treatment processes and of the general functioning of the treatment plant.

Keywords: Water quality control, monitoring, drinking water small and medium water system, climate event

1. INTRODUCTION

Dans les sociétés développées, des investissements importants en matière de gestion des ressources en eau, de traitement des eaux usées et potables de même que le contrôle de la qualité ont permis l'éradication progressive des grandes épidémies d'origine hydrique. Malgré ces efforts, les petites et moyennes unités de distribution d'eau, pourtant majoritaires dans plusieurs pays dont la France, rencontrent des difficultés à distribuer une eau de bonne qualité (OMS, 2011). Les moyens financiers, les contraintes techniques et opérationnelles sont autant d'obstacles qui rendent ardue la gestion de l'eau.

Dans ce contexte, la Commission Européenne a entrepris en 2003 la révision de la directive « eau potable » ou DEP (Directive 98/83/CE) qui définit pour les Etats membres un cadre réglementaire sanitaire pour la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. L'objectif de cette révision était de revoir les normes de qualité d'eau potable et d'y intégrer le concept d'évaluation et de gestion des risques tout au long du cycle de production d'eau jusqu'au robinet du consommateur initiée par l'Organisation Mondiale de la Santé sous la terminologie de « Water Safety Plans » (Bartram *et al.*, 2010). L'épilogue de ce processus a été d'abandonner la révision de la directive, avec toutefois des recommandations importantes sur l'amélioration de la gestion des petites et moyennes unités de traitement, car plus de 33 % de ces dernières sont en situation de non-conformité par rapport aux limites fixées par la réglementation (DG Env., 2011). La Commission préconise ainsi une approche de gestion des risques fondée sur un contrôle efficace de la qualité des eaux distribuées par ces unités de traitement.

Par ailleurs, depuis quelques années, la notion de risque émergent dans le domaine de l'eau et la question de l'impact du changement climatique sont apparus avec une importance croissante dans différentes manifestations. Il ressort que les changements climatiques ont déjà un impact quantitatif et qualitatif sur la ressource en eau.

Ce travail consiste, en intégrant l'impact des événements climatiques sur la qualité de l'eau, à préciser les risques encourus par les populations desservies par une eau dont la ressource est dégradée et susceptible de véhiculer de multiples agents toxiques chimiques et/ou microbiologiques, et à proposer une meilleure stratégie de contrôle de la qualité de l'eau des petites et moyennes unités qui permette de maîtriser des risques sanitaires par la détection précoce de paramètres susceptibles d'altérer la qualité de l'eau y compris lors d'événements climatiques (fortes pluies et sécheresse).

2. PROBLÉMATIQUE DES PETITES ET MOYENNES UNITÉS DE DISTRIBUTION D'EAU DESTINÉE À LA CONSOMMATION HUMAINE

2.1. Caractérisation des unités de distribution et contrôle de la qualité de l'eau

En France, les eaux d'alimentation sont en majorité issues de nappes phréatiques (67%) (Direction Générale de la Santé DGS, 2008) dont 30 % représente des eaux karstiques (Beaudeau *et al.*, Invs 2010). Par voie de conséquence, un tiers des eaux d'alimentation provient de ressources de surface.

La distribution de l'eau s'organise en unités de distribution (UDI) qui correspond à une zone géographique déterminée où les eaux proviennent d'une ou plusieurs sources et à l'intérieur de laquelle la qualité de l'eau est réputée homogène (DGS, 2008). Elle comprend la ressource, la station de traitement et le réseau de distribution (public et/ou privé). La ressource est soit d'origine souterraine, soit d'origine superficielle. L'eau est traitée afin de répondre à certains critères de qualité pour être destinée à la consommation humaine.

Ces exigences de qualité sont fixées par l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine. Une petite UDI est une unité desservant une population comprise entre 50 et 5 000 habitants. Ces structures représentent en France plus de 90 % des 26 000 UDI et alimentent près de 10 % de la population (DGS, 2008). Une moyenne UDI dessert de 5 000 à 10 000 habitants, et une grande, plus de 10 000 habitants. Les traitements mis en œuvre se complexifient avec la taille de l'UDI et la nature de la ressource (eau souterraine ou eau de surface), l'eau distribuée par les petites et moyennes unités est souvent traitée par des procédés physiques simples tels que la filtration et la désinfection (DGS, 2008).

Un suivi permanent, destiné à garantir la sécurité sanitaire de l'eau alimentaire, a été mis en place en France par les autorités sanitaires. Le code de la santé publique, en ses articles L. 1321-1 à L. 1321-10 et R. 1321-1 à R. 1321-66, transpose la DEP et comprend des dispositions visant à améliorer la sécurité sanitaire des eaux de distribution publique. Parmi celles-ci, figurent les modalités relatives au suivi sanitaire des eaux. Deux types de contrôle sont réalisés : le contrôle officiel (c'est-à-dire le contrôle sanitaire) organisé par les Agences Régionales de Santé (ARS) et l'autocontrôle effectué par la personne responsable de la production ou de la distribution d'eau (PRPDE). Ce dernier doit être établi en fonction des dangers identifiés (Article L. 1321-4 du code de la santé publique).

Tableau I. Programme de prélèvement et d'analyse dans le cadre du contrôle sanitaire pour les petites et moyennes unités de distribution (adapté de l'annexe II de l'arrêté du 11 janvier 2007).

Table I. *Sampling schedule and analysis program of water sanitary control for small and medium supplies (adapted from the decree of January 11, 2007: Annex II).*

À la ressource		Fréquence annuelle			
Débit (m ³ /jour)		RP*	RS*		
>10		0,2**	0,5		
10 à 99		0,2	1		
100 à 1 999		0,5	2		
2 000 à 5 999		1	3		
Aux points de mise en distribution et d'utilisation		Fréquence annuelle			
Population desservie (hab)	Débit (m ³ /jour)	P1***	P2	D1	D2
0 à 49	0 à 9	1	0,1/0,2	2/4	0,1/0,2
50 à 499	10 à 99	2	0,2/0,5	3/4	0,2/0,5
500 à 1 999	100 à 399	2	1	6	1
2 000 à 4 999	400 à 999	3	1	9	1
5 000 à 14 999	1 000 à 2 999	5	2	12	2

** 0,1 ; 0,2 et 0,5 : fréquence d'analyses respectivement une tous les 10 ans, tous les 5 ans et tous les 2 ans.

*** Les analyses de type P2 et D2 donnent des informations sur l'ensemble des paramètres spécifiés dans la réglementation et sont à réaliser respectivement en complément des analyses de type P1 et D1 qui sont des analyses dites simplifiées (analyses de routine) qui ne renseignent que sur la qualité microbiologique et organoleptique ainsi que sur l'efficacité du traitement mis en place.

Pour chaque unité de distribution, le programme de mesures du contrôle sanitaire définit les fréquences de prélèvements et les paramètres à analyser selon les caractéristiques des installations (débit des captages et des stations de traitement, populations desservies) (tab. I). Les prélèvements d'eau sont réalisés, d'une part, dans les ressources en eau (ressource souterraine et ressource superficielle respectivement RP et RS) pour vérifier l'éventuelle présence de polluants et l'adéquation entre la qualité de l'eau brute à traiter et l'efficacité du traitement mis en place et, d'autre part, au point de mise en distribution qui correspond à la sortie des installations de traitement d'eau et d'utilisation au robinet du consommateur (respectivement P et D).

Les différentes surveillances (contrôle sanitaire et auto-contrôle) sont utilisées pour contrôler la qualité de l'eau vis-à-vis des exigences réglementaires (limites et références de qualité¹) (DGS, 2008), mais peuvent être également utiles

¹ « **Les limites de qualité** portent sur des paramètres qui, lorsqu'ils sont présents dans l'eau, sont susceptibles de générer des effets immédiats ou à plus long terme sur la santé. **Les références de qualité** concernent des substances sans incidence directe sur la santé aux teneurs habituellement observées dans l'eau, mais qui peuvent mettre en évidence une présence importante d'un paramètre au niveau de la ressource et/ou un dysfonctionnement des stations de traitement ; elles peuvent aussi être à l'origine d'inconfort ou de désagrément pour le consommateur. » (DGS, 2008)

pour le dimensionnement des stations de traitement (qui tient compte notamment des valeurs maximales observées sur une série de mesures). Mais, ces données ne permettent pas de caractériser les conditions extrêmes (fortes pluies, inondations et sécheresses) susceptibles de faire varier la qualité de la ressource.

2.2. Principales causes de non-conformité

Selon le bilan qualité de l'eau potable en France entre 2005-2006, la qualité de l'eau est liée à la taille de l'UDI (DGS, 2008) et près de 80% des résultats non conformes, essentiellement d'origine microbiologique, proviennent des unités de distribution desservant moins de 500 habitants.

Les causes de ces non-conformités peuvent être liées à des incidents survenus sur les UDI (Beaudeau *et al.*, 2008) propres au fonctionnement de la station de traitement ou du réseau de distribution (pannes de chloration, par exemple) ou d'autres causes d'origine environnementale (inondation par exemple) (INVS, 2000 ; 2001 ; Beaudeau *et al.*, 2010).

Par ailleurs, un exemple de recensement de dangers pouvant survenir sur la ressource (superficielle ou souterraine) a permis de mettre en évidence les événements météorologiques, les régimes climatiques et les variations saisonnières comme étant la première cause de danger sur la ressource (Bartram *et al.*, 2010).

Tableau II. Synthèse de quelques épidémies d'origine hydrique survenues suite à des événements climatiques.**Table II.** *Waterborne outbreaks review occurred due to climatic events.*

Lieu et année de survenue de l'épidémie	Nombre de cas	Agents	Causes	Conséquences	Références
Milwaukee - État de Wisconsin (USA) 1993	54 décès et 403 000 malades	Cryptosporidium	Fortes pluies	Contamination de la rivière alimentant la station de traitement d'eau de la ville	Hoxie <i>et al.</i> , 1997 ; MacKenzie <i>et al.</i> , 1994
État de New York (USA) en septembre 1999	Epidémie dans une fête foraine	E. coli O157 :H7	Précipitations abondantes après une période de sécheresse	Contamination de l'eau souterraine utilisée pour l'alimentation en eau potable	Patz <i>et al.</i> , 2000
Walkerton - Canada en mai 2000	7 décès et 4300 malades	E. coli O157 :H7 Campylobacter jejuni	Fortes pluies	Contamination de l'eau du forage utilisée pour l'alimentation en eau potable	Heather <i>et al.</i> , 2004
Apprieu - Isère France en 2002	2000 cas cliniques de gastroentérites aiguës dont plus de 150 enfants	Norovirus I et II	Fortes pluies - débordement de la station d'épuration	Inondation et contamination de l'eau du forage	Beaudeau <i>et al.</i> , 2008

3. ENJEUX LIÉS AUX ÉVÉNEMENTS CLIMATIQUES

3.1. Tendances et réalités

Actuellement, les spécialistes de modélisation du climat s'accordent à penser que le climat mondial connaît une évolution notable (Griffiths *et al.*, 2003 ; Herath et Ratnayake, 2004 ; Peterson *et al.*, 2002) qui n'est cependant pas uniforme selon les régions (GIEC, 2008). De plus, les projections de température ainsi que les modèles de précipitations donnent des réponses parfois contradictoires dans certaines régions. Malgré ces incertitudes, la tendance générale est un réchauffement accompagné de changements dans les schémas hydrologiques avec l'augmentation de la fréquence des épisodes extrêmes (GIEC, 2008). La projection de l'évolution des pluies est très difficile pour des régions comme l'Europe pour laquelle deux tendances opposées sont évoquées avec un accroissement au nord et une diminution au sud.

Bien que non totalement confirmés actuellement, les événements climatiques extrêmes comme les sécheresses, les fortes pluies et les tempêtes devraient se produire plus fréquemment. En particulier, l'analyse de séries quotidiennes de données de Météo France (Météo France, 2011) montre une tendance à la hausse de la fréquence d'épisodes pluvieux (Dandin, 2006).

Cette tendance est d'autant plus inquiétante que plusieurs événements mettant en cause des pluies excessives ont été observés dans un passé récent concernant la survenue de maladies à travers le transport des bactéries, des virus ou des parasites dans les systèmes d'alimentation d'eau

potable (Alterholt *et al.*, 1998 ; Curriero *et al.*, 2001 ; Lisle et Rose, 1995 ; MacKenzie *et al.*, 1994 ; Patz *et al.*, 2000 ; Rose *et al.*, 2000) (tab. II).

De plus, une étude menée par Curriero *et al.* (2001) aux États-Unis, sur 548 foyers épidémiques, entre 1948 et 1994, a montré une association significative entre les fortes pluies et l'apparition des maladies d'origine hydrique. Une étude similaire a été réalisée en Angleterre et au pays de Galles sur 89 épidémies, et une association significative a été décrite entre le cumul de fortes pluies et l'apparition de pathologies hydriques (Nichols *et al.*, 2009).

3.2. Impact des événements climatiques sur la qualité de la ressource en eau

Alors que les impacts du changement climatique sur la quantité d'eau sont aujourd'hui largement reconnus et documentés (exemple Middelkoop *et al.*, 2001 ; Pfister *et al.*, 2004), les impacts sur la qualité de l'eau sont moins connus.

Outre les conséquences en termes d'épidémies hydriques (Beaudeau *et al.*, 2011), quelques études se sont toutefois intéressées à la contamination chimique en évaluant les effets des fortes pluies et des sécheresses sur la qualité des masses d'eau. Ces études offrent des perspectives intéressantes, notamment pour la mise en évidence de situations de vulnérabilité et la prise en compte de certains paramètres dans les futurs plans de gestion.

• Ressource en eau de surface

Les événements climatiques peuvent entraîner des changements importants dans les facteurs qui influent sur la

qualité microbiologique mais aussi physico-chimiques des eaux de surface. Lors des sécheresses, la hausse de la température de l'eau influe sur les processus biogéochimiques et écologiques qui déterminent la qualité de l'eau (Soh *et al.*, 2008). Il peut en résulter notamment une réduction de la teneur en oxygène dissous du fait de l'augmentation de la l'activité biologique, phénomène davantage marqué dans les couches profondes dans les lacs, qui peut produire une stratification verticale affectant le cycle des éléments nutritifs (azote et phosphore) et contribuant ainsi à l'eutrophisation (Van Vliet *et al.*, 2008 ; Zwolsman *et al.*, 2007) et au risques de blooms algaux. Les phénomènes d'étiages beaucoup plus prononcés du fait de l'augmentation de l'évapotranspiration, contribuent à la concentration de composés dans les masses d'eau (Van Vliet *et al.*, 2008 ; Zwolsman *et al.*, 2007).

Lors des inondations et des événements de précipitations forts ou extrêmes, l'intensité et la fréquence augmentent la charge en microorganismes pathogènes et en polluants (matières organiques, nutriments, substances dangereuses² ...). Cette contamination est généralement due au lessivage des sols, aux trop-pleins des eaux usées et aux débordements des réseaux d'égouts dans les plans d'eau (Casadio *et al.*, 2010). Au-delà des phénomènes de transport de polluants, le brassage des eaux lors d'épisodes pluvieux influe sur la distribution et la mobilité des substances dans les systèmes d'eau douce (Delpla *et al.*, 2009 ; 2011).

La Bretagne est l'une des régions où la ressource en eau est essentiellement superficielle, la nature du sous-sol étant peu propice à l'existence de nappes productives Il en résulte que 80 % des eaux brutes sont prélevées dans les eaux de surface (Observatoire eau Bretagne, 2011) Par ailleurs, pour pallier la sévérité des étiages de certains cours d'eau ou au contraire assurer l'écêtement des pointes de crue, la région a mis en place des retenues d'eau superficielles pour l'alimentation en eau potable (DGS, 2008 ; Observatoire eau Bretagne, 2011). La vulnérabilité de ces ressources aux événements climatiques est donc particulièrement accrue dans ce cas (Pascal, 2010).

Toujours en Bretagne, une étude de données historiques de qualité d'eau a été faite pour 3 points de captage de petites unités de traitement, l'objectif étant d'étudier l'influence des variations hydrologiques sur la qualité de l'eau. Cette étude a montré une augmentation des concentrations en carbone organique total avec l'accroissement des dé-

² « Substances dangereuses : substances ou groupes de substances qui sont toxiques, persistantes et bioaccumulables, et autres substances ou groupes de substances qui sont considérées, à un degré équivalent, comme sujettes à caution » selon l'article 2 de la Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000, établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (J.O., L. 327 du 22.12.2000)

bits. Le lessivage des sols lors d'épisodes pluvieux entraîne un relargage rapide de la matière organique et des nitrates dans l'eau. Toutefois, un comportement différent est observé pour les nitrates dont la concentration se stabilise à partir d'un certain seuil de débit (Delpla *et al.* 2011).

• Ressource en eau souterraine

La recharge des aquifères se faisant en période de forte pluviométrie et de température plutôt basse, les changements dans la distribution des précipitations peuvent modifier la disponibilité en eau dans la nappe. Outre cette variation quantitative, l'effet négatif des événements climatiques sur la qualité de l'eau souterraine est presque uniquement la contamination par inondation des points de pompage mal protégés. Cependant en zone karstique où les eaux bénéficient d'une très faible protection naturelle, la modification des précipitations va affecter la qualité étant donné que les eaux polluées circulent dans le système karstique sans filtration importante. Dans ce cas, les eaux karstiques peuvent être contaminées par polluants provenant des parcelles cultivées (composés organiques, pathogènes, pesticides ...) ou des eaux usées. Leur pénétration dans la nappe *via* ces systèmes karstiques engendre des crues turbides qui exigent la mise en œuvre d'étape de clarification (Beaudeau *et al.*, 2010), dont sont encore dépourvues les petites unités de traitement (capacité de traitement inférieur à 2 000 m³/j) (DGS, 2008 ; Pascal, 2010).

Sachant qu'en France, 30 % du territoire est occupé par de tels aquifères (Beaudeau *et al.*, 2010), le risque de contamination microbiologique est exacerbé. Une centaine de millimètres de précipitations en plus chaque année accroît le risque de pollution de l'eau souterraine de 28 à 37 % dans les régions karstiques (Beaudeau *et al.*, 2010).

3.3. Typologie des risques sanitaires associés aux événements climatiques et proposition d'une gradation relative du risque sanitaire

Selon l'OMS, « le moyen le plus efficace pour garantir en permanence la sécurité sanitaire de l'approvisionnement en eau de boisson consiste à appliquer une stratégie générale d'évaluation et de gestion des risques, couvrant toutes les étapes de l'approvisionnement en eau, du captage au consommateur » (Bartram *et al.*, 2010). L'OMS a donc proposé une approche des démarches de gestion préventives des risques (Water Safety Plans) basée sur des démarches telles que :

- la méthode HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) qui repose sur deux principes que sont une analyse de risque et une détermination des points critiques

Tableau III. Proposition de gradation relative du risque sanitaire selon le type de ressource en eau.

Table III. *Proposed classification on the health risk by type of water resource.*

		Eaux de surface	Eaux souterraines non karstiques	Eaux karstiques
Risque primaire microbiologique	Pathogènes	+++	+	+++
	Toxines algales, cyanotoxines	+++	-	-
Risque primaire chimique	Matière organique, micropolluants (substances toxiques, ions, métaux ...)	+++	+	++
Risque secondaire chimique	Sous-produits de désinfection	+++	-	+

+++ : risque considéré comme très élevé - *Very high risk*. ++ : risque considéré comme élevé - *High risk*.

+ : risque faible - *Low risk*.

- : risque peu probable ou nul - *Very low risk*.

qui pourraient entraîner une contamination du produit final (FAO - OMS, 1996);

- la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) qui permet de quantifier et de hiérarchiser les risques potentiels après les avoir recensés (Direction générale de la santé, 2007);
- la norme ISO 22000 (systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires) qui facilite, pour les acteurs concernés, la mise en œuvre harmonisée du système HACCP en lui adjoignant un caractère normatif (ISO, 2011).

Les *Water Safety Plans* ainsi décrits reposent sur cinq étapes (Bartram *et al.*, 2010) : (i) la préparation : il s'agit de la constitution d'une équipe compétente pour mettre en place un plan de gestion; (ii) une évaluation du système qui comprend entre autres la description du réseau, l'identification des dangers et des situations à risque, étape sur laquelle va reposer la stratégie de contrôle proposée; (iii) la surveillance opérationnelle qui définit les modalités pour le suivi des mesures prises et la vérification de l'efficacité du plan; (iv) les procédures de gestion et de communication, et (v) le retour d'expérience.

Pour l'identification de situations à risque, il faut recenser tous les événements qui peuvent survenir tout au long du cycle de production de l'eau et définir la ou les zones concernée(s). La caractérisation de ces situations doit se faire en prenant en compte l'occupation du territoire (activités agricoles et d'élevages, zones urbaines ou industrielles, ...) mais aussi en se projetant dans les conditions hydroclimatiques extrêmes (sécheresse, fortes pluies, inondations). Ces conditions peuvent être définies à partir de données historiques de qualité de l'eau et de débit (dans le cas d'un cours d'eau) ou de pluviométrie (si possible), si elles sont disponibles.

Dans ce contexte, il est proposé de caractériser les risques et de les hiérarchiser en distinguant deux types de

risque : un risque à court terme, dit « primaire » et un risque à moyen, long terme, dit « secondaire ».

Le risque primaire est essentiellement microbiologique et donc infectieux. Il est issu de l'exposition aux différents pathogènes susceptibles d'être présents dans les eaux lors de contamination générées par des événements météorologiques. Selon l'OMS, ce risque est le plus généralisé et le plus préoccupant, y compris dans les pays développés (OMS, 1996). Il peut également être chimique dans le cas où la ressource dégradée ne subit pas ou peu de traitement.

Le risque secondaire est généralement chimique. Il résulte de la présence de produits de transformation suite aux traitements que subit l'eau dans la station, comme par exemple les sous-produits de chloration. Si la production de ces sous-produits est très limitée en situation normale grâce au dosage optimal des réactifs (coagulant et chlore notamment), le surdosage est fréquent en cas de crues turbides. Ceci concerne particulièrement les petites unités de traitement pour lesquelles la population locale se retrouve ainsi exposée à plus ou moins long terme aux sous-produits de désinfection (Davison A. *et al.*, 2005; Pascal, 2010) (tab. III).

Ce tableau souligne la vulnérabilité plus importante des eaux de surface et, dans une moindre mesure, des eaux karstiques, liée aux pressions exercées par les événements climatiques. Ceci implique la nécessité de prendre en compte ces événements dans la mise en place d'une stratégie de contrôle de la qualité de l'eau.

4. VERS UNE ÉVOLUTION DE L'AUTOCONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU DES PETITES ET MOYENNES UNITÉS DE DISTRIBUTION

L'autocontrôle est le contrôle défini par la personne responsable de la production et de la distribution de l'eau

(PRPDE). Il complète le contrôle officiel et permet à l'exploitant de suivre la qualité de l'eau tout au long de la filière de traitement. Contrairement au contrôle officiel, le programme d'analyses n'est pas spécifié dans la réglementation, ce qui laisse à l'exploitant une certaine marge de manœuvre. La réglementation prévoit tout de même que les analyses réalisées par l'exploitant peuvent se substituer aux analyses du contrôle sanitaire (code de santé publique article L. 1321 et suivants modifié par l'arrêté du 21 novembre 2007). La pratique actuelle du contrôle de la qualité de l'eau des petites et moyennes unités de distribution est de constituer un prélèvement ponctuel d'eau qui est ensuite analysé en laboratoire. Selon la localisation du point et compte tenu du type d'échantillonnage et de la qualité variable de l'eau, la pertinence de ce protocole reste à démontrer du point de vue de la représentativité de l'échantillon. En particulier si l'on veut prendre en compte les situations à risque, il faut évidemment que le contrôle soit fait pendant les périodes d'événements climatiques extrêmes. Le contrôle idéal est un suivi en continu de certains paramètres à la prise d'eau avec des dispositifs d'alarme qui permettrait de mieux caractériser cette variabilité spatio-temporelle et les risques associés. Ces techniques sont d'autant plus importantes pour les petites unités de traitement qui sont plus vulnérables à tout changement dans la qualité de la ressource (Roig *et al.*, 2011). Pour répondre aux contraintes des petites unités de distribution et notamment aux moyens financiers et humains qui leur sont dédiés par la PRPDE, le choix de systèmes automatiques de mesure simples et rapides, telles que la turbidité et la conductivité, peut être une première solution envisageable. Si possible, l'usage d'un capteur UV augmenterait d'une manière importante les informations obtenues (Thomas et Burgess, 2007). Un échantillonneur asservi à la pluie (mesure par pluviomètre) ou au débit du cours d'eau (mesure limnimétrique) pourrait compléter utilement le dispositif de contrôle, au moins à titre temporaire autour des événements pluvieux, par exemple. La possibilité de transmission à distance des mesures serait un plus indéniable.

La turbidité étant liée à la présence de colloïdes et de particules en suspension peut permettre une estimation du risque microbiologique (Pascal, 2010), car il est établi que les microorganismes ont une tendance à s'adsorber sur les particules. Il faut tout de même noter que la mesure de turbidité est sujette à des interférences telles que la présence d'éléments minéraux (fer et manganèse) ou de fins colloïdes (argiles, par exemple). La conductivité permet l'estimation de la concentration globale en ions minéraux principalement. Sa variation par rapport à une situation normale peut renseigner sur la dilution (pluie) ou la concentration (sécheresse) de la ressource. Quant au spectre UV d'un échantillon d'eau, mesure de l'absorbance entre 200 et 350 nm, il permet d'obtenir des informations sur la qua-

lité globale de l'eau et sur la valeur de certains paramètres (carbone organique total, matières en suspension, ...) ou la concentration de certaines substances (nitrates, chlore actif, ...). Il permet également de détecter toute modification substantielle de la qualité de l'eau ainsi que la présence de certains micropolluants organiques tels que les composés aromatiques.

En l'absence de système de mesure en continu, la dynamique de pollution par temps de pluie étant plus rapide que lors des sécheresses, la stratégie de prélèvement doit être différente en fonction de la saison. L'idéal serait de disposer d'un préleveur automatique asservi à la pluviométrie afin de suivre l'impact de l'événement pluvieux et de mieux caractériser le risque.

5. CONCLUSION

Les enjeux de santé publique liés à la gestion de l'eau sont importants. Ils résident non seulement sur le plan quantitatif en termes de respect des exigences fixées par les réglementations internationales et nationales, mais aussi sur le plan qualitatif afin de délivrer à la population une eau qui, en toute circonstance, soit conforme et ne nuise pas à la santé. Le but du contrôle de la qualité de l'eau est donc de minimiser les risques infectieux ou toxiques apportés par l'eau. En cela, ce travail présente les nouveaux enjeux du contrôle de la qualité de l'eau des petites et moyennes unités de distribution alimentées par des ressources de surface. Il ne s'agit pas d'une démarche innovante mais d'une démarche dont le but est d'intégrer les événements climatiques comme contrainte non contournable exercée sur la ressource en eau et qu'il convient donc d'intégrer dans les plans de gestion de sécurité sanitaire de l'eau. Ceci est d'autant plus important que les recommandations du comité de révision de la directive eau potable mettent en évidence la difficulté pour ces unités de distribution à satisfaire aux exigences réglementaires, sans cependant tenir compte de l'impact des événements climatiques extrêmes pourtant objectivés par les *Water Safety Plans* de l'OMS.

Remerciements : Les auteurs tiennent à remercier Michel Clément, Professeur à l'École des Hautes Études en Santé Publique (EHESP) et chercheur au Laboratoire d'Étude et de Recherche en Environnement et Santé (LERES), pour son aide suggérant des améliorations pertinentes. Ils remercient également Ianis Delpla, doctorant au LERES pour la mise à disposition des données obtenues dans le cadre du projet ERA-NET sur « les Changements environnementaux et l'augmentation du COD : Implications en santé publique ».

RÉFÉRENCES

- Alterholt T.B., Le Chevalier M.W., Norton W.D., Rosen J.S., 1998. Effect of rainfall on giardia and crypto. *J. Am. Water Works Assoc.*, 90, 66–80.
- Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine (Legifrance, mai 2011). <http://www.legifrance.gouv.fr>, consulté le 2 mai 2011.
- Bartram J., Corrales L., Davidson A., Deere D., Drury D., Gordon B., Howard G., Rinehold A., Stevens M., 2010. Plans de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau. Manuel de gestion des risques par étapes à l'intention des distributeurs d'eau de boisson Genève : OMS – Organisation Mondiale de la Santé, *Intern. Water Assoc.*, 108 p.
- Beaudeau P., De Valk H., Vaillant V., Mannschott C., Tillier C., Mouly D., Ledrans M., 2008. Lessons learned from ten investigations of waterborne gastroenteritis outbreaks, France, 1998–2006. *J. Water Health*, 06. 4, 491–503.
- Beaudeau P., Le Tertre A., Zeghnoun A., 2010. Qualité de l'eau distribuée en ville basse du Havre et ventes des médicaments utilisés pour le traitement des gastro-entérites 1997-2000 : une étude écologique temporelle. *InVS*, 45 p.
- Beaudeau P., Valdes D., Mouly D., Stempfelet M., Seux R., 2010. Natural and technical factors in faecal contamination incidents of drinking water in small distribution networks, France, 2003–2004: a geographical study. *J. Water Health*, 08.1: 20–34.
- Beaudeau P., Pascal M., Mouly D., Galey C., Thomas O., 2011. Health risks associated with drinking water in a context of climate change in France: a review of surveillance requirements, *J. Water Clim. Change*, sous presse.
- Casadio A., Maglionico M., Bolognesi A., Artina S., 2010. Toxicity and pollutant impact analysis in an urban river due to combined sewer overflows loads. *Water Sci. Technol.*, 61, 1, 207–215.
- Code de la santé publique, Mai 2011 : Chapitre I^{er} du Titre II du Livre III relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles Articles L. 1321-1 à L. 1321-10 et R. 1321-1 à R. 1321-66 transposant la directive 98/83/CE (Legifrance, Mai 2011). <http://www.legifrance.gouv.fr>, consulté le 2 mai 2011.
- Curriero F.C., Patz J.A., Rose J.B., and Lele S., 2001. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948–1994. *Am. J. Public Health*, 91, 1194–1199.
- Dandin P., rapport Météo-France du Congrès de la FNCCR Bordeaux, sept. 2006, Évolution du climat et sécheresses, 2 p. (<http://www.fnccr.asso.fr/documents/DANDIN.pdf>) consulté le 22 mai 2011.
- Davison A., Howard G., Stevens M., Callan P., Fewtrell L., Deere D. et al., 2005. Water safety plans: managing drinking-water quality from catchment to consumer. Geneva - World Health Organization, 235 p.
- DG Env Décision comité de révision, février 2011. Meeting of the committee under Article 12 of Directive 98/83/EC (Directive of the European Parliament and of the Council of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption) Brussels, 22 February 2011. Ref: DG ENV.D2/HB D (2011).
- Delpla I., Jung A.-V., Baures E., Thomas O., 2009. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environ. Int.*, 35, 8, 1225–1233.
- Delpla I., Baures E., Jung A.V., Clement M., and Thomas O., 2011. Issues of drinking water quality of small scale water services towards climate change. *Water Sci. Technol.*, 63, 2, 227–232.
- Direction Générale de la Santé, 2007. Guide technique du Ministère de la Santé. Les systèmes d'alimentation en eau potable – Évaluer leur vulnérabilité, 106 p. (http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/guide_evaluation.pdf) consulté le 2 mai 2011.
- Direction Générale de la Santé, 2008. Rapport du Ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative. Bilan qualité de l'eau en France 2005–2006, 66 p. (http://www.eaufrance.fr/IMG/pdf/bilanqualite_05_06-3.pdf) consulté le 2 mai 2011.
- Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:FR:PDF>) consulté le 2 mai 2011.
- FAO – OMS, 1996. Report of the Twenty-Ninth Session of the Codex Committee on Food Hygiene, 49 p.
- GIEC, 2008. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) sur le changement climatique et l'eau. 237 p.
- Griffiths G.M., Salinger M.J., Leleu I., 2003. Trends in extreme daily rainfall across the South Pacific and relationship to the South Pacific Convergence Zone. *J. Climatol*, 23, 847–869.
- Heather A., MacIver D., Klaassen D., 2004. Heavy rainfall and waterborne disease outbreaks: the walkerton example. *J. Toxicol. Environ. Health, Part A*, 67, 1879–1887.
- Herath S. Ratnayake U., 2004. Monitoring rainfall trends to predict adverse impacts: a case study from Sri Lanka (1964–1993). *Global Environ. Change*, 14, 71–79.
- Hoxie N.J., Davis J.P., Vergeront J.M., Nashold R.D., Blair K.A., 1997. Cryptosporidiosis-associated mortality following a massive waterborne outbreak in Milwaukee, Wisconsin. *Am. J. Public Health*, 87, 2032–2035.
- INVS, 2000. Epidémie de Gastro-entérites à germes multiples liée à la consommation de l'eau de distribution Gourdon,

- Lot (46). Août - septembre 2000. 48 p. http://www.invs.sante.fr/publications/rap_gastro_gourdon_1101/gastro_rapport.pdf, consulté le 2 mai 2011.
- INVS, 2001. Epidémie de Gastro-entérites à cryptosporidium, Dracy-Le-Fort, Saône et Loire (71). 72 p. http://www.invs.sante.fr/publications/2003/gastro_enterites/rapport_gastro.pdf, consulté le 2 mai 2011.
- ISO, 2011 (<http://www.iso.org/iso/fr/pressrelease.htm?refid=Ref966>) consulté le 8 mai 2011.
- Lisle J.T., Rose J.B., 1995. Cryptosporidium contamination of water in the USA and UK: A minireview. *J. Water SRT-Aqua.*, 44, 103–117.
- MacKenzie W.R., Hoxie N.J., Proctor M.E., Gradus S., Blair K.A., Peterson D.E., Kazmierczak J.J., Addiss D.G., Fox K.R., Rose J.B., David J.P., 1994. A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *N. Engl. J. Med.*, 331, 161–167.
- Météo France, 2011 (<http://climatheque.meteo.fr/aide/climatheque/reseauPostes/>) consulté le 2 mai 2011.
- Middelkoop H., Daamen K., Gellens D., Grabs W., Kwadijk J.C.J., Lang H., Parmet B.W.A.H., Schädler B., Schulla J., Wilke K., 2001. Climatic change impact on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin. *Climatic Change*, 49, 105–128.
- Nichols G., Lane C., Asgari N., Verlander N.Q., Charlett A., 2009. Rainfall and outbreaks of drinking water related disease and in England and Wales. *J. Water Health*, 7, 1, 1–8.
- Observatoire eau Bretagne, 2011 (<http://www.observatoire-eau-bretagne.fr/Qualite-des-eaux/Eau-potable>) consulté le 2 mai 2011.
- OMS, 1996. Guidelines for Drinking-Water Quality - Second Edition - Volume 2 - Health Criteria and Other Supporting Information-International Programme on Chemical Safety. Geneva, 94 p.
- OMS, 2011. Small-scale water supplies in the pan-European region. Background. Challenges. Improvements; 2011, 48 p. (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/140355/e94968.pdf) consulté le 22 juin 2011.
- Pascal M., Mai 2010. Impacts sanitaires du changement climatique en France – Quels enjeux pour l’InVS ? Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, 54 p. (http://www.invs.sante.fr/publications/2010/impact_sanitaire_changement_climatique/impact_sanitaire_changement_climatique_rapport.pdf) consulté le 22 juin 2011.
- Patz J.A., McGeehin M.A., Bernard S.M., 2000. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: Executive summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. *Environ. Health Perspect.*, 108, 367–376.
- Peterson B.J., Holmes R.M., McClelland J.W., Vorosmarty C.J., Lammers R.B., Shiklomanov I.A. and Rahmstorf S., 2002. Increasing river discharge to the Arctic Ocean. *Science*, 298, 2172–2173.
- Pfister L., Kwadijk J., Musy A., Bronstert A., Hoffman L., 2004. Climate change, land use change and runoff prediction in the Rhine–Meuse basins. *River Res. and Applications*, 20, 229–241.
- Roig B., Delpla I., Baurès E., Jung A.V., Thomas O., 2011. Analytical issues for drinking water contamination monitoring related to short term intense rainy events. *TrAC, Trends Anal. Chem.* DOI: 10.1016/j.trac.2011.04.008.
- Rose J.B., Daeschner S., Easterling D.R., Curriero F.C., Lele S., Patz J.A., 2000. Climate and waterborne disease outbreaks. *J. Am. Water Works Assoc.*, 9, 77–87.
- Soh Y.C., Roddick F., Van Leeuwen J., 2008. The future of water in Australia: The potential effects of climate change and ozone depletion on Australian water quality, quantity and treatability. *Environmentalist*, 28, 158–165.
- Thomas O., Burgess C., 2007. UV-visible spectrophotometry for water and wastewater analysis. Elsevier, Amsterdam, 360 p.
- Van Vliet M.T.H., Zwolsman J.J.G., 2008. Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river. *J. Hydrol.*, 353, 1–17.
- Zwolsman J.J.G., Bokhoven A.J.V., 2007. Impact of summer droughts on water quality of the Rhine River - a preview of climate change? *Water Sci. Technol.*, 56, 4, 10.