

QUALITÉ DE L'EAU DES RÉSERVOIRS D'EAU POTABLE DES AVIONS DESSERVANT L'AÉROPORT INTERNATIONAL FELIX HOUPHOUËT-BOIGNY D'ABIDJAN

Auteurs

Claon J.S.^{1,2}
Gopkeya Bediakon M¹
Amin N C^{3,4},
Assouan MC¹
Djah A¹,
Kouadio L^{1,4}

Services

1- Laboratoire Santé publique et hydrologie-UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques- Université Félix Houphouët-Boigny

2- laboratoire d'Analyse et de Contrôle de la qualité de l'eau (LACQUE)-Office National de l'Eau Potable Abidjan

3 Laboratoire de Chimie Analytique- UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques- Université Félix Houphouët-Boigny

4- Institut National d'Hygiène Publique – Abidjan

Correspondance

E-mail : claonjs@yahoo.fr

RESUME

Le guide hygiène et salubrité dans les transports aériens de l'OMS recommande que toutes les eaux disponibles à bord de l'avion répondent aux critères de potabilité des eaux de boisson. Cette étude a été conduite à l'Aéroport international Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan pour évaluer la qualité de l'eau des réservoirs d'eau potable des avions.

Un contrôle de qualité physico-chimique et microbiologique a été mené sur les prélèvements d'eau au robinet des lavabos des toilettes et celui des points d'organisation de la restauration des passagers à bord des avions.

L'échantillonnage a été réalisé d'octobre 2011 à mai 2012 à bord de 41 avions utilisés pour des vols commerciaux appartenant à 13 compagnies. Sur chaque avion, deux prélèvements ont été effectués respectivement au robinet des lavabos des toilettes et au robinet du poste de catering.

Le contrôle de qualité a porté sur de 82 prélèvements d'eau. Pour les paramètres organoleptiques, 18 prélèvements (21,95%) avaient une turbidité supérieure à la norme de 5 UNT. La qualité physico-chimique, de ces prélèvements présentait des concentrations supérieures aux normes en nitrites (6,1%) et en fer (14,63%). De plus, 43,9% des prélèvements avaient des concentrations de chlore résiduel inférieures 0,2 mg/l correspondant à la norme.

Pour les critères applicables à la qualité microbiologique, sur 82 prélèvements, la non-conformité a été observée sur 8 prélèvements (9,75%) dont 6 pour les streptocoques fécaux (7,31%), 1 pour les coliformes totaux (1,22%) et 1 pour les coliformes thermotolérants (1,22%). La qualité hygiénique mesurée par la détermination des germes hétérotrophes totaux a été non conforme pour 85% des échantillons.

Cette étude a montré l'existence de risques sanitaires relatifs à la qualité physicochimique et microbiologique des eaux disponibles aux robinets des toilettes et aux postes de catering des avions. Cependant, l'existence de plusieurs des points d'avitaillement en eau potable en fonction des escales de l'avion ne permet pas d'établir l'origine de la contamination.

Ces données recommandent la mise place d'un programme de gestion de la sécurité sanitaire de l'avitaillement en eau des avions pour garantir la santé des passagers et de l'équipage celui-ci devrait être coordonné à l'ensemble des escales des différents pays.

Mots-Clés : Avion, Eau de consommation, qualité physico-chimique, qualité microbiologique

SUMMARY

The third edition of the Guide to Hygiene and Sanitation in Aviation from World Health Organization strongly recommends that all available waters for passenger or crew member aboard airplane meet drinking water quality criteria (DWQC). This study was conducted at the Félix Houphouët-Boigny International Airport in Abidjan to assess the water quality of aircraft's water storage tank.

A physicochemical and microbiological quality control was carried out on water sampled from lavatory sink and galley of airplanes. The study was carried out from October 2011 to May 2012 on 41 aircraft used for commercial flights. On each aircraft, two samples were taken respectively from the tap of the lavatory sink of the toilet and the tap of galley sink of the catering station.

This quality control was drawn in 82 water samples. For the organoleptic parameters, 18 samples (21.95%) had a turbidity higher than the WHO guidelines for drinking water. Likewise, others physicochemical parameters such as Nitrite (6.1%) and Iron (14.63%) showed concentrations above guidelines. Finally, 43.9% of the samples had residual chlorine concentrations below 0.2 mg / l corresponding to the minimum chlorine concentration guideline.

For microbiological quality, out of 82 samples, non-conformity was observed on 8 samples (9.75%), 6 for fecal streptococci (7.31%), 1 for total coliforms (1.22%) and 1 for thermotolerant coliforms (1.22%). Water hygienic quality measured by heterotrophic plate count (HPC) was non-compliant for 85% of water samples.

This study showed health risks related to water quality available in plane. However, due to several water storage tank refilling airports it was not possible to establish the origin of water contamination. These findings advocate for the implementation of coordinate and effective water safety plans in west Africa airports.

Keyword: Airport, Water supply, Drinking water, Quality control, airplane, HPC heterotrophic plate count, water diseases, West Africa

INTRODUCTION

Le développement de l'aviation, l'accroissement des échanges mondiaux et la libéralisation du trafic aérien ont entraîné l'essor du transport aérien. Depuis 1975, le nombre de passagers des vols commerciaux a significativement augmenté de 438 millions à 2 milliards en 2006 (ICAO, 2006). Cet essor est également visible en Afrique où le nombre de compagnies aériennes ne cessent de s'accroître.

Le nombre croissant de passagers par vol, la durée des vols et l'exigence d'offrir aux voyageurs un minimum de commodité et de confort ont nécessité l'adaptation des aéronefs au transport des passagers. Plus spécifiquement, Les besoins en eau des passagers

ont fait l'objet de préoccupations croissantes. Ils comprennent l'eau de boisson dont les besoins sont accrus à cause de la faible hygrométrie à bord des avions ; l'eau pour l'hygiène telle que le lavage des mains des passagers et de l'équipage, le brossage des dents... ; les besoins d'eau pour l'avitaillement tels que la préparation des aliments (café), le nettoyage des ustensiles et des surfaces.

Outre les bouteilles d'eau minérales servant à l'alimentation en eau de boisson des passagers, les avions sont équipés de réservoirs d'eau potable. Ces réservoirs selon les avions peuvent varier en nombre et en capacité. L'Airbus A380 possède un maximum de 6 réservoirs d'une capacité totale de 2266 litres tandis que le Boeing 737, très utilisé pour les liaisons régionales en Afrique, contient un réservoir unique de 227 litres.

Le système d'approvisionnement en eau potable des avions comprend généralement 4 composantes : (i) Une source d'eau venant de l'aéroport ; (ii) Un système d'approvisionnement en eau des avions de l'aéroport incluant parfois une installation de traitement d'eau primaire ou secondaire (iii) Un point de transfert d'eau constitué d'une connexion temporaire entre le réseau du système d'approvisionnement en eau de l'aéroport et les réservoirs de l'avion au moyen d'un camion-citerne, d'un container rechargeable ou d'une canalisation flexible (iv) le système d'eau potable de l'avion qui inclut le panneau d'accès, la bouche de connexion aux réservoirs, les canalisations intérieures, les systèmes de traitement et les réservoirs de stockage utilisés par les passagers et l'équipage. L'eau des réservoirs alimente les robinets des lavabos des toilettes ceux des évier de cuisine des espaces destinés au catering.

Les capacités des réservoirs avions sont limitées par les contraintes de masse critique au décollage et à l'atterrissage des avions. Le rechargement des réservoirs ou avitaillement en eau s'effectue au gré des escales en fonction du niveau des réservoirs. L'avitaillement en eau se définit comme l'ensemble des opérations de distribution de l'eau du réseau public vers les réservoirs de stockage d'eau potable des avions. Cette opération comporte de multiples points critiques de contamination de l'eau du ou des réservoirs de l'avion.

Ces échanges accrus de passagers s'accompagnent sur le plan sanitaire d'un risque accru de propagation d'épidémies d'une destination à une autre à l'échelle mondiale comme l'a montré l'épidémie de SRAS (USEPA, 2008). En dehors de ce risque épidémique, les passagers et l'équipage peuvent être exposés à une toxi-infection alimentaire collective liée à l'eau ou aux aliments disponibles à bord. La littérature scientifique a rapporté des cas d'intoxication alimentaire concernant les passagers et l'équipage de vols commerciaux. Ce risque rappelle la nécessité d'assurer que les aliments et l'eau à bord des vols soient de qualité irréprochable (Peffer et al., 1973; McMullan et al., 2007).

Plus spécifiquement, la qualité de l'eau disponible à bord des réservoirs d'eau potable de l'avion est une préoccupation croissante. L'Organisation mondiale de la santé a édité une troisième édition du guide pour l'hygiène et l'assainissement dans les avions. Ces recommandations ont pour but d'assister les aéroports et les compagnies aériennes pour maintenir à l'égard des passagers et des équipages des exigences élevées d'hygiène et d'assainissement. Leurs champs d'application couvrent aussi bien les vols domestiques (nationaux) que les vols internationaux. Elles sont exigibles aussi bien aux pays développés qu'au pays en développement.

Pour satisfaire aux exigences de cette recommandation de l'OMS, Cette étude a été

conduite avec pour but d'évaluer la qualité de l'eau des réservoirs d'eau potable des avions desservant l'Aéroport International Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan.

MATERIEL ET METHODES

Site de l'étude

L'Aéroport international Félix-Houphouët-Boigny est situé dans la commune de Port-Bouët du district d'Abidjan ; Il s'agit de l'aéroport le plus important de Côte d'Ivoire. La surface de l'aérogare est de 25 000 m² et son trafic passager a augmenté depuis 1993 date de sa modernisation pour atteindre le cap de 1,5 millions de passagers en 2015. La longueur de sa piste de 3 000 mètres lui offre la capacité de recevoir la grande majorité des vols commerciaux et des vols cargo à destination de la Côte d'Ivoire. En 2013, Il était classé au 29e rang sur 50 aéroports en Afrique. Il recevait 15 compagnies régionales et internationales y compris la compagnie nationale Air Cote d'Ivoire. La fréquence des vols à l'atterrissage variait entre 19 à 26 par jour. Les avions des compagnies aériennes desservant régulièrement l'Aéroport FHB ont été sélectionnés pour tester la qualité de l'eau à bord (AERIA, 2015).

Méthodes

L'évaluation de la qualité de l'eau des réservoirs d'eau potable des avions a reposé sur une série de prélèvements pour le contrôle de la qualité de l'eau. Ces réservoirs alimentent en eau les robinets des lavabos de toilettes et ceux des éviers de cuisine des points de restauration à bord utilisés par l'équipage.

Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé d'octobre 2011 à mai 2012 à bord de 15 avions des vols commerciaux appartenant à 13 compagnies. Tous les avions des compagnies atterrissant entre 8h du matin et 2 heures du matin ont été sélectionnés. Pour des contraintes opérationnelles et sécuritaires, les vols de 2 compagnies atterrissant entre 3-6 h du matin n'ont pu être inclus dans l'échantillon.

Sur chaque avion, deux prélèvements ont été effectués respectivement au robinet des lavabos des toilettes et au robinet de l'évier de cuisine du poste de catering. L'eau de ces robinets provient des réservoirs d'eau potable de l'avion.

Les prélèvements ont été effectués à bord après désinfection des robinets et conformément aux méthodes de prélèvement de la norme ISO

Conservation et transport des échantillons

Les échantillons ont été transportés, dans des glacières à une température comprise entre +2 et +4 °C, au laboratoire de l'Institut National d'Hygiène Publique du Ministère de la santé selon les exigences de la norme ISO.

Méthodes analytiques

L'analyse de l'eau a été effectuée suivant la méthode recommandée pour l'analyse d'une eau potable dans le guide hygiène et salubrité dans les transports aériens de

l'OMS (World Health Organization, 2009). La qualité physicochimique a été mesurée par des paramètres organoleptiques et la détermination en chromatographie ionique de paramètres physico-chimiques. La qualité microbiologique a été évaluée par la recherche d'indicateurs de contamination fécale. La qualité hygiénique de l'eau a été évaluée par la recherche et la détermination des germes hétérotrophes totaux. Les paramètres analysés et les méthodes utilisées sont rapportés dans le tableau.

Tableau I: Paramètres et méthodes d'analyses des prélèvements d'eau potables dans les avions à Abidjan.

Type de paramètres	Paramètres	Méthodes	Normes
organoleptiques	pH	HQD 40	NF T 90-008
	Température	HQD 40	NF T 90-008
	Turbidité	Chlorimètre / Turbidimètre	NF EN ISO 7027
	Couleur	Dr 2800	NF EN ISO 7887
Physico-chimiques	Chlorures	Chromatographie ionique	NF EN ISO 10304-1
	Nitrites	Chromatographie ionique	NF EN ISO 10304-1
	Nitrates	Chromatographie ionique	NF EN ISO 10304-1
	Ammonium	Chromatographie ionique	NF EN ISO 14911
	Aluminium	Chromatographie ionique	NF EN ISO 14911
	Manganèse	Chromatographie ionique	NF EN ISO 14911
	Fer	Spectrophotométrie PALINTEST	NF T90 -017
	Chlore résiduel	Chlorimètre	NF EN ISO 7027
Microbiologiques	Coliformes totaux	Filtration sur membrane	NF EN ISO 9308-1
	Coliformes thermo-tolérant	Filtration sur membrane	NF EN ISO 9308-1
	Streptocoques fécaux	Filtration sur membrane	NF EN ISO 7899-2
	Germes hétérotrophes totaux	Ensemencement par incorporation gelose R2A	NF EN ISO 6222

Le contrôle de la qualité et l'assurance qualité (CQ/AC) des équipements de terrain ont été assurés à l'aide de tests de calibration avant les analyses in-situ. Pour les analyses réalisées au laboratoire, le CQ/AQ ont été réalisés par le passage d'étalon avant et après les analyses. Chaque analyse physico-chimique a été réalisée en duplicat.

RESULTATS

Les analyses de données ont porté sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques de 82 prélèvements d'eau, dont 39 provenant des postes de catering et 43 des lavabos des toilettes. Selon le type de destination, 26 (31,7%) prélèvements ont été effectués sur des vols internationaux (Europe, Moyen orient et Asie), 56 (68,3%) sur des vols régionaux (Afrique de l'ouest et du Centre)

Les caractéristiques organoleptiques

Sur les 82 prélèvements, la turbidité a varié de 0,16 à 18 UNT (Unité néphélométrique de turbidité). Pour 18 prélèvements sur 82 (21,95%) la turbidité a été supérieure à 15UNT, valeur limite maximale admise pour une eau potable. Parmi ces prélèvements d'eau non conformes pour la turbidité, 10 (25,4%) provenaient des robinets des postes d'avitaillement et 8 (18,6%) des robinets des lavabos des toilettes. Le pourcentage de non-conformité est plus élevé dans les postes d'avitaillement mais le test de *chi-deux* appliqué à ces pourcentages a donné une valeur de 0,591 ($p=0,44$) montrant que cette

différence n'était pas statistiquement significative.

La couleur a varié de 1 à 4 UCV (Unité de Couleur Vrai). Aucun prélèvement n'a présenté de valeur supérieure à la limite maximale admissible recommandée par l'OMS de 5 UCV.

La recherche de goût et d'odeur perceptible a été négative pour tous les prélèvements conformément aux valeurs guide de l'OMS.

Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres mesurés ont été le pH, le chlore résiduel, les nitrites, nitrates, ammonium, les chlorures, le fer, l'aluminium, le manganèse.

Le pH a varié de 6,7 à 8,3. Aucun prélèvement d'eau n'a présenté de valeur inférieure à 6,5 ou supérieure à 8,5 respectivement limites inférieure et supérieure admises pour une eau potable par les valeurs guides.

Les analyses de Chlore résiduel ont montré des valeurs comprises entre 0,09 à 0,45 mg/l. Sur les 82 prélèvements, 39 (53,8%) avaient des concentrations en chlore résiduel inférieures à la valeur minimale guide recommandée de 0,2 mg/l. Ce pourcentage a été plus élevé aux robinets des postes de catering (53,8%) que ceux observé aux robinets des lavabos des toilettes (41,9%). Toutefois le test de chi-deux de Pearson appliqué à ces pourcentages n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les deux sites ($\chi^2 = 1,17$; $p = 0,27$).

Les concentrations de Nitrites de 5 prélèvements sur 82 (6,1%) étaient excessives en nitrites. Cette non-conformité n'a pas été observée pour les Nitrates dont les concentrations ont été inférieures à la valeur limite maximale recommandée de 10 mg/l.

Les concentrations de fer de 13 prélèvements d'eau (15,8%) ont excédé la limite maximale admise pour une eau potable de 0,3 mg/l basée sur considération esthétique. Ces concentrations de fer non conformes ont été observées aux proportions semblables de 15,38% et 16,27% respectivement pour les éviers des points de catering et les lavabos des toilettes.

La qualité physico-chimique de l'eau selon le type de destination et l'avion est rapportée dans le Tableau II.

Tableau II : Nombre et pourcentage de paramètres physico-chimiques non conformes en fonction du type de destination

	Chlore résiduel n (%)	Turbidité n (%)	Fer n (%)	Nitrites n (%)
Vols Internationaux (n=26)	16 (61,5)	0 (0,0)	2 (7,7)	0 (0,0)
Vols Régionaux (n=56)	23 (41,1)	18 (32,1)	11 (19,6)	5 (8,9)

Les avions destinés aux vols régionaux desservant les escales d'Afrique de l'ouest et du centre et s'approvisionnant en eau dans ces escales ont une eau de moins bonne qualité. Les pourcentages de prélèvements d'eau non conformes sur le plan physicochimique ont été supérieurs à ceux des vols longs courrier desservant l'Europe, le Moyen orient et l'Asie.

Les paramètres microbiologiques

La proportion de prélèvements non conformes pour les indicateurs de contamination fécale a varié de 1,22% à 7,32% respectivement pour les coliformes thermotolérants et les streptocoques fécaux (figure 1).

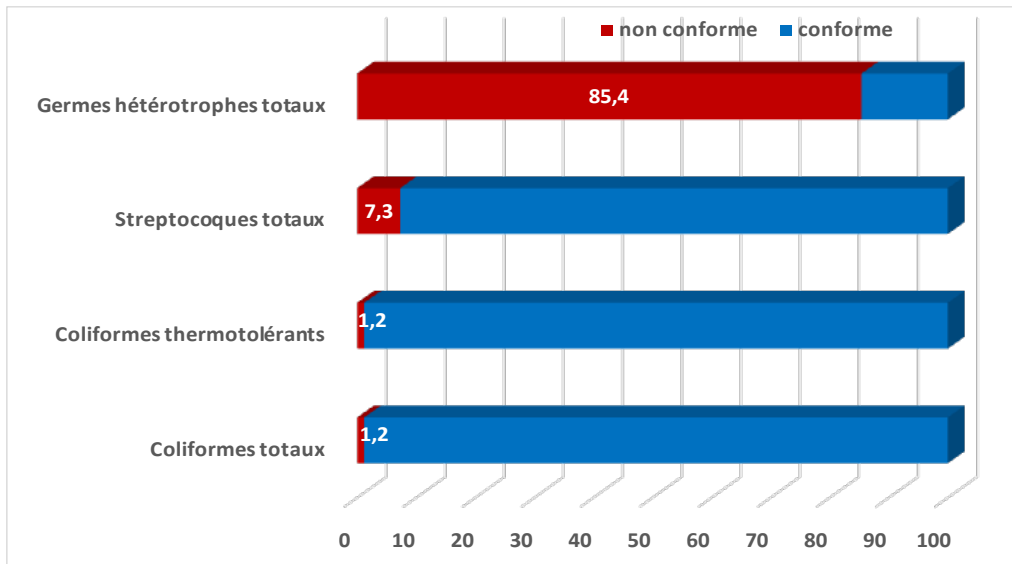


Figure 1 : Pourcentage de conformité microbiologique des échantillons d'eau selon les paramètres recherchés

Les germes hétérotrophes totaux, marqueurs hygiéniques de la qualité de l'eau ont été à 85,37% au-dessus de la valeur limite admissible pour l'eau potable. Les prélèvements d'eau provenant du point de catering ont présenté plus de non-conformité que ceux des robinets des toilettes pour les 3 paramètres recherchés (tableau 2). Toutefois aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les deux sites de prélèvements par le test du χ^2 de Pearson ajusté à la correction de Yates ($\chi^2 = 1.907$; $p=0.167$)

Tableau III : Répartition des échantillons non conformes selon les points de prélèvement et le type de paramètres microbiologiques

Indicateurs	Robinet des Lavabo des toilettes (43) n (%)	Robinet des éviers des points de catering (39) n (%)	Total n=82 n (%)
Coliformes totaux	0 (0)	1 (2,56)	1 (1,22)
Coliformes thermotolérants	0 (0)	1 (2,56)	1 (1,22)
Streptocoques fécaux	1 (2,33)	5 (12,82)	6 (7,32)
Germes hétérotrophes totaux	34 (79,07)	36 (92,31)	70 (85,37)

Plus de prélèvements non conformes ont été observés dans le point catering que dans les toilettes. Cette situation pourrait s'expliquer par des temps de séjour plus importants de l'eau dans les réservoirs d'eau alimentant les postes de catering. En effet, ceux-ci sont exclusivement utilisés par l'équipage à la différence, ceux des toilettes sont utilisés aussi bien par les passagers que l'équipage. La qualité de l'eau pourrait se dégrader plus souvent. Cette hypothèse pourrait être confortée par l'absence de germes dans l'eau des avions de plus petites capacités. Ainsi, les MD87 et CRJ n'ont présenté aucune contamination aux coliformes totaux et thermotolérants ainsi qu'aux streptocoques fécaux.

La destination des avions avec les possibles capacités de remplissage des réservoirs dans les différentes escales. Les vols desservant les destinations régionales ont une qualité d'eau moins bonne que celles des vols desservant les destinations internationales.

Tableau IV : Nombres et Proportions des échantillons non-conforme sur le plan microbiologiques selon les types de destinations.

Indicateurs	Vols régionaux (56) n (%)	Vols Internationaux (26) n (%)	Total (82) n (%)
Coliformes totaux	1 (1,8)	0 (0)	1 (1,2)
Coliformes thermotolérants	1 (1,8)	0 (0)	1 (1,2)
Streptocoques fécaux	5 (8,9)	1 (3,8)	6 (7,3)
Germes hétérotrophes totaux	49 (87,5)	21 (80,8)	70 (85,4)

Le type d'avions en rapport avec les destinations a montré une différence entre les vols moyens courriers et ceux long courrier. Pour les streptocoques fécaux il y a 2 fois plus de prélèvements non conformes dans les vols moyens courriers. Cette différence n'est pas statistiquement significative, les fréquences observées pour les différentes modalités de la variable ont été faibles pour réaliser un test. Pour les GHT les pourcentages ont été supérieurs sur les vols moyens courriers. Cependant, aucune différence statistique significative a été notée au Test exact de Fisher ($p=0,748$)

Les analyses ont montré malgré l'absence de germes indicateurs de contamination fécale, une mauvaise qualité hygiénique. Les GHT ne représentant pas, pris isolément, une menace pour la santé du consommateur. Toutefois, la présence de streptocoques fécaux dans certains prélèvements a attesté de l'existence d'un risque réel.

DISCUSSION

Selon l'OMS (au travers du *Guide d'hygiène et de Salubrité dans les Transports aériens*, Genève : OMS, 2^{ème} édition (revue par j.Bailey), l'eau qui alimente les réservoirs de l'avion doit être constamment sous surveillance pour garantir une eau de qualité. Notre étude a donc consisté à contrôler la qualité de l'eau des réservoirs des avions desservant l'aéroport international Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan. Cette eau a été prélevée aux robinets des lavabos des toilettes ou ceux des éviers des points de catering.

Sur l'ensemble des 82 prélèvements d'eau prélevés à bord des 41 avions des compagnies 22% ont présenté une turbidité supérieure à 5UNT. La turbidité nuit à l'efficacité des agents désinfectants.

Des corrélations significatives avec les gastro-entérites répertoriées dans les hôpitaux ont été mises en évidence dans des eaux non filtrées et filtrées. À Vancouver, par exemple, où l'eau de surface est simplement chlorée, il y a eu une augmentation significative des hospitalisations pour gastroentérites lorsque la turbidité dépassait 1,0 UNT. À Philadelphie où l'eau est filtrée et chlorée, une faible augmentation de la turbidité qui n'a jamais dépassé la norme de 0,5 UNT a résulté en une augmentation significative des hospitalisations pour gastro-entérites. Enfin, l'épidémie de Milwaukee est associée à l'augmentation de la turbidité au-dessus de 1 UNT à la sortie d'un des filtres (USEPA, 2008).

Ces exemples illustrent l'importance de la turbidité comme indicateur du risque sanitaire même dans l'avion étant donné qu'au niveau de l'avion, l'eau peut être ingérée par inadvertance lors de ses nombreux usages. Par ailleurs 15% des prélèvements présentaient un taux élevé de fer dans l'eau. Les caractéristiques organoleptiques de cette eau ne respectent pas les critères d'agrément à la consommation recommandés par les valeurs guide de l'eau potable édités par l'OMS. Les caractéristiques physicochimiques précitées ne nuisent pas directement la santé du consommateur. L'origine du fer peut provenir de l'eau d'avitaillement ou traduire un phénomène de corrosion à bord des canalisations de l'avion (World Health Organization, 2009). De même la forte turbidité peut soit provenir de l'eau d'avitaillement ou être associée à des dépôts de matière en suspension à l'intérieur des réservoirs de l'avion. Les principes d'avitaillement consistant à remplir les réservoirs sans procéder à une vidange, la qualité de l'eau à l'intérieur des réservoirs peut varier selon les points d'avitaillement. La dégradation de turbidité peut être liée aux filtres existants sur le réseau de distribution entre les réservoirs et les robinets à bord de l'avion (World Health Organization, 2009).

D'un point de vue physico-chimique en rapport avec la santé, 6% des prélèvements ont présenté une concentration de nitrites supérieure à la valeur guide dans l'eau. Les concentrations élevées en nitrites dans l'eau représentent un risque de méthémoglobinémie chez les enfants. La méthémoglobinémie résulte de l'oxydation par les nitrites du fer ferreux (Fe^{2+}) de l'hémoglobine en fer ferrique (Fe^{3+}). Il en résulte la formation de la méthémoglobine. La méthémoglobine, contrairement à l'hémoglobine, est incapable de fixer l'oxygène, ce qui contribue à réduire le transport de l'oxygène des poumons vers les tissus (Fan et al., 1987). Il en résulte un phénomène d'asphyxie. La méthémoglobinémie peut conduire à des problèmes respiratoires et neurologiques (55% à 60%) et même à la mort lorsque le niveau de méthémoglobine sanguin est supérieur à 70% (Bryson, 1996; Curry, 1982).

Les concentrations en chlore résiduel de 53,8% des échantillons ont été inférieures à 0,2 g/l. Ces données marquent une insuffisance du traitement ou une consommation du chlore résiduel après le traitement. Notre étude n'ayant pas mesuré la concentration de chlore total, il n'est pas possible de déterminer laquelle de ces hypothèses est prédominante. Toutefois, il en résulte un risque accru d'ordre infectieux si la concentration en chlore résiduel n'est pas suffisante. Comparé à l'étude menée par l'USEPA en 2004 dans 12 aéroports des Etats-Unis sur la qualité de l'eau dans les avions, 21% des prélèvements ont présenté des concentrations inférieures de chlore. Nos taux de non-conformité sont deux fois supérieurs à ceux rapportés dans cette étude (USEPA, 2008).

La qualité microbiologique non conforme de 8 prélèvements atteste l'existence de risque réel. Les taux de non-conformité ont été faibles. Seuls 1,2% pour les coliformes et 7,3% pour les streptocoques fécaux. Ces pourcentages sont inférieurs à ceux rapportés dans l'étude du Canada en 2006 où 15,1% des prélèvements ont été testés positif pour les coliformes et 1,2% pour *E. Coli*. La majorité de la contamination provenait du réseau ou des robinets alimentant les toilettes. Les auteurs ont conclu en une contamination localisé au niveau des toilettes plus qu'en une contamination du système (Health Canada, 2008). A la différence, notre étude n'a montré aucune différence entre l'eau des toilettes et celle des ponts de restauration, suggérant un processus de contamination du circuit. Dans l'étude de L'Association of Port Health s (APHA) conduite en 1999 sur 850 prélèvements provenant de 13 aéroports du Royaume-Uni, les taux de non-conformité rapportés ont été de 7,8% pour les coliformes dont 0,4% pour *E. coli*. Ces valeurs sont supérieures à celles de notre étude mais offrent une meilleure précision au regard de la taille de l'échantillon dix fois supérieurs au nôtre (APHA, 2008)

Les résultats obtenus au cours de cette étude, surtout concernant l'influence du type d'avion, ont montré que l'eau est fortement plus dégradée au plan physico-chimique et microbiologique sur les appareils reliant les destinations régionales que sur ceux des liaisons internationales. Les résultats révèlent aussi une moindre contamination microbiologique avec les appareils possédant des réservoirs d'eau à petite capacité c'est-à-dire les petits appareils (comme les MD87, CRJ).

Cette étude a montré l'existence de risques sanitaires relatifs à la qualité physicochimique et microbiologique des eaux disponibles au robinet des toilettes et aux postes de catering des avions. Cependant, l'existence de plusieurs points d'avitaillement en eau potable en fonction des escales de l'avion ne permet pas d'établir l'origine de la contamination.

Ces données recommandent la mise place d'un programme de surveillance sanitaire des eaux à bord des avions. Celui-ci, pour garantir la santé des passagers, devrait être élargi à l'ensemble des points d'avitaillement des différents pays.

RÉFÉRENCES

- AERIA; 2015. Rapport d'activité 2015. abidjan : s.n.,
- APHA, 2008. water quality in UK airport and aircraft..
- ICAO, 2006. Annual report to the Council. Montreal, Quebec, International Civil Aviation Organization (Document No. 9876).
- Health Canada. 2008. Personnel communication on water quality in airfcat. 2008.
- McMullan R, 2007. Food-poisoning and commercial air travel. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 5(5):276-286.
- Peffer ASR, 1973. *Vibrio parahaemolyticus* gastroenteritis and international air travel. *Lancet*, 1(7795):143-145.
- USEPA. 2008. National Primary Drinking Water Regulations: Drinking water regulatis for aircraft public water systems. Washignton, DC : United States Environmental Protection, 2008. Fedreal Register 73(69):19320..
- World Health Organization .2004. Guidelines for drinking-water quality, 3rd ed. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html).
- World Health Organization 2008. Mode of travel: Health considerations. In: International travel and health. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/ith/chapter_2a_2008.pdf).
- World Health Organization 2009. Guide to hygiene and sanitation in Aviation: Module 1: Water. Geneva : s.n., 2009. ISBN 978 92 4 154777 2.