

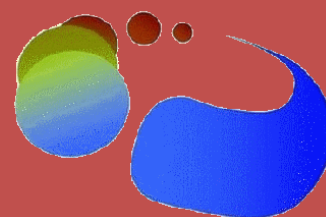


AVIS D'EXPERTISE SANITAIRE

EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIÉS AU
RECYCLAGE D'UNE EAU GRISE POUR UN SYSTÈME DE
RINÇAGE DES BAIGNEURS (AQUASPOT®).

Consult'eau

M. PATRICE DUPUIS | WWW.CONSULTEAU.FR



1. Contexte de l'expertise.

Le bureau d'études ENG'IN Eco Concept a développé un système de traitement des eaux grises en circuit fermé, sous la forme d'un équipement de rinçage des baigneurs, dont l'aspect ressemble à une douche de plage : le dispositif se nomme AQUASPOT®.

A la suite d'une première phase expérimentale réalisée en temps réel sur les plages de Monaco en 2022, il a été mené des essais *in situ* durant la saison 2023 à Cannes. Ces essais ont été conduits dans le cadre d'un protocole strict, après une étude sanitaire menée par moi-même, dont les objectifs étaient d'évaluer les risques sanitaires d'un tel dispositif. Les conclusions de cette étude sont synthétisées au §2.

2. Etude sanitaire : synthèse des conclusions.

L'étude a été menée selon la démarche HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Points*), elle reposait donc sur une analyse des dangers et la maîtrise des points critiques du système.

L'approche initiale du système a identifié les éléments à risques suivants ;

Eau neuve introduite dans le système (remplissage initial et renouvellement).

Eau grise produite (eau issue du rinçage des muqueuses humaines).

Système de traitement de l'eau grise (filtration, désinfection).

Eau recyclée (eau issue du traitement de l'eau grise).

Effluents produits (eau sale, déchets).

2.1. Eau neuve :

Le système n'est alimenté que par une eau destinée à la consommation humaine selon la définition du Code de la Santé Publique (art. L1321-1). Ceci garantit des conditions d'hygiène optimale et une sécurité d'approvisionnement, mais présente un risque d'ensemencement du réseau interne par la bactérie *Pseudomonas aeruginosa*, non recherchée en routine dans l'adduction publique, et donc non soumise à une limite de qualité. Cette bactérie présente un risque infectieux modéré pour les muqueuses des personnes sensibles, j'ai donc recommandé un seuil d'alerte basé sur les eaux de baignades atypiques, et un seuil d'action destiné à la maîtrise du risque.

2.2 Eau grise :

Issue du rinçage des muqueuses humaines, et d'éventuelles contaminations exogènes (poussières, sables, vandalisme, ...), l'eau grise présente le principal risque sanitaire en cas de contact. Le dispositif AQUASPOT® présente une conception suffisamment sécurisée, qui confine cette eau grise immédiatement après sa collecte (aucune dispersion), et la traite en continu (sans stockage).

L'eau grise constitue la ressource valorisée par le système.



2.3 Système de traitement :

Il est constitué d'équipements utilisés dans le traitement des eaux destinées à la consommation humaine et celui des eaux de piscine, tous titulaires d'une attestation de conformité sanitaire.

L'eau grise collectée est ainsi traitée par filtration : tamisage fin des macro-débris (cheveux, algues, ...), microfiltration sur zéolithe pour éliminer la pollution particulaire, ultrafiltration pour éliminer les germes (œufs de parasites, bactéries, virus, et la plupart des toxines). Une ultrafiltration assure une très bonne désinfection, parachevée ici par une désinfection à UV germicides avant mise en consommation.

L'eau traitée n'est pas stockée, elle est en circulation permanente afin de maîtriser la formation du biofilm dans la canalisation aval, et donc de minimiser le risque de prolifération de *Pseudomonas aeruginosa* et de légionelles. De surcroît, la canalisation aval qui amène l'eau au contact des utilisateurs, est très courte et d'un volume d'eau minimal (inférieur à 3 litres).

Le système est protégé des retours d'eau par des dispositifs anti-retours normés NF EN 1717, et par un bypass automatique vers l'eau du réseau public en cas d'alerte de turbidité.

2.4 Effluent :

Le système de traitement retient les particules et les germes, qui sont évacués du dispositif par un contre-lavage des membranes, à l'eau et au dioxyde de chlore (produit connu pour son absence de réactivité avec les matières organiques, donc ne formant pas de sous-produits de chloration).

Cet effluent représente un petit volume journalier, il est confiné en cuve étanche et évacué vers le réseau d'assainissement communal. De par sa composition, il peut être classé comme effluent domestique selon l'article 2 de l'Arrêté du 21 juillet 2015¹. Aucun effluent n'est émis dans le milieu naturel.

2.5 Scores de maîtrise du risque sanitaire :

Pour chaque élément à risque, la liste des origines a été établie, les conséquences et dangers ont été identifiés et les risques induits ont été cotés selon la méthode présentée ci-dessous.

Le Risque (R) est classiquement défini comme la combinaison de 2 facteurs :

- La gravité des dommages (G), qui correspond au degré d'atteinte à la santé.
- La probabilité d'occurrence (P) qui dépend elle-même de deux autres facteurs :
 - La fréquence d'exposition à la source de danger (F) qui dépend elle-même :
 - De la répétitivité de l'exposition du danger.
 - De la durée d'exposition au danger.
 - L'efficacité des éléments de maîtrise Humains, Organisationnels et Techniques du risque (M) mis en place afin d'éviter ce risque.

Le risque brut (RB), qui ne tient pas compte des moyens de prévention mis en œuvre est calculé à l'aide de la formule suivante : $RB = G \times F$.

Le risque résiduel (RR), qui tient compte de l'efficacité des moyens de prévention mis en place, est calculé à l'aide de la formule suivante : $RR = G \times F \times M = G \times P$.

La quantification de la gravité du risque est basée sur les données issues de l'accidentologie. Elle s'évalue sur une échelle allant de 1 (faible gravité) à 10 (très forte gravité) selon les critères décrits dans le tableau ci-dessous :

¹ Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.



Coefficient	degré de gravité	Pour l'utilisateur	Pour l'environnement
1	Faible	Nuisance ou accident sans arrêt de maladie/du travail.	Risque de pollution à long terme (> 1 mois).
3	Moyen	Nuisance ou accident avec arrêt de maladie/du travail.	Risque de pollution à moyen terme (1 semaine à 1 mois).
7	Grave	Accident grave ou arrêt de maladie/du travail avec séquelles réversibles.	Risque de pollution à court terme (< 1 semaine).
10	Très grave	Accident mortel ou arrêt de maladie/du travail avec séquelles irréversibles.	Risque de pollution immédiate (< 1 jour).

La quantification de la fréquence d'exposition prend en compte la durée moyenne et la répétitivité de l'exposition au danger. Elle est quantifiée sur une échelle de 1 à 4 en utilisant la matrice suivante :

		Durée moyenne d'une exposition			
		> 4h	1-4 h	15mn-1h	< 15mn
Répétitivité	1 à plusieurs fois par jour	4	4	3	3
	1 à plusieurs fois par semaine	4	3	3	2
	1 à plusieurs fois par mois	3	2	2	1
	1 à plusieurs fois par an	2	1	1	1

Le potentiel de chaque risque (ou risque brut) est ensuite calculé, et leur hiérarchisation est réalisée à l'aide de la matrice suivante :

		Fréquence d'exposition			
		1	2	3	4
Gravité	1	1	2	3	4
	3	3	6	9	12
	7	7	14	21	28
	10	10	20	30	40

La quantification de la maîtrise du risque est basée sur l'évaluation des moyens existants aux niveaux :

- Humains (H) : tout ce qui concerne l'information, la sensibilisation et la formation...
- Organisationnels (O) : tous les documents relatifs à l'organisation du travail (instructions, procédures, modes opératoires...).
- Techniques (T) : tous les équipements de protection (individuels et collectifs) ainsi que la vérification du matériel ...

La maîtrise (M) pour chaque type de moyen (H, O, T) est évaluée sur une échelle allant de 0,1 (maîtrise maximale) à 1 (maîtrise très insuffisante) selon les critères définis dans la grille suivante :

Coefficient	Niveau de maîtrise	Description
1	Absent	H Pas d'instruction ou consignes formalisées et connues des utilisateurs (usagers adultes, usagers enfants, exploitants).
		O Pas de moyens de prévention/ surveillance/ détection/ formation/ information.
		T Pas de moyen de protection.



0,8	Faible	H	Peu ou pas de prévention/ surveillance / détection/ formation/ information
		O	Pas de maintenance préventive des équipements
		T	Protection partielle : Moyens techniques existants mais utilisateur insuffisamment formé ou sensibilisé à leur utilisation (pas de consignes) ou matériel inadapté.
0,5	Moyen	H	Prévention/ formation/ sensibilisation/ moyens de surveillance et de détection partiellement présents Consignes (orales ou écrites) incomplètes et non respectées systématiquement
		O	Entretien des équipements / maintenance préventive partielle (ni planifiée, ni régulière)
		T	Protection suffisante : Moyens techniques existants et utilisateur formé à leur utilisation mais consignes incomplètes et non respectées systématiquement
0,1	Elevé	H	Moyens de prévention/ formation/ sensibilisation/ surveillance / détection présents, adaptés et fonctionnels.
		O	Procédures et consignes connues et testées Maintenance préventive systématique des équipements et enregistrement des contrôles effectués
		T	Protection élevée: Moyens techniques existants, adaptés, contrôlés et utilisateur formé à leur utilisation avec respect de l'utilisation systématique

La maîtrise globale (MG) est obtenue après calcul de la moyenne du score obtenu pour chaque catégorie de moyen (H, O, T) à l'aide de la formule suivante : $MG = [M(H)+M(O)+M(T)] / 3$

L'évaluation de la maîtrise des risques est basée à la fois sur une observation sur le terrain de la personne chargée de la santé et sécurité ainsi que sur un questionnaire/ entretien avec les utilisateurs.

Le Risque Résiduel (RR) s'obtient donc à l'aide de la formule suivante : $RR = G \times F \times ([M(H)+M(O)+M(T)] / 3)$

Pour chaque risque identifié, l'application de la formule de cotation permet leur hiérarchisation qui s'effectue de la manière suivante :

Résultat de l'évaluation	Niveau de risque
$R \geq 20$	A traiter en priorité
$4 \leq R < 20$	A surveiller
$R < 4$	Non prioritaire

Il est ressorti de l'analyse initiale un score **R de 3,1 sur 40**, qui a motivé les essais in situ (§3).

J'ai proposé un plan de surveillance et un plan de contrôle, intégrant la bactériologie classique ainsi que les *Pseudomonas aeruginosa*. Le plan intégrait aussi les paramètres physico-chimiques indicateurs de la qualité sanitaire, dont notamment la turbidité.



3. Résultats des essais in situ.

Les essais ont été menés sur deux sites à Cannes.

Les analyses d'eau et les prélèvements ont été réalisés par un laboratoire accrédité COFRAC (CARSO®), et partiellement par le laboratoire du groupe VEOLIA missionné par la mairie de Cannes.

Les eaux analysées étaient : eau au point de mise en consommation, eau traitée sortie traitement, eau grise (eau brute), effluent.

3.1 Eau traitée recyclée :

Les 114 analyses microbiologiques réalisées traduisent une très bonne performance du système de traitement et une très bonne maîtrise du risque sanitaire : 100% de conformité sur les limites de qualité et 95% sur les références de qualité, en tenant compte des seuils réglementaires pour les eaux destinées à la consommation humaine². Les *Pseudomonas aeruginosa* n'ont jamais été détectés au point de mise en consommation.

Outre l'absence de non-conformité et d'incident signalé par les exploitants, la fréquentation de l'installation localisée sur la plage Macé a été très forte, avec 80.000 passages enregistrés et 250 m³ d'eau recyclée distribués (pour 50 m³ consommés par l'appoint d'eau neuve). A ce jour, aucune infection suspecte n'a été détectée.

3.2 Effluent :

L'eau usée émise présentait bien les caractéristiques d'une eau usée urbaine, bien que moins concentrée. Elle contenait des traces d'AOX (sous-produits de chloration) largement compatibles avec un rejet au réseau communal (1000 µg/l en France, et 80 µg/l pour un rejet en milieu naturel à Monaco³).

² Arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique

³ Ordonnance Souveraine n° 5.443 du 6 août 2015 relative à la protection des eaux.



4. Conclusion & recommandations.

Au regard des performances du dispositif AQUASPOT®, et de leur stabilité, j'émet un avis très favorable quant à la qualité sanitaire de l'eau recyclée produite à partir de l'eau grise.

Je recommande toutefois de compléter le plan de surveillance et de contrôle avec la recherche des *Legionella pneumophila* à une fréquence minimale d'une fois par mois, selon la méthode NF T90-431.

Je propose un seuil d'action à 250 UFC/litre et une limite de qualité à 1000 UFC/litre⁴.

Je recommande aussi d'imposer aux exploitants la tenue d'un carnet sanitaire, et de leur fournir un guide d'exploitation fixant les exigences d'entretien et de surveillance.

⁴ Selon l'Arrêté du 1er février 2010 (annexe 2) et la Circulaire du 21 décembre 2010 pour les ERP.

