

Caractérisation des eaux grises (I) Cas des paramètres généraux

■ S. DESHAYES^{1,2}, M. BIGOURIE¹, V. EUDES¹, C. DROGUET¹, R. MOILLERON²

Mots-clés : eaux grises, paramètres généraux, prélèvement, réutilisation, douche, vaisselle, lavage sol, lave-linge, lavabo

Keywords: greywater, general parameters, sampling, reuse, shower, dishes, cleaning floor, washing machines, sink

Introduction

Les travaux menés par BERGÉ et coll. [2013] démontrent la part importante des rejets domestiques dans les flux d'alkylphénols et de phtalates du réseau d'assainissement parisien. En effet, dans ce bassin faiblement industrialisé et fortement urbanisé, plus de 95 % des flux totaux de ces composés proviennent des rejets des particuliers [BERGÉ *et al.*, 2013]. Actuellement se pose la question de la réutilisation de ces eaux. Si un grand nombre d'études portent sur leur traitement en vue de leur réutilisation, peu de données sont disponibles quant à leur charge physico-chimique. Aussi, dans le cadre des travaux menés par le Laboratoire central de la préfecture de police (LCPP), le Laboratoire eau environnement et systèmes urbains (Leesu) et la Société des eaux de Versailles et de Saint-Cloud (Sevesc) sur la répartition des flux en phtalates et en alkylphénols en fonction du type d'eaux grises, il a été décidé de combler ce manque en analysant, en parallèle de ces polluants émergents, les principaux paramètres généraux que sont : le pH, les matières en suspension (MES), l'azote total Kjeldahl (NTK), les demandes chimique et biochimique en oxygène (DCO et DBO₅) et le carbone organique dissous et particulaire (COD et COP). Cette étude porte sur 165 échantillons issus de six types d'eaux : douche, lavabo, lave-linge, lave-vaisselle, nettoyage des sols, vaisselle manuelle.

Cet article se consacrera exclusivement aux données obtenues pour les paramètres généraux. Il donne le détail de la méthodologie employée pour collecter un nombre important d'échantillons représentatifs de la population francilienne, il présente les résultats des analyses et leur exploitation en vue d'une possible réutilisation des eaux grises par les particuliers.

1. Matériel et méthode/méthodologie

1.1. Caractéristiques démographiques des volontaires

En tout, 76 foyers volontaires ont participé à cette étude. Ils sont issus de différentes classes sociales et répartis sur Paris et sa région. La *figure 1* indique la localisation des sites de prélèvements en Île-de-France. On notera qu'au moins un prélèvement a été réalisé dans chacun des départements de cette région.

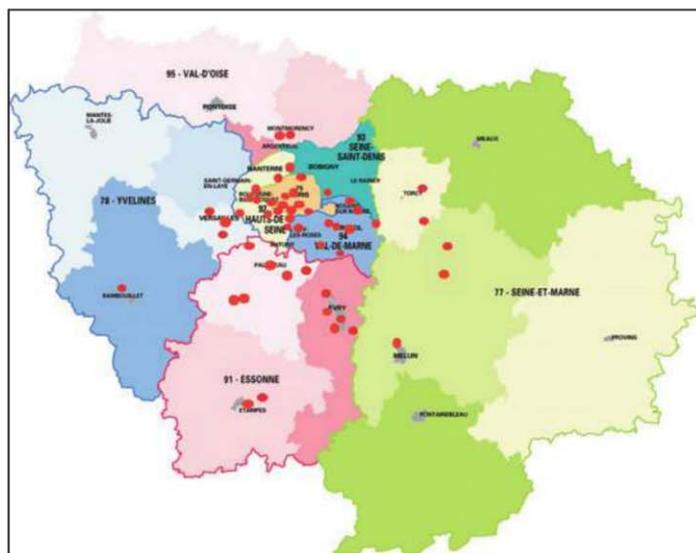


Figure 1. Localisation des points de prélèvements

¹ Laboratoire central de la préfecture de police – 39 bis, rue de Dantzig – 75015 Paris. Courriel : steven.deshayes@interieur.gouv.fr

² Laboratoire eau environnement et systèmes urbains (Leesu) – Université Paris-Est, AgroParisTech – UMR MA-102 – 61, avenue du Général-de-Gaulle – 94010 Créteil cedex. Courriel : moilleron@u-pec.fr

Les volontaires ont été choisis afin de garantir la représentativité de deux caractéristiques démographiques de la population francilienne : leur âge et le nombre d'individus par foyers. Comme indiqué dans le *tableau I*, la majeure partie des individus est âgée de moins de 60 ans (96 %). La répartition au sein des autres classes d'âge est homogène, allant de 19 individus ayant entre 45 et 60 ans jusqu'à 28 âgés de 30 à 44 ans. L'âge moyen des volontaires est similaire à celui de la population francilienne, soit 38,6 ans dans le cadre de cette étude contre 40,3 pour la population de l'Île-de-France [INSEE, 2012]. De même, le taux d'occupation des foyers est proche de celui de la région parisienne (INSEE...) avec 2,67 individus par foyer pour ces travaux contre 2,33 pour la moyenne francilienne. Le nombre d'individus par foyer varie de 1 à 5.

Âge	Nombre de foyers	%
< 30	26	34,2
30-44	28	36,8
45-60	19	25,0
> 60	3	3,9
Individu par foyer	Nombre de foyers	%
1	20	26,3
2	18	23,7
3	12	15,8
4	19	25,0
5	7	9,2

Tableau I. Caractéristiques démographiques des foyers

1.2. Techniques d'échantillonnage

Les échantillons ont été directement prélevés par les habitants des différents logements. Toutefois, pour s'assurer de la représentativité de ces échantillons, il a été demandé aux bénévoles de ne pas changer leurs habitudes et un guide a été édité afin d'expliquer les bonnes pratiques d'échantillonnage. Le flaconnage approprié a été fourni par le Laboratoire central de la préfecture de police (LCPP). Pour chaque type d'eaux, les échantillons ont été initialement récupérés dans un récipient unique puis, après homogénéisation, répartis dans quatre flacons différents :

- un en verre de 500 mL pour le COD et le COP ;
- un deuxième en verre de 1 000 mL pour les MES ;
- un troisième en polyéthylène de 500 mL pour la DBO₅ et le pH ;
- un dernier en polypropylène de 500 mL pour la DCO et le NTK.

Les flacons en polyéthylène et polypropylène étaient à usage unique. Les lots utilisés ont fait l'objet d'essais à blanc pour vérifier qu'ils permettaient d'éviter la contamination des échantillons prélevés. De plus, afin d'éliminer toutes traces de contamination organique, le flaconnage en verre (récipient de récupération compris) a été lavé avec un détergent (Teepol), puis rincé à l'eau dé-ionisée avant d'être grillé à 450 °C pendant 2 heures.

Les méthodes mises en place pour la récupération des eaux grises seront détaillées par la suite et illustrées *figure 2*. Dès la fin des prélèvements, les échantillons ont été conditionnés dans des glacières à température contrôlée (5 ± 3 °C) et acheminés au laboratoire dans un délai de 24 heures.

- **Eau de douche.** Afin de collecter ce type d'eau, il était nécessaire pour les volontaires de se laver dans une baignoire. Il s'agissait de récupérer tout le volume d'eau utilisé. Pour ce faire, le volontaire a eu pour consigne de boucher la baignoire avant de commencer à se laver, de se doucher en ne changeant rien à ses habitudes, puis, une fois la douche terminée, d'homogénéiser et de prélever un volume d'eau suffisant pour remplir les différents flacons décrits préalablement.

- **Eau de lave-linge.** Tout comme pour les eaux de douche, récupérer toute l'eau utilisée lors d'un cycle complet de lave-linge nécessitait un récipient volumineux. Il était donc indispensable pour les volontaires de posséder un lave-linge proche d'une baignoire, utilisée comme récipient de récupération. Le principe était identique à celui des douches. Après avoir rincé et bouché la baignoire, le volontaire devait lancer un programme de lavage avec le(s) produit(s) et la quantité de linge habituels, les eaux du cycle complet étant récupérées dans la baignoire. Après homogénéisation, les prélèvements sont réalisés comme pour les eaux de douche.

École des Métiers de l'Environnement

*“Formez-vous aux métiers de l'environnement
et du développement durable”*

Formation initiale - VAE - Formation Continue

Renforcez **ou adaptez vos compétences** en intégrant une formation de l'EME et
reposez-vous sur l'expérience d'un établissement reconnu.

Mastère Spécialisé

Économie circulaire : les outils de l'Écologie industrielle
et de l'Éco-conception - Bac+6

Accessible aux titulaires d'un Bac+5 ou aux personnes justifiant d'une expérience
professionnelle. Rythme compatible avec une activité professionnelle.

Ingénieur Génie de l'Environnement - Bac+5

Prépa intégrée et cycle Ingénieur
Dimension internationale : 3 mois à un 1 an à l'étranger.

Bachelor Coordinateur Environnement - Bac+3

Formation en 3 ans après un Bac ou en 1 ou 2 ans après un Bac+2.
Rythme alterné avec possibilité de contrat de professionnalisation en 3^e année.
Accessible aux personnes en reconversion professionnelle.



Campus de Ker Lann / Rennes
contact@ecole-eme.fr - 02 99 05 88 00

www.ecole-eme.fr

FAIVRE Ets
INDUSTRIE
ENVIRONNEMENT

NOS SOLUTIONS

LAGUNE
AÉRÉE

BASSIN DE BOUE
ACTIVÉE

JUS DE COMPOST
LIXIVIAT

TRAITEMENT
DES ODEURS

BASSIN
TAMPON



40 ANS D'EXPÉRIENCE
DANS L'AÉRATION

+ 33 3 81 84 01 32 
www.favre-environnement.fr 

NOUVEAU!



PLONGEZ. LISEZ.

Le nouvel analyseur portable parallèle HACH SL1000 (PPA) réalise les mêmes tests avec moitié moins d'étapes manuelles. Obtenez des résultats extrêmement précis beaucoup plus rapidement et en minimisant les erreurs. Jusqu'à six paramètres testés simultanément.

Colorimétrie: Chlore Total | Chlore Libre | Ammonium Libre | Monochloramine | Nitrite | Ammonium | Cuivre
Electrodes: pH | Conductivité | Oxygène Dissous (Avec compensation de température intégrée)

www.hachppa.com/fr



Be Right™

- **Eau de lave-vaisselle.** La façon de procéder était très proche de celle pour récupérer les eaux du lave-linge. Le principe consistait à collecter les eaux de sortie du lave-vaisselle en plaçant le tuyau de rejet dans une bonbonne en verre qui, au laboratoire, avait été préalablement nettoyée avec un détergent (Teepol), puis rincée à l'eau dé-ionisée avant d'être grillée à 450 °C pendant 2 heures. Après avoir rempli l'appareil avec de la vaisselle sale et en produit(s), le programme de nettoyage était lancé. Une fois terminé, l'eau récupérée était homogénéisée précautionneusement par agitation de la bonbonne, puis transvasée dans les flacons de prélèvement.

- **Eau de vaisselle.** Les modalités de prélèvement des eaux de vaisselle manuelle ont varié en fonction des habitudes des volontaires. Certains volontaires nettoient et rincent la vaisselle dans un bac unique alors que d'autres font la vaisselle dans deux bacs séparés : l'un pour le nettoyage et l'autre pour le rinçage. Dans ce dernier cas, si certains préfèrent remplir d'eau les bacs de leur évier pour le nettoyage et le rinçage de la vaisselle, d'autres privilégient son nettoyage et son rinçage sous un filet d'eau continu. Deux protocoles de prélèvement ont donc été mis en place en fonction de ces deux pratiques. Dans le premier cas, les eaux de nettoyage et de rinçage étaient collectées séparément à la fin de la vaisselle dans chaque bac préalablement bouché. Le prélèvement était effectué après homogénéisation. Pour le second cas, à la fin de la vaisselle, le volontaire devait homogénéiser l'eau dans chaque bac et la prélever

dans les flacons fournis. Enfin, lors de l'usage d'un seul bac, les eaux de nettoyage et de rinçage, mélangées et formant un échantillon unique, ont été collectées ensemble.

- **Eau de lavabo.** Pour ce type d'eau, les volontaires devaient avoir accès au siphon du lavabo de leur salle de bains. Une fois le siphon dévissé, une bonbonne en verre préparée en laboratoire était placée sous ce siphon durant 24 h afin d'étudier les rejets moyens journaliers de ce type d'eau. Une fois le délai écoulé, la bonbonne était agitée avant le fractionnement dans les flacons fournis.

- **Eau de nettoyage des sols.** Les volontaires avaient pour habitude de nettoyer leurs sols avec un seau, rempli d'eau et de produit ménager, et une serpillière. Le protocole consistait à collecter l'eau contenue dans le seau une fois les sols nettoyés. Comme décrit précédemment, les eaux étaient homogénéisées puis transvasées dans les flacons prévus à cet effet.

Au total, pour cette étude, 165 échantillons d'eau ont été collectés du 13 octobre 2013 au 2 novembre 2014, soit en moyenne 28 échantillons par type d'eaux grises, ce qui a représenté 1 045 analyses détaillées dans le *tableau II*.

1.3. Paramètres analysés

Pour la majorité des paramètres, les analyses ont été effectuées par un laboratoire accrédité Cofrac, selon les normes listées dans le *tableau III*, dans les délais

	Douche	Lave-linge	Lave-vaisselle	Vaisselle manuelle	Lavabo	Nettoyage des sols
pH	25	25	25	45	20	25
MES	25	25	25	45	20	25
NTK	25	25	25	45	20	25
DCO	25	24	25	45	20	25
DBO ₅	25	24	25	45	20	23
COD	25	17	19	18	15	17
COP	25	17	19	18	15	19

MES : matières en suspension ; NTK : azote total Kjeldahl ; DCO : demande chimique en oxygène ; DBO₅ : demande biochimique en oxygène ; COD : carbone organique dissous ; COP : carbone organique particulaire.

Tableau II. Nombre d'échantillons et de paramètres suivis par type d'eaux grises

définis par les référentiels. Seul le COP a été mesuré selon une méthode interne, basée sur une détection infrarouge après combustion.

Paramètre	Norme utilisée
pH	NF EN ISO 10523
MES (mg/L)	NF EN 872
DCO (mgO ₂ /L)	NF T90-101
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	NF ISO 1899-1
COD (mgC/L)	NF EN 1484
COP (mgC/gMES)	Méthode interne
NTK (mgN/L)	NF EN 25663

Se reporter au tableau II pour la signification des abréviations.
Tableau III. Normes d'analyses des paramètres étudiés

Le carbone organique total (COT) a été obtenu en additionnant les valeurs de COD et de COP comme suit :

$$\text{COT (mgC/L)} = \text{COD (mgC/L)} + \text{COP* (mgC/L)}$$

Avec $\text{COP* (mgC/L)} = \text{COP (mgC/gMES)} \times \text{MES (g/L)}$

2. Caractérisation des eaux usées domestiques – bilan bibliographique

Peu de données sont disponibles concernant la consommation d'eau domestique par la population

française. Les données les plus pertinentes pour l'Île-de-France ont été compilées dans le *tableau IV*. En fonction des sources – Centre d'information de l'eau (CIEAU), Eau de Paris ou le Syndicat des eaux d'Île-de-France (Sedif) –, le volume d'eau consommé par jour et par habitant varie de 120 à 200 L/j/hab. En outre, les travaux de SOURIAU [2011] ont démontré la forte variabilité de cette consommation d'eau par habitant en fonction de critères démographiques : nombre de personnes par foyer, salaire... Au vu du panel des participants de cette étude, la consommation journalière par habitant devait varier entre 110 et 120 L. Le volume moyen consommé fourni par Eau de Paris de 120 litres par jour et par habitant entre dans cette fourchette et a été retenu comme consommation journalière de référence dans le cadre de cette étude. Si l'on s'intéresse maintenant aux proportions relatives de consommation pour les différents types d'eaux, quelle que soit la source bibliographique, elles s'avèrent proches ou similaires, soit 39 % pour les douches et baignoires, 20 % pour les toilettes (ou eaux-vannes), 12 % pour les lave-linge...

En ce qui concerne le cas particulier de la vaisselle, le volume moyen d'eau utilisé par jour et par habitant est d'environ 12 L/j/hab. Cependant, nous ignorons

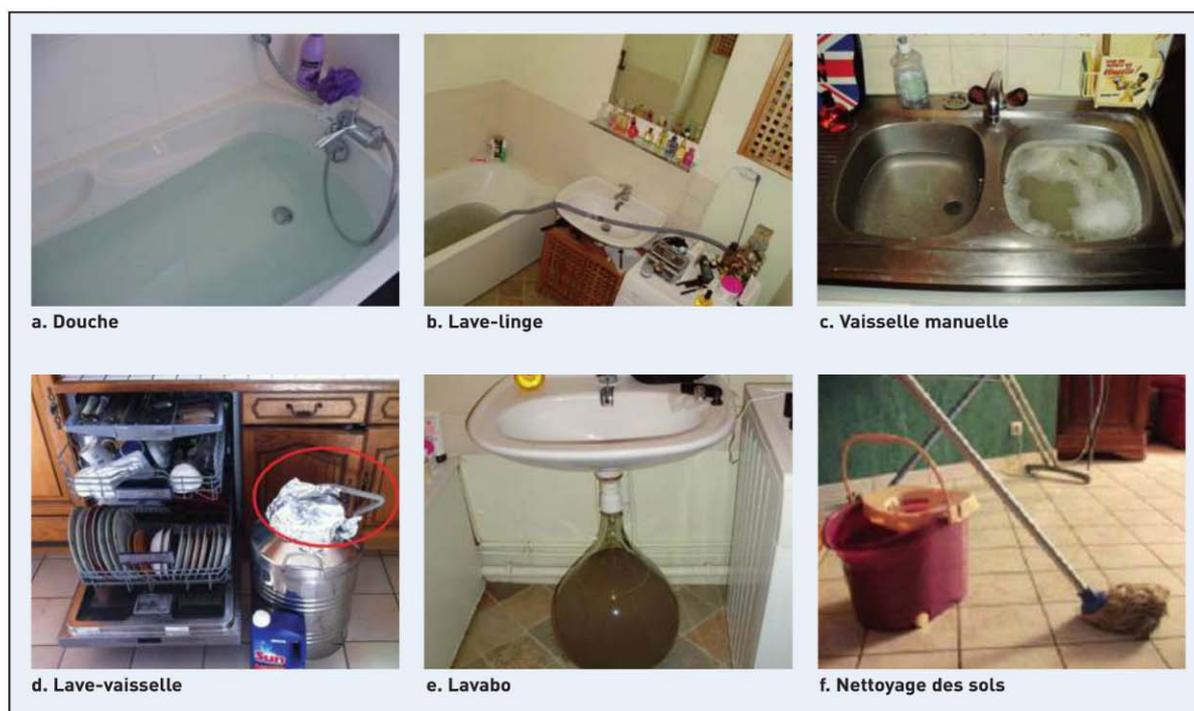


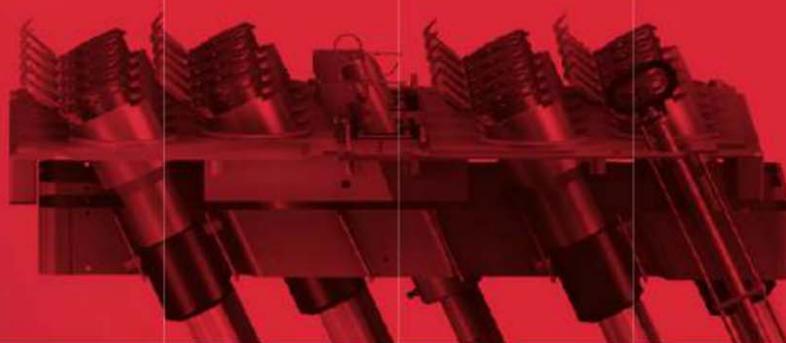
Figure 2. Méthode de prélèvement des eaux grises

DESINFECTION EN EAUX USÉES

TrojanUVSonus est idéal pour le traitement des eaux usées nécessitant une désinfection UV. La Technologie TrojanUV SOLO lamp fournit à la fois un système à haute énergie et à haut rendement électrique, tout en diminuant significativement le nombre de lampes. La disposition originale des lampes inclinées, porte au maximum les performances de désinfection et réduit au minimum les pertes de charge. Faites votre choix parmi des fonctionnalités standard et des options adaptées à votre budget et à votre projet.

Plus d'informations sur trojanuv.com/fr/trojanuvsonus

TROJANUV

The background of the advertisement features a young boy in a hat and shorts sitting on a wooden bench in a pond, fishing. The water is calm, and there are reeds in the background. The overall scene is peaceful and natural.

EYVI
MICROSTATION SMVE

Une des microstations
les plus installées en France.

GARANTIE
Electromécanique
2 ANS

GARANTIE
Cuverte
15 ANS

EYVI est une microstation SMVE

- + Facile à vivre, peu d'entretien
- + La plus compacte du marché
- + Ne nécessite pas de ventilation
- + Très haute résistance mécanique
- + Excellent rapport qualité/prix

SMVE
ASSAINISSEMENT

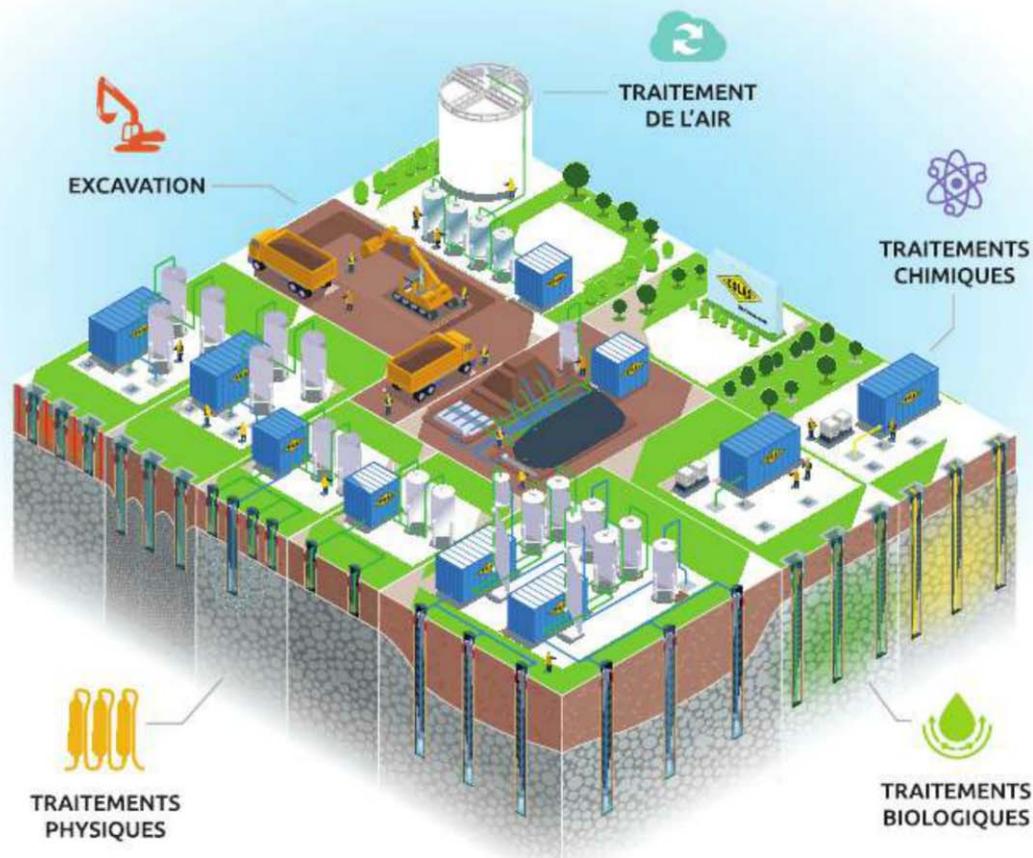
SMVE Toulouse
9 av. de la Mouyssaguèse - 31280 DRÉMIL LAFAGE
Tél. +33 (0)5 62 18 59 88
www.smve.fr

APMS

Dépolluer en toute transparence



“ SPÉCIALISTE
DE LA DÉPOLLUTION
DES SOLS ET DES NAPPES
PHRÉATIQUES,
COLAS ENVIRONNEMENT
RÉHABILITE
LES SITES POLLUÉS ”



PARIS
Tél. : 01 44 75 79 05

LYON
Tél. : 04 37 49 77 77

BORDEAUX
Tél. : 06 66 54 84 69

STRASBOURG
Tél. : 06 68 98 40 01

www.colas-environnement.com

COLAS ENVIRONNEMENT,
TRIPLEMENT CERTIFIÉE



Environnement

Utilisation	CIEAU ^a (2012)	Eau de Paris ^b (2013)	SEDIF ^c (2013)	Cette étude
Douches/bain	49	46,8	57-78	46,8
Toilette	25	24	30-40	24
Lave-linge	25	14,4	18-24	14,4
Vaisselle et lave-vaisselle	12	–	15-20	12
Jardin	8	–	9-12	ND
Préparation repas	9	12	9-12	ND
Eau de boissons	1	1,2	1,5-2	ND
Autres utilisations	8	21,6	9-12	ND
Sols	–	–	–	0,53
Lavabo	–	–	–	7,2
Total	137	120	150-200	120

a : www.cieau.com ; b : www.eaudeparis.fr ; c : www.sedif.com ; ND : non déterminé.

Tableau IV. Volume d'eau consommé par les habitants par type d'eau (en L/j/habitant)

la proportion d'eau spécifiquement utilisée, et donc rejetée, lors de la vaisselle manuelle ou de l'utilisation de lave-vaisselle. Trois études réalisées aux États-Unis [HOWARD-REED et CORSI, 1999], en Allemagne [RICHTER, 2011] et en Grèce [ANTONOPOULOU *et al.*, 2013] démontrent qu'automatiser la vaisselle permettait de réduire la consommation en eau jusqu'à 50 %. Le CNRS, quant à lui, estime que le volume d'eau nécessaire pour effectuer une vaisselle manuellement est plus faible que celui utilisé pour un cycle de lave-vaisselle³, 5 à 15 litres contre 13 à 21 litres, respectivement. Cependant, la fréquence d'utilisation des lave-vaisselle expliquerait les conclusions des trois études précédentes. Selon BERKHOLZ et coll. [2010] et ABELIOTUS et coll. [2012], la majorité des personnes interrogées déclarent faire la vaisselle manuellement une à plusieurs fois par jour alors que le lave-vaisselle est utilisé une fois par jour, voire tous les 2 jours. De plus, une vaisselle manuelle est réalisée quotidiennement en complément de l'utilisation du lave-vaisselle [BERKHOLZ *et al.*, 2010 ; ABELIOTUS *et al.*, 2012]. Au vu de ces résultats, nous avons estimé que la consommation d'eau est deux fois plus importante pour la vaisselle manuelle que pour le lave-vaisselle.

³ <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau>

Avec une moyenne de 12 L/j/hab., nous avons fait l'hypothèse que 8 L/j/hab. d'eau sont utilisés pour le lave-vaisselle et 16 L/j/hab. pour la vaisselle manuelle.

Les *tableaux V* et *VI* synthétisent les données issues de la littérature relatives aux concentrations relevées pour les paramètres généraux dans les eaux usées domestiques. Le *tableau V* fournit les concentrations mesurées dans les eaux usées domestiques en distinguant les eaux grises des eaux-vannes. L'examen de ces données montre très clairement que les eaux grises sont majoritairement moins chargées que les eaux-vannes et présentent par ailleurs des valeurs similaires à celles mesurées pour les eaux usées domestiques. Cela peut être dû au fait que les eaux grises en composent la majeure partie. Si l'ensemble des sources s'accorde sur les concentrations annoncées pour la majorité des paramètres et ce, quel que soit le type d'eau, des disparités importantes sont relevées pour les MES, la DCO et la DBO₅ dans les eaux grises.

Le *tableau VI* donne le détail des concentrations rencontrées pour chacun des paramètres en fonction de l'origine de l'eau grise. Premièrement, il est intéressant de noter qu'aucune étude, à ce jour, n'évoque l'analyse des eaux issues du nettoyage des sols. Par ailleurs, au vu du peu d'informations disponibles, l'interprétation des concentrations en azote, par ailleurs plutôt faibles, s'avère hasardeuse. En

	Eaux grises	Eaux-vannes	Eaux usées domestiques
pH	7,50 (6,06 - 8,38) ^{d,e}	8,94 (8,87 - 9,08) ^e	6,6-7,5 ^c
	7,58 (7,34 - 7,71) ^b		
MES (mg/L)	630 (570 - 700) ^e	3 180 (920 - 4 320) ^e	380 ± 131 ^c
	125 (37 - 360,5) ^b		360 (59 - 2 293) ^a
	845 ^d		
DCO (mgO ₂ /L)	588 (495 - 682) ^e	2 260 (806 - 3138) ^e	749 ± 193 ^c
	2 568 ^d		793 (96 - 1 082) ^a
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	418 (350 - 500) ^e	1 037 (410 - 1 400) ^e	335 ± 96 ^c
	1 056 ^d		260 (20 - 540) ^a
COD (mgC/L)	50,6 (17,2 - 90,4) ^b		
NTK (mgN/L)	9,5 (4,3 - 15,9) ^b		29,6 ± 5,8 ^c
			95,0 (4,8 - 264,1) ^a

a : [Bergé *et al.*, 2014] ; b : [Chaillou *et al.*, 2011] ; c : [El-shafai *et al.*, 2007] ; d : [Halalsheh *et al.*, 2008] ; e : [Palmquist et Han/Eus, 2005]. Se reporter au *tableau II* pour la signification des abréviations.

Tableau V. Paramètres généraux des rejets domestiques (valeurs moyennes, min-max)

revanche, on peut noter que les concentrations en NTK annoncées pour les eaux de lave-linge (1,1 - 40,3 mgN/L) et de vaisselle manuelle (11,4 - 74 mgN/L) sont supérieures aux valeurs données pour les eaux grises dans leur globalité (4,3 - 15,9 mgN/L). L'analyse des données pour le pH, les MES, la DCO et la DBO₅ s'avère riche d'enseignements :

- pour le pH, la majorité des eaux grises générées

présentent un pH relativement neutre, au contraire des eaux de vaisselle manuelle à tendance légèrement plus acide (5,58 selon HALALSHEH et coll. [2008]) et des eaux issues des lave-linge et des lave-vaisselle plutôt basiques (le pH pouvant atteindre respectivement 10 et 8,2) ;

- le paramètre MES semble peu discriminant selon l'origine de l'eau, chacune présentant des valeurs

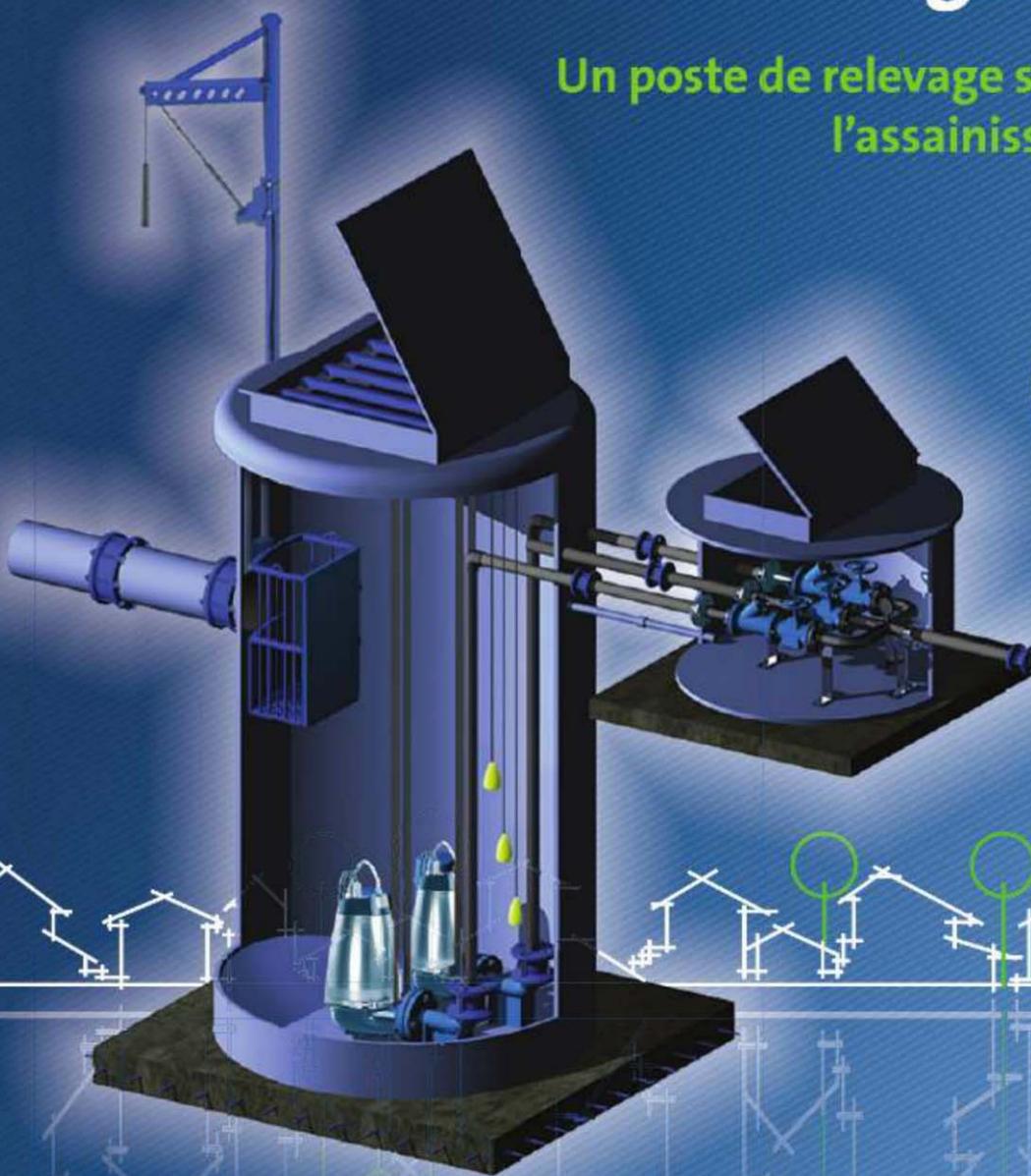
	Douche	Lave-linge	Lave-vaisselle	Vaisselle manuelle	Lavabo	Nettoyage des sols
pH	7,22 ± 0,14 ^{a,e}	7,1-10 ^{c,e,g}	8,2 ^c	6,4 ± 0,7 ^{a,e,f}	7,07 ± 0,25 ^a	
	7,43 ± 0,36 ^c			5,58 ^d	7,0 ± 0,3 ^c	
				5,9 - 7,4 ^g		
MES (mg/L)	601 ± 152 ^a	68 - 465 ^{c,e,g}	440 ^b	299 ± 324 ^a	578 ± 193 ^a	
	242 ^e		188 ^c	134 - 1300 ^{b,d,g}	259 ± 130 ^c	
	303 ± 205 ^c			210 ± 260 ^f		
DCO (mgO ₂ /L)	399 ± 199 ^{a,e}	231 - 2 950 ^{c,e,g}	1 296 ^c	26 - 2 050 ^{a,e,g}	335 ± 207 ^a	
	645 ± 289 ^c			2 244 ^d	386 ± 250 ^c	
				990 ± 1 500 ^f		
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	380 ^e	48 - 472 ^{c,e,g}	1040 ^b	536 - 1 460 ^{b,d,e,g}	205 ± 42,5 ^c	
	424 ± 219 ^c		699 ^c	490 ± 550 ^f		
NTK (mgN/L)		1,1 - 40,3 ^g		51 ^d		
				11,4 - 74 ^g		

a : [Antonopoulou *et al.*, 2013] ; b : [Eriksson *et al.*, 2002] ; c : [Friedler, 2004] ; d : [Halalsheh *et al.*, 2008] ; e : [Jamrah *et al.*, 2008] ; f : [Jiwkok *et al.*, 2013] ; g : [Li *et al.*, 2009]. Se reporter au *tableau II* pour la signification des abréviations.

Tableau VI. Paramètres généraux des différentes eaux grises (valeurs moyennes, min-max)

Bénéficiez d'une solution **WATERLIFT** pour une installation de relevage fiable et un budget maîtrisé

Un poste de relevage sur mesure pour
l'assainissement collectif



Retrouvez-nous
à Rennes
Pôle Assainissement
stand 4-468

POSTE DE RELEVAGE ADAPTÉ À VOS BESOINS

La gamme des postes de relevage WATERLIFT a été élaborée pour vous donner une souplesse et une grande liberté lors de l'installation. Les cuves, conçues en résine polyester armée de fibres de verre et donc protégées des altérations dues à la présence de H_2S dans les effluents, sont disponibles de 1 à 4 m de diamètre, et ce, jusqu'à 12 m de hauteur.

Les postes sont livrés complets, pompes et accessoires compris, avec armoire de commande suivant vos spécifications.

Demandez conseil à nos experts pour dimensionner ensemble la solution optimale pour votre projet !

fr.grundfos.com

be
think
innovate

GRUNDFOS 

27 | 8
janvier
2016

RENNES
Parc des
Expositions

Usages
Qualité
Territoires
Gouvernance
Environnement
Crise
Réseaux
Parcours
Elus
Science
& Décision
Publique
Cru
Innovater
Débat
Eaux pluviales
Assainissement

ARREFOUR

ANC
Gérer
Défi
Analyse
Ecologie
activités
action de la
URCE
0Phyto
réservation
DES QUESTIONS
LOCALES
DE L'EAU
Cours
d'eau
Traitement
Communauté
Milieux aquatiques

10 000

350 exposants

conférences

www.carrefour-eau.com

Renseignements
s.noel@idealconnaissances.com

Réagissez sur twitter
[@CarrefourEau](https://twitter.com/CarrefourEau) #CGLE17

Une manifestation



En partenariat avec



Établissement public du ministère chargé du développement durable

Partenaire presse



similaires, proches de 300 mg/L, eaux de douche comprises. Ce dernier constat est plutôt étonnant. S'il devait se confirmer au cours de notre étude, il serait intéressant d'identifier la source des MES dans les eaux de douche ;

– en ce qui concerne la DCO, deux groupes se distinguent. Les eaux de douche et de lavabo présentent des valeurs plus faibles (voisines de 400 mgO₂/L) que celles des autres types d'eaux (en moyenne 1 500 mgO₂/L), d'un facteur 10 dans certains cas comme pour les lave-linge [FRIEDLER, 2004 ; JAMRAH *et al.*, 2008 ; LI *et al.*, 2009] ;

– les valeurs de DBO₅ les plus élevées sont relevées pour les eaux de vaisselle (manuelle et automatique) avec des concentrations supérieures à 1 000 mgO₂/L. *A contrario*, les eaux de lave-linge s'avèrent être les moins chargées (valeurs comprises entre 48 et 472 mgO₂/L).

Le nombre d'échantillons collectés dans ces études, lorsqu'il est clairement indiqué, est fortement disparate et varie entre 12 échantillons pour ANTONOU-POULOU *et coll.* [2013] jusqu'à 168 échantillons

pour l'étude de HALALSHEH *et coll.* [2008]. Cette étude se différencie de la majorité des publications par le nombre important d'échantillons (165) sur lequel elle s'appuie et par la diversité des eaux grises analysées.

3. Résultats et discussion

3.1. Spécificité de la vaisselle manuelle

Contrairement aux cinq autres types d'eaux grises, plusieurs procédures de prélèvements ont été réalisées pour l'analyse des eaux de vaisselle manuelle. Le *tableau VII* donne les concentrations moyennes et les valeurs min-max pour l'analyse des deux types de vaisselle. De même, les résultats de l'analyse des eaux mixtes (méthode « bac unique ») et les eaux de lavage et de rinçage (méthode « bacs séparés ») y sont détaillés. En plus de ces trois types d'eaux, la moyenne des eaux de lavage et de rinçage est fournie. Son calcul a été effectué selon le principe que le volume d'eau utilisé pour nettoyer la vaisselle était identique à celui utilisé pour la rincer, par conséquent

	Lavage et rinçage dans deux bacs séparés			Lavage et rinçage dans un bac unique	Total
	Lavage (n = 15)	Rinçage (n = 15)	Moyenne (n = 15)	Eaux mixtes (n = 15)	(n = 30)
pH	6,8 (5,7 - 7,4)	7,4 (7,1 - 7,6)	7,1 (6,5 - 7,5)	6,9 (6,4 - 7,9)	7,0 (6,4 - 7,9)
MES (mg/L)	485 (21 - 1 900)	34,4 (2,6 - 150)	260 (12 - 972)	326 (19 - 1 300)	294 (12,4 - 1 300)
NTK (mgN/L)	24,2 (10,8 - 84,1)	2,8 (2,5 - 2,9)	12,8 (6 - 45,1)	11,2 (3,4 - 27,3)	12,1 (3,4 - 45,1)
DCO (mgO ₂ /L)	1 640 (355 - 5 600)	66,6 (22 - 277)	864 (197 - 2 819)	919 (124 - 2 620)	894 (124 - 2 819)
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	813 (180 - 2 500)	57,31 (7,0 - 240)	437 (128 - 1 258)	474 (70 - 1 170)	457 (70 - 1 258)
DCO/DBO ₅	2,09 (1,25 - 4,79)	1,58 (0,16 - 2,53)	1,73 (0,94 - 2,72)	1,97 (1,38 - 2,77)	1,87 (0,94 - 2,77)
COD (mgC/L)	133 (91,4 - 253)	7,5 (3,3 - 17,5)	67,9 (48,7 - 135)	80,6 (22,8 - 125)	73,5 (22,8 - 135)
COP (mgC/gMES)	617 (520 - 705)	553 (455 - 810)	590 (527 - 687)	593 (473 - 695)	592 (473 - 695)
COT (mgC/L)	466 (147 - 1 396)	17,7 (9,6 - 41,0)	188 (114 - 314)	299 (32 - 699)	237 (32 - 699)

Se reporter au *tableau II* pour la signification des abréviations.

Tableau VII. Cas particulier des eaux grises issues de la vaisselle manuelle (valeurs moyennes, min-max)

	Douche (n = 25)	Lave-linge (n = 25)	Lave-vaisselle (n = 25)	Vaisselle manuelle (n = 30)	Lavabo (n = 20)	Nettoyage des sols (n = 25)
pH	7,7 (7,1 - 7,9)	7,5 (6,5 - 8,6)	9,1 (5,6 - 10,3)	7,0 (6,4 - 7,9)	7,3 (7,0 - 7,7)	7,1 (3,3 - 8,3)
MES (mg/L)	48,7 (2,50 - 190)	155 (36 - 300)	248 (27 - 880)	294 (12,4 - 1 300)	131 (26 - 360)	285 (32 - 1 200)
NTK (mgN/L)	9,9 (6,0 - 14,1)	32,7 (5,3 - 113)	27,2 (5,7 - 52,2)	12,1 (3,4 - 45,1)	9,20 (3,7 - 13,4)	40,5 (6,0 - 363)
DCO (mgO₂/L)	292 (49 - 724)	1 477 (439 - 2 860)	1 859 (506 - 2 860)	894 (124 - 2 819)	489 (167 - 1 091)	2 302 (245 - 13 900)
DBO₅ (mgO₂/L)	132 (14 - 380)	585 (150 - 1 150)	928 (200 - 2 170)	457 (70 - 1 258)	267 (91 - 590)	854,8 (100 - 5 250)
DCO/DBO₅	2,24 (1,49 - 3,50)	2,68 (1,58 - 5,77)	2,15 (1,40 - 3,94)	1,87 (0,94 - 2,77)	1,96 (1,13 - 2,79)	3,25 (1,50 - 7,51)
COD (mgC/L)	32,7 (7,61 - 76,6)	155 (43,7 - 276)	319 (57,8 - 605)	73,5 (22,8 - 135)	63,5 (17,7 - 63,5)	132 (37,2 - 322)
COP (mgC/gMES)	513 (223 - 568)	516 (273 - 610)	513 (279 - 638)	592 (473 - 695)	393 (239 - 618)	435 (159 - 632)
COT (mgC/L)	60,3 (9,3 - 142)	239 (65 - 219)	425 (120 - 691)	237 (32 - 699)	112 (44,9 - 219)	253 (36,7 - 814)

Se reporter au *tableau II* pour la signification des abréviations.

Tableau VIII. Résultats obtenus pour les différentes eaux grises (moyenne, min-max)

la concentration moyenne est calculée comme suit : (concentration lavage + concentration rinçage)/2.

Si l'on compare les concentrations obtenues pour les eaux de lavage et de rinçage considérées séparément, logiquement les eaux de lavage apparaissent beaucoup plus chargées. Pour le pH, les eaux de lavage sont légèrement plus acides que les eaux de rinçage. Pour les autres paramètres, les concentrations entre les deux types d'eau sont dans un rapport de 10 (NTK) à 25 (DCO et COT).

Lors de la comparaison des valeurs obtenues par calcul de la moyenne des eaux de lavage et de rinçage, avec les concentrations mesurées sur les eaux mixtes, il apparaît clairement une forte similitude entre les deux jeux de données, exception faite du COT pour lequel les eaux mixtes sont plus concentrées. Au vu de cette similitude et dans un souci de simplification, il a été décidé de considérer les deux méthodes d'échantillonnage décrites (bacs séparés ou uniques) comme un seul et même type d'eau : la vaisselle manuelle. Ce sont donc au total 30 valeurs (15 valeurs calculées à partir des concentrations des eaux de lavage et de rinçage dans deux bacs séparés et 15 pour les eaux de vaisselle dans un bac unique) qui

seront utilisées. Aussi, dans le *tableau VIII* qui synthétise les résultats d'analyses pour chaque type d'eaux, pour le cas spécifique de la vaisselle manuelle est fournie pour chaque paramètre la moyenne des concentrations mesurées sur les eaux mixtes et celle des eaux de lavage et de rinçage (bacs séparés).

À la suite de l'absence de valeurs réglementaires spécifiques aux rejets d'eaux grises, pour l'exploitation des résultats, les concentrations mesurées pour chacun des paramètres ont été comparées aux valeurs limites fixées dans le règlement d'assainissement des Hauts-de-Seine du 9 juillet 2012 [CG92, 2012].

3.2. pH

Si l'on compare les valeurs de pH obtenues au cours de cette étude à celles issues de la littérature, on obtient des niveaux identiques tant avec les pH pour les eaux grises en général (*tableau V*) qu'avec ceux des différents types d'eaux grises (*tableau VI*). Seule une différence est relevée pour les eaux générées par le lave-vaisselle. En effet, les pH de notre étude sont plus alcalins (moyenne calculée à pH 9,1 et médiane à 9,7) que ceux relevés dans la littérature (pH 8,2). Toutefois, les tendances observées sont les mêmes, à

savoir que les eaux générées par le lave-vaisselle sont les plus basiques, les autres sont plutôt neutres. On peut noter que les valeurs de pH les plus faibles ont été mesurées pour les eaux de nettoyage de sols, certaines se révélant plutôt acides (pH minimum mesuré à 3,30). Les mesures de pH pour chaque type d'eau sont relativement reproductibles, le coefficient de variation ($CV = 100 \times \text{écart type/moyenne}$) étant équivalent, voire inférieur, à l'incertitude du laboratoire (7 %), excepté pour les eaux de lavage des sols et celles issues du lave-vaisselle (CV de l'ordre de 15 %). Pour ces deux types d'eau, les valeurs minimales et maximales obtenues sont différentes d'environ 5 unités pH. Cela peut s'expliquer par la disparité de composition des produits ménagers utilisés. Si l'on se réfère aux limites fixées dans le règlement d'assainissement des Hauts-de-Seine (pH situé entre 5,5 et 8,5), des dépassements ont été relevés uniquement pour les eaux rejetées par le lave-vaisselle.

3.3. Matières en suspension

Pour ce paramètre, la médiane, les percentiles 10 et 90 et les quartiles 1 (25 %) et 3 (75 %) obtenus sur chacun des types d'eau ont été représentés sous forme de boîtes à moustaches dans la figure 3. Sont représentés sur ces figures : les percentiles 10 et 90 (traits verticaux de part et d'autre de la boîte), les 1^{er} et 3^e quartiles (traits inférieur et supérieur de la boîte) et la médiane.

Pour les MES, des différences ont été mises en évidence par rapport aux études précédentes (tableaux V et VI). Ainsi, seules les concentrations mesurées pour le lave-linge (entre 36 et 300 mg/L) et la vaisselle manuelle (de 12 à 1 300 mg/L) correspondent aux données du tableau VI. En règle générale, les valeurs de MES relevées au cours de cette étude se révèlent en effet plus faibles. C'est notamment le cas des eaux de douche, pour lesquelles la moyenne obtenue (49 mg/L) est très largement inférieure aux concentrations relevées dans la littérature, voisines de 300 mg/L. Cela pourrait s'expliquer par des méthodes d'échantillonnage différentes. Par ailleurs, il faut noter que la majorité des concentrations observées sont inférieures à la limite fixée dans le règlement d'assainissement des Hauts-de-Seine (600 mg/L). Cependant, les eaux de lavage de sol et de vaisselle

(manuelle ou automatique) se révèlent être une source non négligeable de MES. En effet, les moyennes et les valeurs max les plus élevées ont été obtenues pour les eaux de vaisselle (moyenne : 294 mg/L ; max : 1 300 mg/L) et de nettoyage de sols (285 mg/L ; 1 200 mg/L) suivies par les eaux générées par le lave-vaisselle (248 mg/L ; 880 mg/L).

3.4. Azote total Kjeldahl

Les concentrations en NTK mesurées dans le cadre de cette étude (comprises entre 9,2 et 40,5 mgN/L, tableau VIII), représentées sur la figure 4, sont, en général, nettement supérieures aux valeurs retrouvées dans la littérature pour les eaux grises (9,5 mgN/L, tableau V). Elles sont, cependant, en accord avec celles observées pour chacun des types d'eaux grises (tableau VI). Ce constat peut s'expliquer par un phénomène de dilution. En effet, si l'on examine de plus près les eaux de douche (47 L) et de lavabos (7 L), pour lesquelles aucune donnée n'existe dans la littérature, elles contiennent trois fois moins d'azote (moyennes et médianes voisines de 10 mgN/L, valeurs max aux environs de 15 mgN/L) que les eaux de lave-linge et de lave-vaisselle (moyennes et médianes proches de 30 mgN/L). La variabilité la plus importante a été obtenue pour les eaux de lavage de

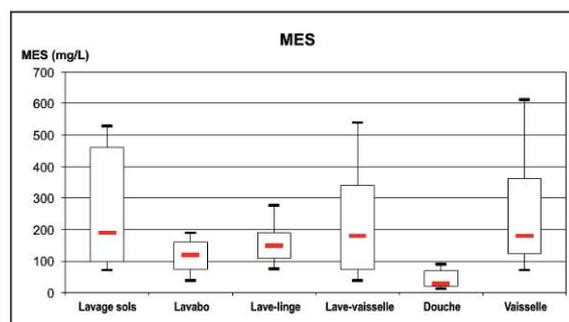


Figure 3. Concentration en matières en suspension (MES)

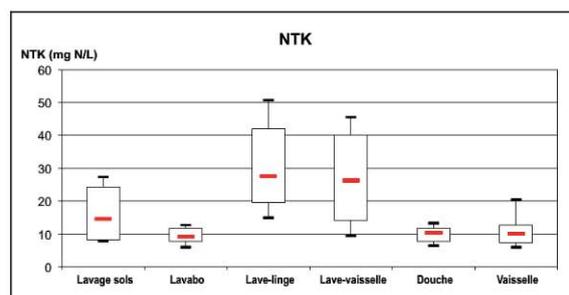


Figure 4. Concentration en azote total Kjeldahl (NTK)

Solutions WatchFrog



Tests en
laboratoire



Mesure sur site en
continu : FrogBox®



Evaluation de l'efficacité d'une filière de traitement.

Cartographie des sources de pollution.

Qualification des ressources d'eau potable

**Rencontrez-nous sur
notre stand :
Hall 4 – Stand 380**

27 et 28 janvier 2016
RENNES - Parc des Expositions

www.carrefour-eau.com



Contact : labo@watchfrog.fr – 01 69 36 11 15

sols (CV = 200 %) qui présentent par ailleurs les concentrations les plus élevées (moyenne à 40,5 mgN/L). Enfin, l'ensemble des concentrations observées se révèle relativement faible, au regard du règlement d'assainissement des Hauts-de-Seine (limite fixée à 150 mgN/L).

3.5. Demande chimique en oxygène

Pour chaque type d'eau, on observe une grande variabilité des concentrations (figure 5). Cela est cohérent avec les données de la littérature. Cette variabilité est plus marquée pour les eaux de lavage de sols (CV = 130 %). Si l'on compare les résultats de cette étude aux données du tableau VI, des similitudes apparaissent dans les tendances observées et les plages des valeurs mesurées, même si, pour les lavabos et les lave-vaisselle, les valeurs obtenues dans le cadre de cette étude sont légèrement plus élevées. Par exemple, pour les eaux générées par les lave-vaisselle, la moyenne et la médiane des valeurs obtenues sont respectivement égales à 1 859 et 2 008 mgO₂/L alors que FRIEDLER [2004] annonce une DCO de 1 296 mgO₂/L pour ce même type d'eau. Nos résultats soulignent que les eaux issues du lavage des sols et du lave-vaisselle sont chargées en DCO, plus particulièrement pour le lavage des sols. Les moyennes relevées pour ces deux types d'eau, respectivement égales à 2 302 mgO₂/L et 1 859 mgO₂/L, sont proches, voire supérieures, à la limite fixée pour le règlement d'assainissement des Hauts-de-Seine (2 000 mgO₂/L).

3.6. Demande biochimique en oxygène

Les deux types d'eau (lavage des sols et lave-vaisselle) s'avèrent également chargés en DBO₅, (figure 6). En effet, les moyennes mesurées (855 mgO₂/L pour le lavage des sols et 928 mgO₂/L pour le lave-vaisselle) sont supérieures à la limite fixée dans le règlement d'assainissement des Hauts-de-Seine (800 mgO₂/L). Si on examine les médianes et moyennes pour chaque type d'eau, on retrouve une tendance identique à celle observée pour la DCO. La variabilité des mesures est similaire pour tous les types d'eau (CV compris entre 50 et 75 %), excepté pour les eaux de nettoyage des sols qui présentent un coefficient de variation jusqu'à deux fois plus élevé (130 %). La comparaison à la

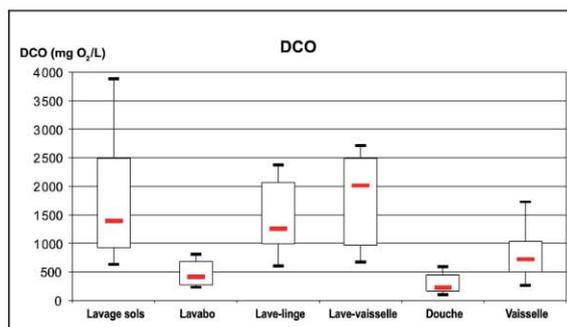


Figure 5. Concentration en demande chimique en oxygène (DCO)

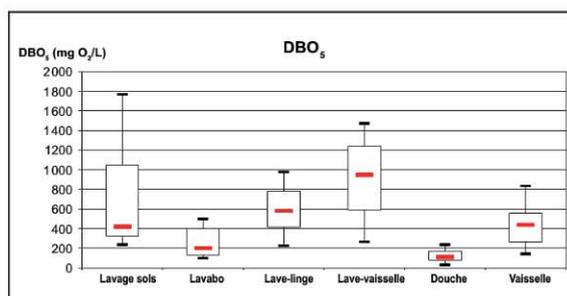


Figure 6. Concentration en demande biochimique en oxygène (DBO₅)

littérature ne montre pas de différence notable, sauf pour le lave-linge pour lequel des concentrations nettement plus élevées ont été obtenues dans le cadre de cette étude (étendue min-max des mesures de 150 à 1 150 mgO₂/L contre la plage 48-472 mgO₂/L issue de la bibliographie) et à l'inverse pour les eaux de douche moins chargées (étendue de 14 à 380 mgO₂/L) comparées aux valeurs du tableau VI (200-600 mgO₂/L).

3.7. Biodégradabilité

Le rapport DCO sur DBO₅ est considéré comme un indicateur de la biodégradabilité d'une eau usée [MÉOT et ALAMY, 1990 ; MERCOIRET, 2010]. La biodégradabilité est équivalente, quel que soit le type d'eau (entre 1,87 et 2,68 en moyenne, tableau VIII), excepté pour le lavage des sols, pour lequel elle est plus élevée (moyenne à 3,25). Ainsi, à l'exception des eaux du nettoyage des sols, toutes les eaux grises apparaissent comme biodégradables (DCO/DBO₅ < 3).

3.8. Carbone organique total

Pour ce paramètre (tableau VIII et figure 7), les concentrations les plus élevées ont été obtenues pour les eaux de lave-vaisselle (médiane à 448 mgC/L).

SOLUTIONS DE TRAITEMENT DE L'EAU



COMAP Water Treatment développe depuis plus de 30 ans une gamme complète de solutions pour le traitement de l'eau, répondant aux utilisations industrielles, tertiaires et résidentielles.

Notre savoir-faire repose sur une maîtrise de l'ensemble des technologies de traitement : **filtration, protection anti-tartre, adoucissement, désinfection et déchloramination UVc.**

HUIT GRANDS CHAMPS D'APPLICATIONS

EAU POTABLE 	EAUX USÉES 	EAUX DE PROCESS INDUSTRIELS 	EAUX DE PISCINE
EAUX SALÉES 	EAUX DE RÉSEAU FERMÉ 	EAU CHAUDE SANITAIRE 	EAUX DE PUISAGE



Montélier (Drome - France) site certifié ISO 9001

**RETROUVEZ-NOUS AU CARREFOUR DE L'EAU
LES 27 ET 28 JANVIER 2016 - HALL 5, STAND 202**

COMAP Water Treatment
www.comapwt.com - Tél. : 04 75 85 28 11

Envie d'un assainissement
ÉCOLOGIQUE ?



Aquatiris

www.aquatiris.fr

PREMIER RÉSEAU FRANÇAIS DE PHYTOÉPURATION

200 professionnels spécialisés
en assainissement écologique et esthétique,
sans fosse septique.

» Retrouvez-nous les 27 & 28 janvier
au Carrefour de l'Eau, à Rennes
On vous réserve quelques surprises sur le stand 147...



AquaTours

Recherche et détection de fuites

Eau

- Recherches de fuites
- Rendements de réseaux
- Poteaux incendie

Assainissement

- Contrôle de raccordements
- Recherche d'eaux parasites

13 Rue Claude Griveau - 37540 St-Cyr-sur-Loire
www.aquatours.fr

contact@aquatours.fr

Bertrand DUGUÉ

N° Appel 06 20 86 43 67

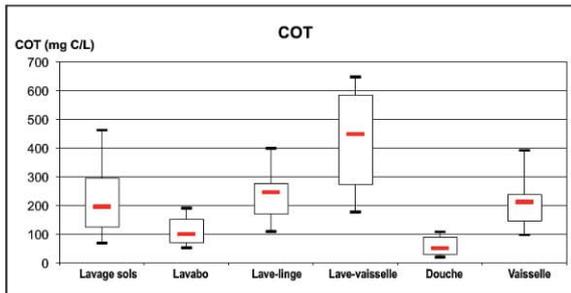


Figure 7. Concentration en carbone organique total (COT)

Une nouvelle fois, les eaux de lavage de sols présentent la plus grande variabilité (valeurs comprises entre 36,7 (min) et 814 (max) mgC/L) ; le coefficient de variation (CV 85 %) est similaire à celui de la vaisselle manuelle (80 %) et est deux fois plus élevé que celui des autres types d'eau.

Sont représentés : les percentiles 10 et 90 (traits verticaux de part et d'autre de la boîte), les 1^{er} et 3^e quartiles (traits inférieur et supérieur de la boîte) et la médiane.

3.9. Carbone organique particulaire

Les teneurs obtenues pour le COP (figure 8 et tableau VIII) sont relativement homogènes pour les eaux issues des lave-linge (moyenne à 516 mgC/gMES), des lave-vaisselle (513 mgC/gMES) et des douches (513 mgC/gMES). Les teneurs les plus faibles ont été obtenues pour les eaux issues des lavabos (393 mgC/gMES en moyenne), au contraire les eaux de vaisselle manuelle apparaissent comme les plus chargées (592 mgC/gMES). Pour ces dernières, la valeur minimum mesurée (473 mgC/gMES) est environ deux fois plus élevée que celles relevées pour les autres types d'eau. Il est intéressant de noter qu'il s'agit du seul paramètre pour lequel les eaux de nettoyage de sols présentent des teneurs dans la fourchette basse comparées aux autres sources. Par ailleurs, pour un même type d'eau, les concentrations sont particulièrement peu dispersées, les coefficients de variation (variant de 10 à 30 %) pouvant correspondre aux incertitudes de mesure et le rapport entre les percentiles 90 et 10 (d90/d10) étant inférieur à 2

3.10. Carbone organique dissous

Le COD montre une tendance similaire à celle observée pour le COT (figure 9), à savoir des concentrations

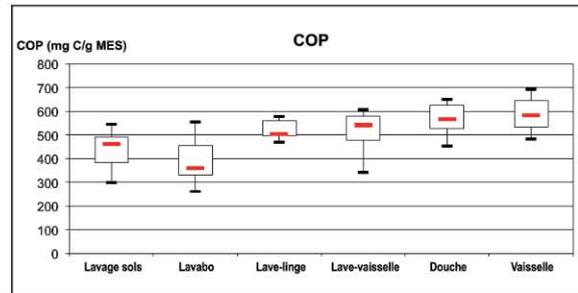


Figure 8. Concentration en carbone organique particulaire (COP)

plus faibles pour les douches (moyenne égale à 33 mgC/L) et au contraire des valeurs prépondérantes pour les eaux de lave-vaisselle jusqu'à 10 fois supérieures (319 mgC/L). Les variabilités obtenues pour ce paramètre sont similaires pour tous les types d'eau (CV voisin de 50 %), à l'exception des lavabos (CV = 80 %). Quel que soit le type d'eau, la contribution du COD au COT est équivalente, voisine de 60 %, exception faite, toutefois, des eaux issues de vaisselle manuelle dont la proportion de COD est de 20 % et celles issues de lave-vaisselle avec 75 % de COD.

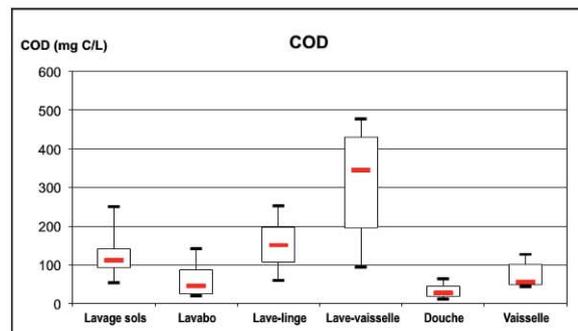


Figure 9. Concentration en carbone organique dissous (COD)

3.11. Conclusion

De cette étude, il ressort très clairement que les eaux issues du lave-vaisselle et du nettoyage des sols sont les plus chargées, tous paramètres confondus, au contraire des eaux de lavabo et de douche qui présentent, en règle générale, des concentrations beaucoup plus faibles que les autres types d'eau. Une telle tendance n'avait encore jamais été mise en évidence pour les sols (tableau VI). En se référant au règlement d'assainissement des Hauts-de-Seine, à quelques dépassements près, les eaux grises étudiées présentent en



Réduit les coûts jusqu'à

30%
la 1^{ère} année

comparé aux installations
avec variateur « standard ».

Variateurs de vitesse VLT®

Nouvelle Génération VLT® AQUA Drive

La solution idéale pour toutes les applications des métiers de l'eau



Un variateur dédié à votre métier !

En effet, le VLT® AQUA Drive offre l'ensemble des fonctionnalités nécessaires au pilotage des machines présentes dans ces domaines telles que les pompes centrifuges ou doseuses, les dégrilleurs, les vis de relevage, les décanteurs, les centrifugeuses, les racleurs ou autres...

Une conception adaptée !

- Facteur de puissance réel $\geq 0,9$
 - Courant consommé plus faible
 - Puissance active maximale
 - Pas besoin de déclasser les équipements de puissance (fusibles, contacteur, transformateur d'alimentation, ...)
- Tropicalisation 3C2 en standard / 3C3 en option
 - Fiable même dans les environnements difficiles
- Rendement élevé $\geq 98\%$
 - Peu de pertes, ce qui augmente les économies d'énergie

Fonctions spécifiques pour le domaine de l'eau

- Simple à installer
- Couple constant et couple variable; 1 seul type de variateur pour toutes vos applications
- Afficheur en français et Régulateurs PID
- Détection fin de course, pompe à sec et manque d'eau
- Fonction décolmatage automatique
- Mode veille et Contrôleur en cascade
- Mode remplissage tuyauterie
- Rampes en 2 étapes (pompes immergées)
- Et bien d'autres...

La gamme VLT® AQUA Drive

- 0,25kW à 1400kW (3 x 200V - 690V)
- IP 00, IP 20/21, IP 54/55 & IP 66
- Selfs anti-harmoniques et filtre RFI intégrés
- Tenue en température $\geq 50^{\circ}\text{C}$
- Et bien plus encore !

Danfoss VLT Drives France
1 Bis Av. Jean d'Alembert, 78990 Elancourt
Tél. 01 30 62 50 00, E-mail: variateurs.vlt@danfoss.fr

VLT®
THE REAL DRIVE

www.drives.danfoss.fr

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

moyenne des concentrations inférieures aux limites de rejet fixées. Des variabilités spatiales supérieures à 20 % ont été relevées pour tous les paramètres (sauf le pH) et tous les types d'eaux grises ; elles sont cependant plus marquées pour les eaux de lavage de sols. Cela pourrait s'expliquer par la différence de composition des produits disponibles dans le commerce et la nature des sols (dalle plastique, carrelage, bois stratifié).

4. Réutilisation

Le *tableau IX* présente les caractéristiques physico-chimiques d'une eau grise reconstituée à partir des médianes des concentrations mesurées pour chacun des paramètres et des volumes d'eau domestique consommés par jour et par habitant (*tableau I*) comme suit :

$$C_{\text{eau grise synthétique}} = \frac{\sum_i C_i V_i}{\sum_i V_i}$$

avec C_i = les médianes des eaux grises suivies dans cette étude et V_i = les volumes d'eau associés à chaque eau grise.

Cette eau, biodégradable, a un pH relativement neutre et une concentration en NTK modérée. Comparée aux valeurs issues de la littérature (*tableau V*), elle présente globalement des caractéristiques physico-chimiques comparables à celles d'un mélange d'eaux

grises. Les MES se distinguent, car la concentration de notre eau grise synthétique (82 mg/L) est significativement plus faible que les valeurs du *tableau V*, comprises entre 125 mg/L [CHAILLOU *et al.*, 2011] et 845 mg/L [HALALSHEH *et al.*, 2008]. Cette comparaison confirme la représentativité de nos échantillons et la légitimité des hypothèses, sur les volumes, pour la reconstitution de cette eau synthétique.

En ce qui concerne la réutilisation des eaux usées, il n'existe pas de réglementation en France. Les valeurs seuils trouvées dans la littérature au niveau international sont synthétisées dans le *tableau X*.

Si le pH et la concentration en NTK de l'eau grise synthétique sont conformes en vue d'une réutilisation, les concentrations en MES, DCO et DBO₅ sont 2 à 10 fois trop élevées, en fonction du pays considéré. La suppression des MES permettrait d'éliminer le carbone organique particulaire qui représente pour cette eau 40 % de la source en carbone organique, et donc de réduire considérablement la charge en DCO et DBO. Il existe plusieurs systèmes d'élimination des particules, plus ou moins élaborés. Cette étude mériterait d'être poursuivie en étudiant sur des prototypes l'efficacité de chacun de ces systèmes afin de proposer un traitement optimisé de ces eaux grises, compromis entre le coût et le besoin sur les polluants à éliminer prioritairement.

pH	MES (mg/L)	NTK (mgN/L)	DCO (mgO ₂ /L)	DBO ₅ (mgO ₂ /L)	DCO/DBO ₅	COD (mgC/L)	COP (mgC/kgMS)
7,6	82	14,2	536	277	2,24	70,5	536

Se reporter au *tableau II* pour la signification des abréviations.

Tableau IX. Caractéristiques de l'eau grise « synthétique »

	États-Unis ^{a,c} 2007	Canada ^c 2007	Italie ^c 2006	Chine ^a 2006	Israël ^c 2004	Jordanie ^b 2002
pH	6-9		6-9	6-9		6-9
MES (mg/L)		10	10		10	50
NTK (mgN/L)			15			45
DCO (mgO ₂ /L)			100		100	100
DBO ₅ (mgO ₂ /L)	10	10	20	10	10	30
Réutilisation	Toilettes Arrosage Nettoyage voiture	Usages domestiques		Toilettes Irrigation		Irrigation

a : [Chaillou *et al.*, 2011] ; b : [Halalshah *et al.*, 2008] ; c : [Li *et al.*, 2009]. Se reporter au *tableau II* pour la signification des abréviations.

Tableau X. Réglementations pour la réutilisation des eaux grises

Dans le cas idéal où les eaux seraient évacuées séparément en fonction de leur origine, de par leur qualité physico-chimique, les eaux de lavabo et de douche apparaissent comme étant les eaux grises à privilégier pour une réutilisation. Les eaux de douche qui contiennent 5 à 10 fois moins de MES que les autres types d'eau pourraient être retenues préférentiellement. Le choix de ces deux eaux se justifierait d'autant plus qu'elles représentent une part non négligeable des eaux grises (pour rappel, en volume, 39 % pour les douches et bains et 6 % pour les eaux de lavabo). Par ailleurs, le volume disponible serait suffisant pour alimenter les toilettes.

Conclusions et perspectives

Les objectifs de cette étude étaient de déterminer, en vue de leur réutilisation éventuelle, les caractéristiques physico-chimiques des différents types d'eaux grises : douche, lavabo, lave-linge, lave-vaisselle, nettoyage des sols, vaisselle manuelle. Pour ce faire, 165 échantillons ont été collectés sur la région Île-de-France aux fins d'analyse des sept principaux paramètres généraux : pH, MES, NTK, DCO, DBO₅, COD et COP ; constituant ainsi une base solide de 1 045 données. L'exploitation des résultats obtenus montre une différence de qualité marquée selon l'origine des eaux. Les eaux issues du lave-vaisselle et des lavages de sol sont les plus chargées, tous paramètres confondus, au contraire des eaux de lavabo et de douche qui présentent en règle générale des concentrations beaucoup plus faibles que les autres types d'eau.

Bibliographie

ABELIOTIS K., DIMITRAKOPOULOU N., VAMVAKARI M. (2012) : « Attitudes and behaviour of consumers regarding dishwashing: the case of Patras, Greece ». *Resources, Conservation and Recycling* ; 62 : 31-6.

ANTONOPOULOU G., KIRKOU A., STASINAKIS A.S. (2013) : « Quantitative greywater characterisation in Greek households and investigation of their treatment using physicochemical methods ». *Science of the Total Environment* ; 454-455 : 426-32.

AFNOR (2014) : Norme NF EN 16323. *Glossaire de termes techniques des eaux résiduaires*, 126 p.

En ce qui concerne la réutilisation des eaux usées, il n'existe pas de réglementation en France. Si l'on se réfère aux critères de réutilisation fixés par d'autres pays, il paraît difficile d'utiliser les eaux usées domestiques sans traitement préalable. Cependant, certaines eaux grises semblent mieux se prêter à une réutilisation, c'est notamment le cas des eaux de douche, faiblement chargées au regard des cinq paramètres réglementaires. En effet, cette eau présente un pH, des concentrations en azote et en MES qui, selon les pays, permettraient une réutilisation directe. Seule la charge organique relevée dans ce type d'eau (DCO, DBO₅) nécessiterait un abattement. La suppression des matières en suspension permettrait d'éliminer le carbone organique particulaire, vecteur de cette charge.

Cette étude, complétée par la partie II relative à l'analyse des phtalates et des alkylphénols, mériterait d'être poursuivie en étudiant sur des prototypes l'efficacité de différents systèmes de filtration afin de proposer un traitement de ces eaux grises optimisé, compromis entre le coût, le besoin sur les polluants à éliminer prioritairement et l'acceptation sociale.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les volontaires ayant participé à la collecte d'échantillons des eaux grises. Les auteurs remercient également le LCPP pour l'octroi de la bourse de thèse de S. Deshayes ainsi que la Sevesc et le programme de recherche Opur pour leurs soutiens financiers.

BERGÉ A., GASPERY J., ROCHER V., GRAS L., COURSIMAULT A., MOILLERON R. (2013b) : « Phtalates et alkylphénols dans les effluents industriels : contribution à la pollution véhiculée dans les réseaux d'assainissement parisiens ». *TSM* ; 11 : 45-54.

BERGÉ A., GASPERY J., ROCHER V., GRAS L., COURSIMAULT A., MOILLERON R. (2014) : « Phthalates and alkylphenols in industrial and domestic effluents: Case of Paris conurbation (France) ». *Science of the Total Environment* ; 488, 26-35.

BERKHOLZ P., STAMMINGER R., WNUK G., OWENS J., BERNARDE S. (2010) : « Manual dishwashing habits: an



Acteur du développement durable des territoires

Acteur de la gestion déléguée de services publics à l'environnement, le groupe Saur accompagne les collectivités locales et les industriels dans leurs projets d'aménagement liés à l'eau (Saur), la propreté (Coved), l'ingénierie (Stereau), les travaux (Cise TP) et les activités de loisirs (Blue Green, Flower Campings).

Nous intervenons au travers d'unités décentralisées, au plus près des enjeux, tout en ayant la volonté de faire bénéficier localement nos clients de la puissance de notre Groupe. Cette mise en réseau des territoires permet de partager le meilleur de l'innovation et de la R&D, en alliant l'imagination du concepteur à l'expérience de l'opérateur.

Avec nos 12 000 collaborateurs, nous sommes au service de 18 millions de consommateurs à travers le monde.

Retrouvez-nous à Rennes, les 27 et 28 janvier 2016 au 17^e Carrefour des gestions locales de l'Eau - Stand 51 - Hall 5

www.saur.com

Eau • Propreté • Ingénierie • Travaux • Loisirs

Sols - Sédiments - Déchets - Eaux souterraines & superficielles - Air

La fiabilité de vos diagnostics environnementaux dépend de vos outils !



Nouveau: Enregistreurs piézométriques ventilés et modems IN-SITU Inc. **In-Situ**

Appareils Multiparamètres Qualité des eaux **AQUAREAD**

Nouveau: Sonde autonome Aqua TROLL 600

Stations météo / hydro GPRS / UHF **ADCSN TELEMETRY**

SDEC Solutions technologiques pour l'environnement

SDEC France - Z.I. de la Gare - BP 27 Tauxigny - 37310 Reignac sur Indre - France
 Tél: 02 47 94 10 00 - Fax: 02 47 94 17 13 - e-mail: info@sdec-france.com

Découvrez nos équipements sur: www.sdec-france.com



Laissez respirer votre système de traitement des eaux usées

Air Products fournit des solutions d'oxygène (oxygène pur ou oxygène généré sur site) pour votre station d'épuration afin de:

- Augmenter la capacité de traitement
- Absorber les pics de charge
- Traiter des problèmes d'odeur, de mousse ou de boues
- Réduire l'empreinte CO₂ du site (économies d'énergie)
- Limiter la production de boues

Les offres d'Air Products peuvent améliorer le traitement des eaux usées à un coût inférieur.

Contactez-nous pour plus d'informations:

Air Products SAS

Parc des Portes de Paris, Bâtiment 270

45 avenue Victor Hugo, 93300 Aubervilliers

T 0800 480 030 frinfo@airproducts.com

tell me more*
airproducts.fr

*pour en savoir plus

empirical analysis of UK consumers ». *International Journal of Consumer Studies* ; 34 : 235-42.

BOYJOO Y., PAREEK V., ANG M. (2013) : « A review of greywater characteristics and treatment processes ». *Water Science & Technology* ; 67 (7) : 1403-24.

CHAILLOU K., GÉRENTE C., ANDRÈS Y., WOLBERT D. (2011) : « Bathroom greywater characterization and potential treatments for reuse ». *Water Air Soil Pollut* ; 215 : 31-42.

CNRS. Dossier scientifique : l'eau – usages domestiques [en ligne]. Disponible sur : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/usages/consoDom.html> (consulté en décembre 2015).

CG92 – Conseil général des Hauts-de-Seine (2012) : *Règlement du service départemental d'assainissement des Hauts-de-Seine*. 9 juillet 2012, pp. 14.

EL-SHAFI S., EL-GOHARY F., NASR F., PETER VAN DER STEHEN N., GIJEN H. (2007) : « Nutrient recovery from domestic wastewater using a UASB-duckweed ponds system ». *Bioresource Technology* ; 98 : 798-807.

ERIKSSON E., AUFFARTH K., HENZE M., LEDIN A. (2002) : « Characteristics of grey wastewater ». *Urban Water* ; 4 : 85-104.

FRIEDLER E. (2004) : « Quality of individual domestic greywater streams and its implication for on-site treatment and reuse possibilities ». *Environmental Technology* ; 25 : 997-1008.

HALALSHEH M., DALAHMEH S., SAYED M., SULEIMAN W., SHAREEF M., MANSOUR M., SAFI M. (2008) : « Grey water characteristics and treatment options for rural areas in Jordan ». *Bioresource Technology* ; 99 : 6635-41.

INSEE (2012) : « Baisse modérée de la taille des ménages en Île-de-France ». *Fait et chiffres* ; n° 291, http://www.insee.fr/fr/insee_regions/idf/themes/faits_et_chiffres/fc291/fc291.pdf, 3 p.

HOWARD-REED C., CORSI R. (1999) : « Mass transfert of volatile organic compounds from drinking water of indoor air: the role of residential dishwashers ». *Environmental Science & Technology* ; 33 : 2266-72.

JAMRAH A., AL-FUTAISI A., PRATHAPAR S., AL HARRASI A. (2008) : « Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources management in Oman ». *Environ Monit Assess* ; 137 : 315-27.

JIWAKOK S., ITTISUPORN RAT S., CHARUDACHA C., NAKAJIMA J. (2013) : « The potential for decentralized reclamation and reuse of household greywater in peri-urban areas of Bangkok ». *Water and Environment Journal* ; 27 : 229-37.

LI F., WICHMANN K., OTTERPOHL R. (2009) : « Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses ». *Science of the Total Environment* ; 407 : 3439-49.

MÉOT B., ALAMY Z. (1990) : *Les eaux usées urbaines. Réglementation des rejets urbains. Traitement de finition par géoépuraton*. Rapport technique du BRGM, 99 p.

MERCOIRET L. (2010) : *Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités. Application aux agglomérations d'assainissement inférieur à 2 000 Équivalent Habitants*. Rapport Onema – Cemagref – Epnac. 55 p.

PALMQUIST H., HANÆUS J. (2005) : « Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households ». *Science of the Total Environment* ; 348 : 151-63.

RICHTER C. (2011) : « Usage of dishwashers: observation of consumer habits in the domestic environment ». *International Journal of Consumer Studies* ; 35 : 180-6.

SOURIAU J. (2011) : *Les principaux déterminants de la consommation d'eau à Paris : un état des lieux*. Livrable 2.1 ANR villes durables 2008, 88 p.

Résumé

S. DESHAYES, M. BIGOURIE, V. EUDES, C. DROGUET, R. MOILLERON

Caractérisation des eaux grises (I). Cas des paramètres généraux

Récemment, Bergé et coll. [2014] ont étudié les concentrations des alkylphénols et des phtalates dans les eaux usées à l'échelle de l'agglomération parisienne : un bassin fortement urbanisé, mais faiblement industrialisé. Il a été démontré qu'en matière de flux, ces polluants émergents proviennent essentiellement des eaux usées domestiques, à plus de 95 %, et non des rejets industriels. Cependant, la contribution des différents types d'eaux grises à cette pollution n'est pas encore connue. Les travaux présentés ici ont permis de quantifier dans six types d'eaux grises ou eaux ménagères selon la norme NF EN 16323 [AFNOR, 2014] (eaux issues : des douches, lavabos, lave-linge, lave-vaisselle, nettoyages des sols et vaisselles manuelles), quatre phtalates (DEP, DnBP, BBP et DEHP) et deux familles d'alkylphénols (isomères du nonylphénol et octylphénol), parmi les congénères les plus couramment étudiés. 165 échantillons d'eau répartis

sur la région Île-de-France ont ainsi été collectés. Ces eaux grises sont considérées comme une ressource alternative en eau pour les ménages. L'objectif recherché est le recyclage de ces rejets après traitement, pour des applications non alimentaires ou sanitaires comme les toilettes ou le jardinage... [CHAILLOU *et al.*, 2011 ; BOYJOO *et al.*, 2013]. Cependant, rares sont les études portant sur ces différents types d'eaux permettant de s'assurer de leur qualité physico-chimique pour une possible réutilisation [FRIEDLER, 2004 ; LI *et al.*, 2009]. Ainsi sept des principaux paramètres généraux – pH, matières en suspension (MES), azote total Kjeldahl (NTK), demandes chimique et biochimique en oxygène (DCO et DBO₅) et carbone organique dissous et particulaire (COD et COP) – ont été également mesurés en parallèle des polluants émergents cités précédemment. Les résultats de ces travaux sont présentés sous forme de deux articles : caractérisation des eaux

grises, parties I et II. Si l'étude des polluants émergents fait l'objet de la partie II, la première partie est axée sur les paramètres généraux. Elle définit la méthodologie utilisée pour collecter un nombre d'échantillons important issus de prélèvements représentatifs des rejets étudiés. Puis elle présente les résultats d'analyses obtenus pour les sept prin-

cipaux paramètres généraux constituant ainsi une base solide de plus de 1 000 données. L'exploitation de ces résultats permet de tirer des conclusions quant au choix du type d'eaux grises pouvant servir de ressources alternatives en eau, concluant à privilégier l'utilisation des eaux usées issues des douches.

Abstract

S. DESHAYES, M. BIGOURIE, V. EUDES, C. DROGUET, R. MOILLERON
Characterization of greywater (I). Case of general parameters

Recently, BERGÉ *et al.* [2014] studied the concentrations of alkylphenols and phthalates in wastewater across the Paris area, a heavily urbanized but weakly industrialized catchment. It has been shown that in terms of loads, more than 95% of these emerging pollutants come from domestic sewage. However, the contribution of the different types of greywater to pollution remains yet unknown. Also, it was decided to quantify four phthalates (DEP, DnBP, BBP and DEHP), and two families of alkylphenols (nonylphenol isomers and octylphenol), among the most commonly studied congeners in six types of greywater from showers, sinks, washing machine, dishwasher, cleaning floor and manual dishes. 165 water samples have been collected, and distributed on the Ile-de-France region.

These types of greywater could be considered as an alternative source of water for households. Indeed, these discharges can, after treatment, be used for non-food or sanitary applications such as toilets or gardening... [CHAILLLOU *et al.*, 2011; BOYJOO *et al.*,

2013]. However, only few studies have analyzed these waters to detail their physical and chemical quality before reuse [FRIEDLER, 2004; LI *et al.*, 2009]. Therefore, it was decided to fill this gap by analyzing, in parallel of emerging pollutants, general water quality parameters on the 165 samples collected. These parameters were: pH, total suspended solids (TSS), total Kjeldahl nitrogen (NTK), chemical and biochemical oxygen demand (COD and BOD₅) and dissolved and particulate organic carbon (DOC and POC).

This article is divided into two parts. The first part focuses on the general parameters and the second one emerging pollutants. The first part also defines the methodology used to collect representative samples of greywater. Then it presents the results obtained for general water quality parameters thus providing a robust database of over 1 000 data. These data allow to draw conclusions towards the choice of greywater which can be an alternative water resource. From our results, it is advised to use preferentially water from showers.

Contrôle de réseaux et sites inaccessibles

VIDEO / LOGICIELS / MESURE



Véhicules mixtes inspection vidéo + tests étanchéité «SIROCCO»



HYDROZOOM V2
inspection rapide depuis les regards



Nouvelle gamme
MiniPush
MiniTract



Caméra satellite Satel 200



HYDR'ATEX
Système d'inspection pour réservoirs hydrocarbures

HYDROVIDEO Z.A Pont-Rame - 49430 Durtal (France) • Tél.: (+33) (0)2 41 76 01 90 - Fax : (+33) (0)2 41 76 02 30
 • <http://www.hydrovideo.com> / e-mail : info@hydrovideo.com




eau

Smart photometry

Connectivité · Design · Technologie tactile

Nouveau!



NANOCOLOR® UV/VIS II

Le spectrophotomètre moderne à écran géant HD 10 pouces

- Connexion directe au réseau
- Turbidimètre intégré (NTU-Check)
- Mesure de la couleur conforme CIE



www.mn-net.com

MACHEREY-NAGEL



MACHEREY-NAGEL EURL · 1, rue Gutenberg · 67722 Hoerdt · France

France :
MACHEREY-NAGEL EURL
Tél. : 03 88 58 22 68
Fax : 03 88 51 76 88
E-mail : sales-fr@mn-net.com

Allemagne
et international :
Tél. : +49 24 21 969-0
Fax : +49 24 21 969-199
E-mail : info@mn-net.com

Suisse :
MACHEREY-NAGEL AG
Tél. : +41 62 388 55 00
Fax : +41 62 388 55 05
E-mail : sales-ch@mn-net.com

USA :
MACHEREY-NAGEL Inc.
Tél. : +1 484 821 0984
Fax : +1 484 821 1272
E-mail : sales-us@mn-net.com



Since 1911