



HAL
open science

Caractérisation des eaux usées brutes générées par les particuliers : quantité et qualité

Laurie Olivier, Vivien Dubois, Catherine Boutin

► To cite this version:

Laurie Olivier, Vivien Dubois, Catherine Boutin. Caractérisation des eaux usées brutes générées par les particuliers : quantité et qualité. [Rapport Technique] INRAE UR-Reversaal; Agence Française de la Biodiversité. 2019, 69 p. hal-02893358

HAL Id: hal-02893358

<https://hal.inrae.fr/hal-02893358>

Submitted on 8 Jul 2020

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

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



**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

Établissement public du ministère de l'Environnement

Programme 2016/2018 – Thème « L'eau en espace urbanisé » - Action n° 50 : Amélioration des performances des systèmes d'assainissement non collectif



Caractérisation des eaux usées brutes générées par les particuliers : quantité et qualité

Laurie OLIVIER (Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne)
Vivien DUBOIS (Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne)
Catherine BOUTIN (Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne)

Décembre 2019

Contexte de programmation et de réalisation

Un premier plan d'actions national sur l'assainissement non collectif (PANANC) a été adopté en 2009 afin d'accompagner les acteurs de l'assainissement non collectif (ANC) à la mise en œuvre des nouveaux arrêtés réglementaires pris en application de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 30 décembre 2006. Ces nouveaux arrêtés sont au nombre de trois et ont été adoptés le 7 septembre 2009 et modifiés le 7 avril 2012. Ils sont relatifs aux prescriptions techniques applicables aux installations, aux missions de contrôle et aux modalités d'agrément des installations. Ce premier programme d'actions définit quatre axes, dont l'un d'entre eux vise à garantir la mise en œuvre et la pérennité d'installations d'ANC de qualité. Différentes actions ont ensuite été définies au sein de cet axe, dont celle visant à « Organiser et structurer la recherche et le développement en matière d'ANC pour favoriser le développement et l'expérimentation de procédés performants, en privilégiant les plus intéressants d'un point de vue économique, sanitaire et environnemental ». Cette action constitue le point de départ de l'étude présentée dans ce rapport.

L'arrêté du 7 septembre 2009 fixant les prescriptions techniques applicables aux installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO₅ a considérablement modifié la réglementation précédente relative à l'ANC. Il a notamment autorisé la mise sur le marché et la mise en place chez les particuliers de filières plus compactes que les seules filières de traitement traditionnelles jusque-là autorisées. Ce sont les articles 7 et 8 qui ont autorisé l'installation de ces nouveaux dispositifs désignées sous le nom de « dispositifs agréés ». L'agrément est délivré par les ministères en charge de l'écologie et de la santé à l'issue d'une procédure d'évaluation sur plateforme attestant des bonnes performances de traitement du dispositif concerné. Certaines observations de terrain ont amené les pouvoirs publics à s'interroger sur l'origine de la diversité des qualités des eaux usées traitées. Le large panel des dispositifs de traitement aujourd'hui agréés est certainement un élément d'explication, ainsi que les contraintes liées à la maintenance et à l'entretien de tels systèmes. En complément, Irstea s'intéresse à la caractérisation des eaux usées brutes générées par un ménage et s'interroge sur sa variabilité. Cette caractérisation aborde deux aspects : quantitatif et qualitatif.

Ce rapport présente la méthodologie d'acquisitions des données, la taille des ménages étudiés et les résultats obtenus. Les explications de l'origine des variations observées sont parfois fournies ; le plus souvent, elles le sont seulement sous forme d'hypothèses, une enquête formelle complémentaire, portant sur les habitudes de vie des particuliers n'a pas été conduite.

Dans un premier temps, les résultats sont exprimés par rapport à un ménage ; dans un deuxième temps, ils sont exprimés par rapport à l'habitant.

• AUTEURS

Laurie OLIVIER, Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne, laurie.olivier@irstea.fr

Vivien DUBOIS, Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne, vivien.dubois@irstea.fr

Catherine BOUTIN, Irstea, centre de Lyon-Villeurbanne, catherine.boutin@irstea.fr

• CORRESPONDANTS

AFB : Stéphane GARNAUD-CORBEL, Chargé de mission eau, biodiversité et aménagements urbains, stephane.garnaud-corbelle@afbiodiversite.fr

Irstea : Catherine BOUTIN, Chef de mission, catherine.boutin@irstea.fr

• AUTRES CONTRIBUTEURS

Pierre ARTUIT, Conseil Départemental de la Mayenne

Philippe BRANCHU, Cerema Direction territoriale Ile de France

Roger LACASSE, Premier Tech Aqua

Gaëlle LE QUELLENNEC, Conseil Département des Côtes d'Armor

Rémi SUAIRE, Cerema Direction territoriale Est

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France

Niveau de lecture : professionnels, expert



- **RESUME**

Dans les zones de population dispersée, l'assainissement non collectif (ANC) est une solution de traitement des eaux usées efficace pour les particuliers qui ne sont pas raccordés à un réseau public de collecte. L'objectif de ce rapport est de connaître de façon plus précise les caractéristiques des rejets en eaux usées brutes par ces habitants à leur domicile.

Dans le but de dimensionner avec précision les installations de traitement des eaux usées d'un ménage, il est nécessaire de mieux connaître les sollicitations réelles qu'elles connaissent dans la « vraie vie », tant sur les plans qualitatif et quantitatif et d'en identifier les amplitudes de variation. La connaissance des concentrations, des volumes journaliers et des charges polluantes des eaux usées est nécessaire pour proposer le dimensionnement adéquat.

Ce rapport s'appuie sur une série de données recueillies depuis 2015 sur 17 ménages de composition différente (1 à 6 personnes). Les données de différentes campagnes de mesures ont été traitées, site par site, afin de pouvoir établir des comparaisons intra-sites mais aussi inter-sites. Il propose des valeurs à retenir et des amplitudes de variation pour l'ensemble des polluants particuliers (MES), carbonés (DBO₅, DCO), azotés (NK, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻) et phosphorés (Pt).

Outre les concentrations, les charges journalières tant hydrauliques qu'organiques sont quantifiées à l'échelle d'un ménage mais aussi à l'échelle de l'habitant. Les amplitudes de variation sont désormais quantifiées. Sans surprise, elles sont importantes entre les différents sites. Au sein d'un même ménage, les variations sont également très importantes.

Ces éléments doivent contribuer à l'optimisation du dimensionnement des dispositifs de traitement.

- **MOTS CLES**

Assainissement non collectif, charges hydrauliques, charges organiques, concentrations, eaux usées brutes, ménage, habitant, variabilité.



- **ABSTRACT**

In sparsely populated areas, on-site sanitation is an effective wastewater treatment issue for individuals not connected to a public network. This report aims to precise the characteristics of the raw effluent discharges of individual homes.

In order to accurately dimension a household's wastewater treatment process, it is necessary to gain a better understanding of the real-life stresses they are subjected to in "real life", both qualitatively and quantitatively, and to identify the ranges of variation. Knowledge of the concentrations, daily volumes and pollutant loads of the raw wastewaters is necessary to set the appropriate design. This report is based on a series of data collected since 2015 on 17 different households. The data from the field measurement campaigns were processed, site by site, in order to be able to establish intra-site and inter-site comparisons. In addition, these values obtained on the field were compared to the known values on collective sanitation

The follow-up produced a set of concentration data for particulate pollutants (SS), carbonaceous (BOD₅, COD), nitrogen (KN, NH₄-N, NO₃-N) and phosphorus (TP, PO₄-P). Concentration ranges as well as pollutant daily flows, calculated on the basis of wastewater production, illustrate the variability of habits and practices of families occupying different dwellings.

- **KEY WORDS**

Qualitative monitoring, quantitative monitoring, variability, on-site sanitation, raw wastewater.

SOMMAIRE

1. Introduction.....	5
2. Description des ménages	6
3. Méthodologies	7
3.1 Mode d'échantillonnage	7
3.2 Traitement des données	9
4. Résultats	11
4.1 Suivis quantitatifs par ménages	11
4.1.1 Suivi continu des volumes	11
4.1.2 Volumes des prélèvements 24h.....	18
4.1.3 Comparaison des volumes selon les 2 modes de suivi : suivi en continu et prélèvements 24h.....	20
4.2 Volumes rejetés	21
4.2.1 Volumes rejetés par un ménage dans 80 % des cas	21
4.2.2 Volumes rejetés par habitant.....	22
4.3 Suivis qualitatifs	25
4.3.1 Concentrations des pollutions carbonée et particulaire	25
4.3.2 Concentrations de la pollution azotée.....	29
4.3.3 Concentrations de la pollution phosphorée	33
4.3.4 Analyses des ratios caractéristiques	34
4.3.5 Comparaison avec la bibliographie et synthèse	35
5. Discussion	37
5.1 Charges polluantes rejetées par ménage	37
5.1.1 Pollutions carbonée et particulaire.....	38
5.1.2 Pollution azotée.....	42
5.1.3 Pollution phosphorée	43
5.1.4 Comparaison des charges à traiter entre les jours ouvrés et les week-ends	43
5.1.5 Charges de pollution à traiter par ménage dans 80 % des cas	45
5.2 Charges polluantes rejetées par habitant.....	47
6. Conclusion.....	54
Remerciements	57
Bibliographie	57
Table des illustrations.....	59
Annexe 1: Script sur R.....	61
Annexe 2: Comparaison statistique des concentrations entre les jours ouvrés et les week-ends	65

1. Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau ou DCE (2000/60/CE) établit que les ressources en eaux de surface et souterraines doivent être protégées afin de préserver la santé publique et l'environnement. Pour accomplir cet objectif, il faut traiter les eaux usées domestiques avant qu'elles ne soient évacuées et restituées dans le milieu naturel. Si la plupart des habitations disposent d'un accès à l'assainissement collectif (AC), environ 20% de la population française (MEDDE, 2014), soit environ 13 millions de personnes et 5 millions d'habitations (MEDDE, 2009) ne sont pas raccordées aux réseaux d'égouts collectifs. Dans ce cadre, l'ANC est une solution efficace et fiable pour la collecte, le transport, le traitement et l'évacuation des eaux usées domestiques.

L'organisation et la structuration de la recherche et du développement en matière d'ANC est une action du Plan d'Actions National sur l'ANC (2009-2013) envisagé par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie du Développement Durable et de la Mer et le Ministère de la santé et des sports (MEDDE, 2009).

La qualité des rejets d'ANC est nécessairement dépendante de l'habitude de consommation des habitants du lieu à assainir. L'évaluation conduite dans le cadre de ce programme concerne à la fois les aspects qualitatifs et quantitatifs des eaux usées produites. C'est pourquoi, l'établissement d'une amplitude de variation des charges à traiter permettrait de généraliser assez rapidement les bases de dimensionnement communes à tous.

La consommation moyenne d'eau par habitant et par jour est estimée à 150 litres pour le calcul des installations de traitement des eaux usées provenant de petits ensembles collectifs. Cette valeur établie par le circulaire n°97-49 du 22 mai 1997, a été confirmée en 2008 lors de la dernière enquête des communes françaises sur les services publics d'eau faite (CGDD, 2010).

Par ailleurs, la Directive sur les Eaux Résiduaires Urbaines (DERU) du 21 mai 1991 détermine qu'un équivalent-habitant (EH) apporte une charge organique 60 g de DBO₅ par jour aux eaux usées, sans fixer de correspondance avec une charge hydraulique.

Si l'article 3 de l'arrêté du 7 septembre 2009 établit que « des installations d'ANC doivent être adaptées aux flux de pollution à traiter », leur dimensionnement reste cependant encore basé sur ces deux valeurs typiques de l'assainissement collectif.

Un travail bibliographique fourni portant sur les sources des polluants à l'échelle de l'habitation (Eme, et Boutin, 2015) confirme l'absence de données concernant à la fois sur la quantité journalière, la qualité et les charges journalières de polluants. En France, le recueil de données le plus récent sur la caractérisation des eaux brutes de maisons individuelles date de septembre 2012 ; il a été réalisé par Veolia Eau (Cauchi et Vignoles, 2012a, 2012b) dans le Tarn où environ 150 bilans 24h ont été réalisés. Il ressort de cette étude une concentration moyenne en DBO₅ d'environ 630 mg.L⁻¹ et une amplitude de variation entre les bornes extrêmes (minimum /maximum) sur ce paramètre de 5,1.

L'objectif de ce rapport est de connaître de façon plus précise les caractéristiques des eaux usées brutes par les particuliers non raccordés au réseau collectif d'assainissement et de déterminer les amplitudes de variation en termes de volume, concentration et charge de pollution générée par un ménage. Pour cette étude, 17 foyers ont été analysés ; les suivis quantitatifs, d'une durée plus ou moins longue selon les cas (volumes consommés par jour) existent pour l'ensemble des 17 foyers, les suivis qualitatifs (caractérisation de la pollution générée par ménage et par habitant) portent sur 15 des 17 foyers. Les résultats ont ensuite été comparés aux valeurs de référence en assainissement collectif.

Les comparaisons par rapport à l'assainissement collectif, faites dans la suite de ce rapport, s'appuient sur une étude de 2010 des caractéristiques des eaux usées domestiques en milieu rural en France

(station de traitement des eaux usées de capacité inférieure à 2 000 EH) (Mercoiret, 2010). Cette étude analyse et synthétise plus de 10 000 bilans 24h concernant les paramètres classiques de pollution (DBO₅, DCO, MES, NK, N-NH₄ et Pt).

2. Description des ménages

La caractérisation des eaux usées brutes concerne 17 maisons individuelles dont la composition et le rythme de vie différent (Tableau 1). Le descriptif des ménages est très important pour l'étude car il permet de caractériser différents styles de vie qui peuvent affecter la quantité et la qualité des eaux usées générées.

Les ménages sont classés par ordre croissant selon le nombre d'adultes, puis le nombre d'enfants présents dans le foyer. Les données collectées permettent d'étudier des ménages allant de 1 à 6 habitants. Pour chacun des 15 sites, des prélèvements 24h ont été réalisés sur plusieurs jours consécutifs (week-ends inclus).

Les ménages 16 et 17 n'ont pas fait l'objet de prélèvements d'eaux usées brutes mais seulement d'une mesure en continu des volumes produits. Les ménages 1, 10 et 11 ont été suivis à la fois sur la qualité des eaux usées brutes et sur les volumes produits pendant plusieurs mois, expliquant ainsi le nombre important de données.

Tableau 1 : Caractéristiques des ménages sélectionnés

	Occupants du foyer			Quantification du suivi réalisé	
	Nombre d'adultes	Nombre d'enfants	Nombre d'habitants	Nombre de prélèvements 24h	Nombre de données journalières en suivi continu
Foyer 1	1	0	1	34	627
Foyer 2	2	0	2	10	-
Foyer 3	2	0	2	17	-
Foyer 4	2	0	2	18	-
Foyer 5	2	0	2	14	-
Foyer 6	2	1	3	26	-
Foyer 7	2	1	3	14	-
Foyer 8	2	2	4	8	-
Foyer 9	2	2	4	35	-
Foyer 10	2	3	5	25	479
Foyer 11	2	4	6	30	395
Foyer 12	2	4	6	29	-
Foyer 13	3	1	4	21	-
Foyer 14	3	1	4	7	-
Foyer 15	3	2	5	14	-
Foyer 16	2	2	4	0	238
Foyer 17	2	3	5	0	99

Ce sont donc 302 prélèvements 24h qui ont été réalisés dans 15 ménages différents. Calculé sur la base des 15 ménages pour lesquels on dispose à la fois des données qualitatives et quantitatives, le nombre moyen d'habitants au sein d'un foyer est de 3,5.

3. Méthodologies

3.1 Mode d'échantillonnage

Pour le suivi en continu des volumes produits par les ménages, certains dispositifs ont préalablement été équipés d'un poste de refoulement en tête afin de procéder à la mesure du débit. L'obtention des données relatives au débit sur ce type d'installation ne peut se réaliser qu'en procédant à une mesure de débit par empotage. Ceci revient à suivre en continu des variations de hauteurs d'eau au sein d'une cuve dont la surface est connue. Le suivi quantitatif de rejets a été réalisé à l'aide d'un capteur de pression de type piézomètre afin d'obtenir la hauteur d'eau dans le poste à tout moment. Ce piézomètre est couplé à une centrale d'acquisition de données qui enregistre la valeur de la hauteur d'eau toutes les minutes. Cette technique par empotage permet d'obtenir le débit d'eaux usées de manière instantanée. Les volumes produits par les ménages 1, 10, 11, 16 et 17 ont été mesurés de cette manière.

Le suivi continu des rejets de ces 5 ménages (Tableau 2) a été réalisé sur des périodes longues, variant de 3 mois à plus de 18 mois afin de connaître de façon précise les volumes générés par les habitants raccordés à l'ANC.

Tableau 2 : Suivi en continu des volumes rejetés (période, durée et nombre de données)

Ménages	F1	F10	F11	F16	F17
Période de suivi	Nov 2013 - Janv 2016	Nov 2013 - Sept 2015	Fév 2015 - Oct 2016	Aout 2015 - Aout 2016	Aout 2015 - Aout 2016
Durée	27 mois	23 mois	20 mois	12 mois	12 mois
Nombre de données de volumes horaires moyens	14 600	11 500	9 500	5 800	2 400

En ce qui concerne les prélèvements 24h des eaux usées brutes, deux méthodes (Dubois et Boutin, 2014) ont été mises en place :

- La première méthode consiste à stocker la totalité des eaux usées produites par le ménage pendant 24h dans une cuve graduée de 1 000 L. Après homogénéisation de la cuve, un échantillon représentatif de la pollution générée en 24 h est prélevé. Ce scénario implique que la cuve de stockage soit alimentée par un poste de relevage ou qu'elle soit enterrée de manière à être alimentée gravitairement. Une fois le prélèvement réalisé, les eaux stockées rejoignent la filière de traitement de façon gravitaire comme présenté sur la figure 1.



Figure 1 : Mise en place des cuves de stockage pour le prélèvement d'eaux usées brutes

- La seconde méthode consiste à prélever au fil de l'eau, après la pompe de relevage, à l'aide d'un préleveur automatique d'échantillon réfrigéré asservi à un détecteur de présence d'eau. A chaque déclenchement de la pompe, la présence de l'eau au niveau du capteur entraîne le

prélèvement d'eau par l'échantillonneur dont l'extrémité du tuyau de prélèvement, exempt de crépine, est immergée dans la conduite de refoulement.

Les deux méthodes ont été utilisées, le principal critère de choix reposant sur la possibilité d'installer et d'alimenter la cuve de stockage. Les eaux usées brutes de 8 ménages (F1, F5, F7, F10, F11, F12, F13 et F14) ont été prélevées en utilisant la première méthode. La seconde méthode a été utilisée pour prélever les eaux usées des 7 autres ménages (F2, F3, F4, F6, F8, F9 et F15).

Les volumes journaliers correspondants à ces prélèvements 24h sont identifiés soit par calcul du volume journalier stocké, soit par comptage du nombre de déclenchements de la pompe et connaissance du volume du poste de relèvement.

Pour la détermination de la qualité des eaux usées, les paramètres analysés en laboratoire, avec maintien au froid, peuvent être :

- DCO, DCO filtrée ;
- MES ;
- DBO₅ ;
- NK, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻ ;
- N-NH₄⁺ ;
- Phosphore total et P-PO₄³⁻.

Il faut également prévoir des flacons acidifiés pour l'échantillonnage des effluents, en cas de durée de trajet longue ou de stockage avant analyse, car les paramètres DCO, les différentes formes de l'azote et du phosphore peuvent évoluer rapidement sans acidification. Ce protocole a été mis en place lors des échantillonnages le week-end afin que les laboratoires puissent analyser les échantillons le lundi suivant.

Dans ce rapport, six paramètres de 302 prélèvements 24h d'eaux usées sont étudiés :

- MES, DCO et DBO₅ qui permettent de quantifier la pollution carbonée et particulaire ;
- NK et N-NH₄⁺ qui renseignent de la pollution azotée ;
- Pt qui renseigne de la pollution phosphorée.

Les périodes de campagne de prélèvement ont été réparties sur les différentes saisons et différents jours de la semaine (Figure 2 et Figure 3). Parmi les 302 prélèvements 24h d'eaux usées brutes, 217 ont été réalisés en semaine (72%) et 85 pendant le week-end (28%).

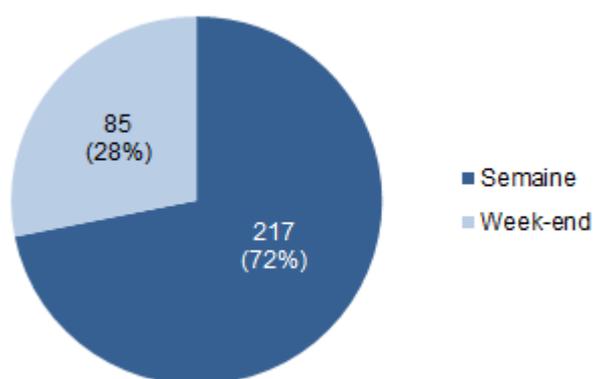


Figure 2 : Répartition des prélèvements réalisés en semaine et week-end

L'objectif est d'identifier s'il y a une différence entre les flux de pollution et les volumes d'eaux usées en semaine et pendant le week-end.

En ce qui concerne les saisons, les prélèvements sont bien répartis entre les 4 saisons avec une

proportion minimale de 19% au printemps et maximale de 30% en automne (Figure 3).

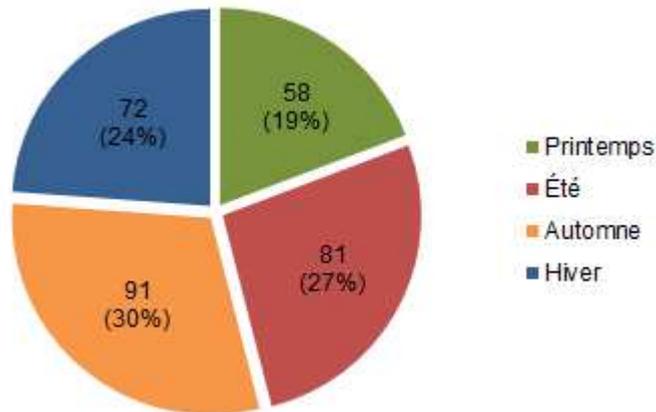


Figure 3 : Répartition des prélèvements selon les 4 saisons

3.2 Traitement des données

Concernant les données quantitatives, leur traitement a été automatisé par l'intermédiaire de la création d'un script sous un logiciel de calcul statistique dénommé « R ». Ce logiciel permet notamment de créer des graphiques multicouches. Le script utilisé pour réaliser le traitement de données est disponible en Annexe 1.

Le traitement de données a ainsi permis de déterminer des volumes horaires et des volumes journaliers moyens et a mis en évidence des différences selon les jours de la semaine qui sont présentés dans la section 4. Les résultats du suivi en continu des volumes produits par les ménages sont présentés en premier, puis comparés aux volumes mesurés sur les ménages lors des prélèvements 24h.

Pour les données qualitatives, les résultats sont présentés sous forme de boîtes à moustache (boxplot) de manière à mieux visualiser la répartition des différentes valeurs (médiane, minimum, maximum et quartiles) et afin de mieux appréhender les variations intra et inter-sites (Figure 4). La médiane représente 50 % du jeu de données, le 1^{er} quartile (Q1) représente 25 % des données et le 3^{ème} quartile (Q3) représente 75 % des données.

Les données sont également présentées sous forme de tableaux qui renseignent la moyenne, la médiane, le minimum, le maximum et le coefficient de variation (CV) pour chaque ménage et pour le jeu de données complet. Ce coefficient CV est défini comme le rapport entre l'écart-type et la moyenne et permet de quantifier la dispersion des données autour de la moyenne.

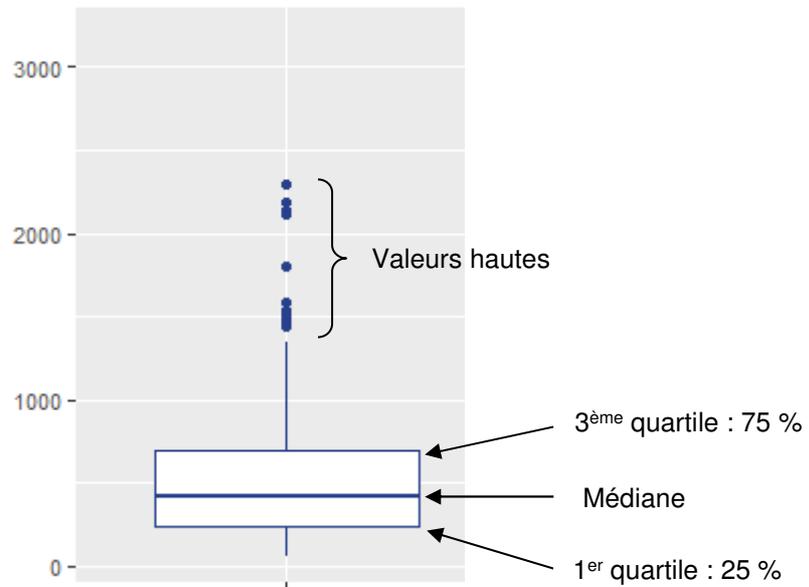


Figure 4 : Représentation d'une boîte à moustache (boxplot)

Comparaison de 2 jeux de données

Pour comparer 2 jeux de données (ex : volumes produits pendant la semaine et le week-end), un test statistique est utilisé. Dans un premier temps, il est nécessaire de déterminer si les données suivent une loi normale. Pour cela, le test de Shapiro-Wilk est utilisé avec pour hypothèse nulle : « L'échantillon suit une loi normale ». Si la p-value associée à ce test est inférieure au seuil de significativité fixé (5 %), alors l'hypothèse nulle est rejetée. Si la distribution est gaussienne, le test de Student est utilisé pour comparer les moyennes des deux échantillons et déterminer s'ils sont différents ou non. Si la distribution n'est pas gaussienne, le test de Wilcoxon-Mann-Whitney est utilisé pour comparer les distributions des deux échantillons. L'hypothèse nulle de ce test est : « Les deux échantillons appartiennent à la même population ». Si la p-value associée à ce test est inférieure à 5 %, alors les deux échantillons sont significativement différents.

4. Résultats

Deux études réalisées sur la caractérisation des eaux usées domestiques en petites collectivités estiment pour la première, un volume de 82 L et une charge organique journalière de 30 g DBO₅ par habitant dans une collectivité rurale de 500 EH (Pujol et Liénard, 1990), et pour la seconde, une charge organique de 40 g DBO₅ par habitant et par jour dans des agglomérations inférieures à 2 000 EH (Mercoiret, 2010). Plus récemment, Cauchi et Vignoles (2012b) ont déterminé une valeur moyenne de 89 litres par habitant et par jour sur un échantillon de 147 mesures journalières de rejet de 12 maisons individuelles.

Toutes ces études définissent des valeurs moyennées à partir d'un jeu de données important ; cependant les habitudes des gens sont diverses et variées. C'est pourquoi il paraît opportun de déterminer des amplitudes de variation afin de couvrir la totalité des pratiques pour que la mise en place d'une installation soit la plus pérenne dans le temps.

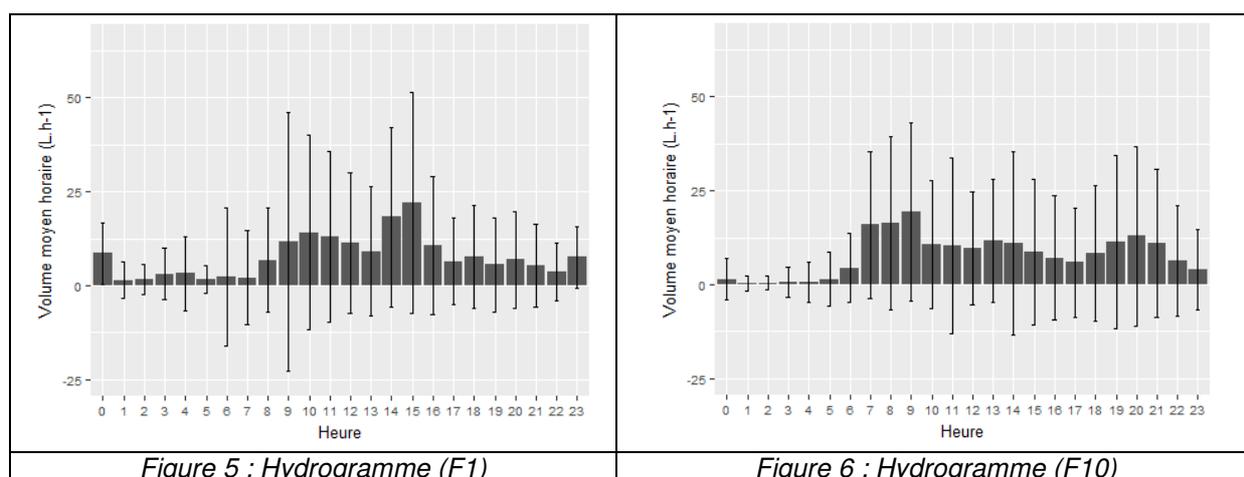
4.1 Suivis quantitatifs par ménages

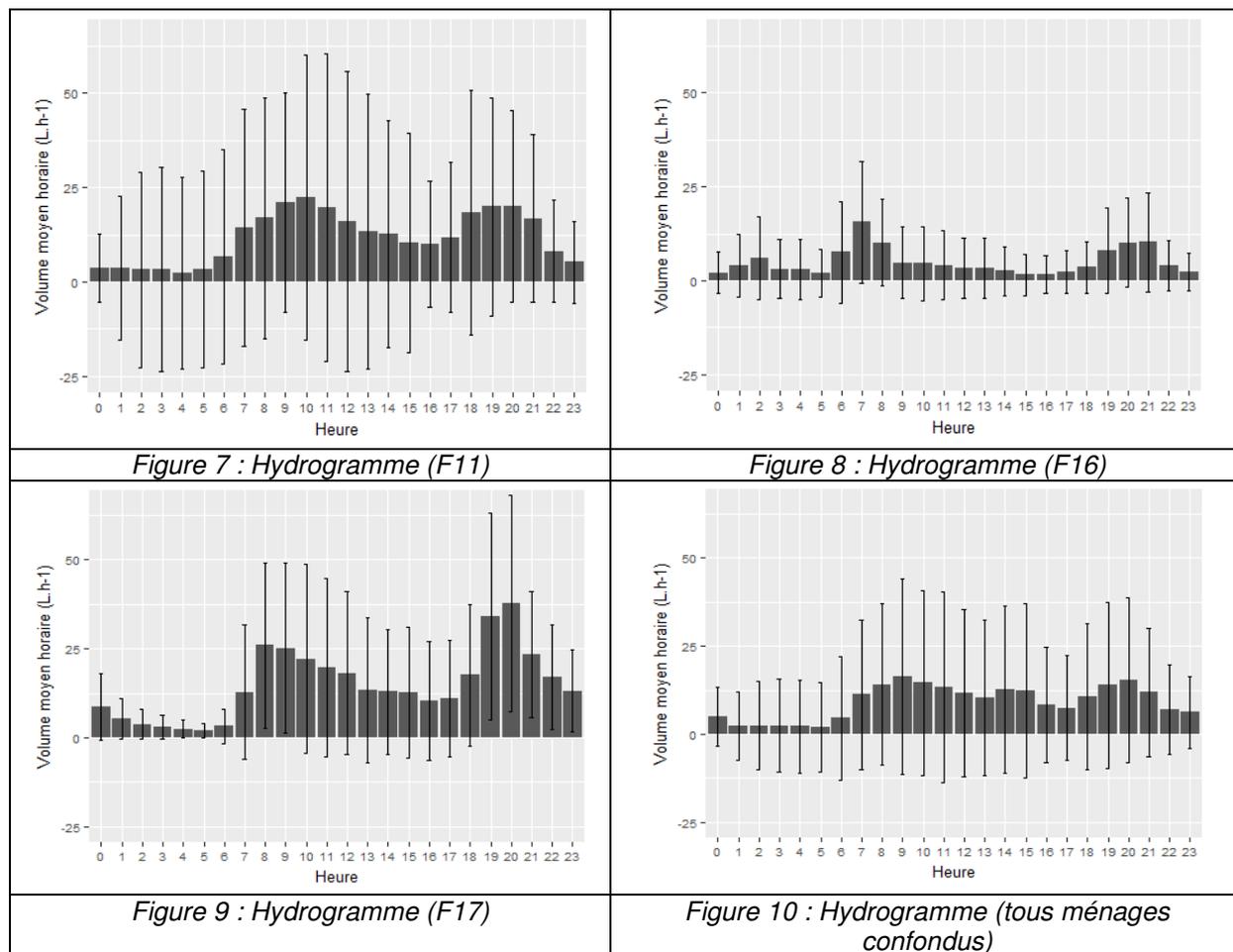
Ce travail est basé sur l'interprétation de données acquises sur 5 sites distincts. L'occupation, les rythmes de vie et les habitudes de consommation font de chaque site un cas particulier.

4.1.1 Suivi continu des volumes

- **Volumes horaires**

Les volumes horaires ont été calculés pour les 5 foyers suivis en continu (hydrogrammes des Figures 5 à 10). Sur chaque graphique, en plus des barres d'histogramme représentant le volume moyen par tranche horaire, un trait fin représente la variation calculée à partir de la moyenne et de l'écart-type sur chaque tranche horaire, les valeurs négatives faisant suite à un artefact de calcul. Cette représentation souligne la dispersion des mesures.





Sur chaque graphique, apparaissent différents pics d'émission qui correspondent aux périodes des repas de la journée ; ces mêmes pics se retrouvent lors de mesures de débits en entrée des stations de traitement des eaux usées collectives. La seule différence notable réside dans le fait que le pic méridien correspondant au repas du midi est pratiquement absent de tous nos suivis (excepté F1), ce qui s'explique par l'absence des habitants au sein de leurs maisons pour des raisons professionnelles ou scolaires principalement.

D'autre part, nous constatons que, pour tous les ménages suivis, les amplitudes de variation sur chaque tranche horaire sont grandes et s'expliquent, par exemple, par des rythmes journaliers différents pour chaque jour de la semaine.

- **Volume moyen journalier**

Pour les cinq ménages suivis en continu, des calculs de volumes journaliers ont été réalisés sur plusieurs centaines de jours. Cette analyse montre la grande variabilité du volume journalier d'eaux usées à traiter au sein de chaque habitation et les différences qu'il existe aussi d'un foyer à un autre en fonction du taux d'occupation et du rythme de vie de chaque habitant. Les Figures 11 à 15 montrent l'évolution, pour chaque installation, du volume journalier d'eaux usées générées. Les courbes sont parfois discontinues du fait de l'absence d'occupants (volume produit égal à zéro) ou d'un problème technique ayant compromis l'enregistrement des données (coupures électriques, défaut d'alimentation, pannes, etc.)

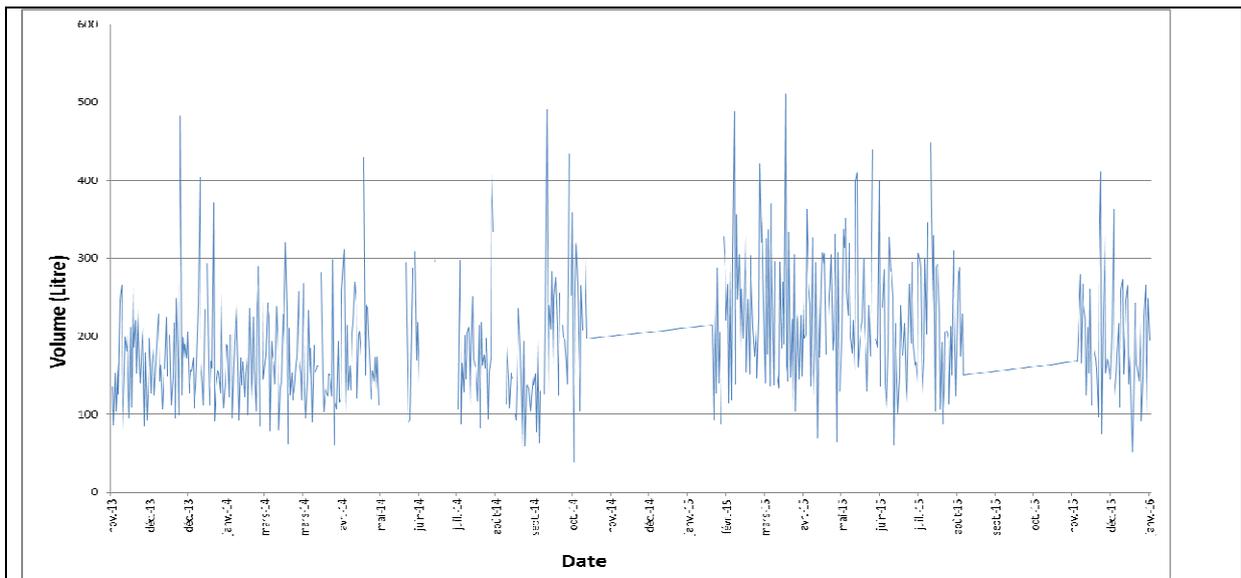


Figure 11 : Suivi du volume journalier du ménage F1 pendant 27 mois (nov 2013-janv 2016)

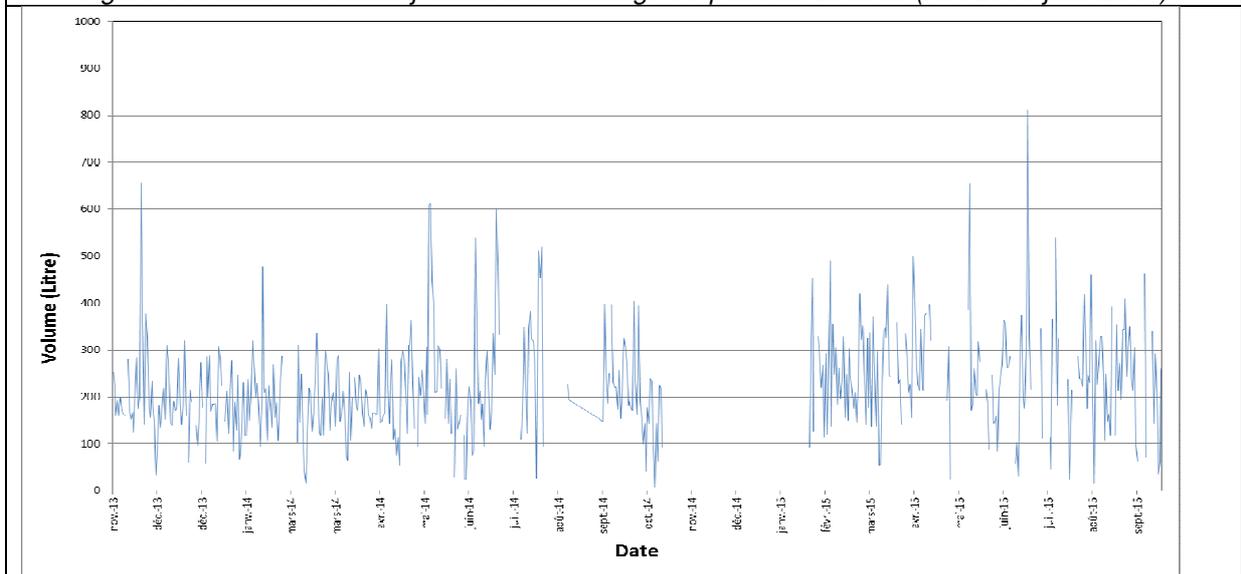


Figure 12: Suivi du volume journalier du ménage F10 pendant 23 mois (nov 2013-sept 2015)

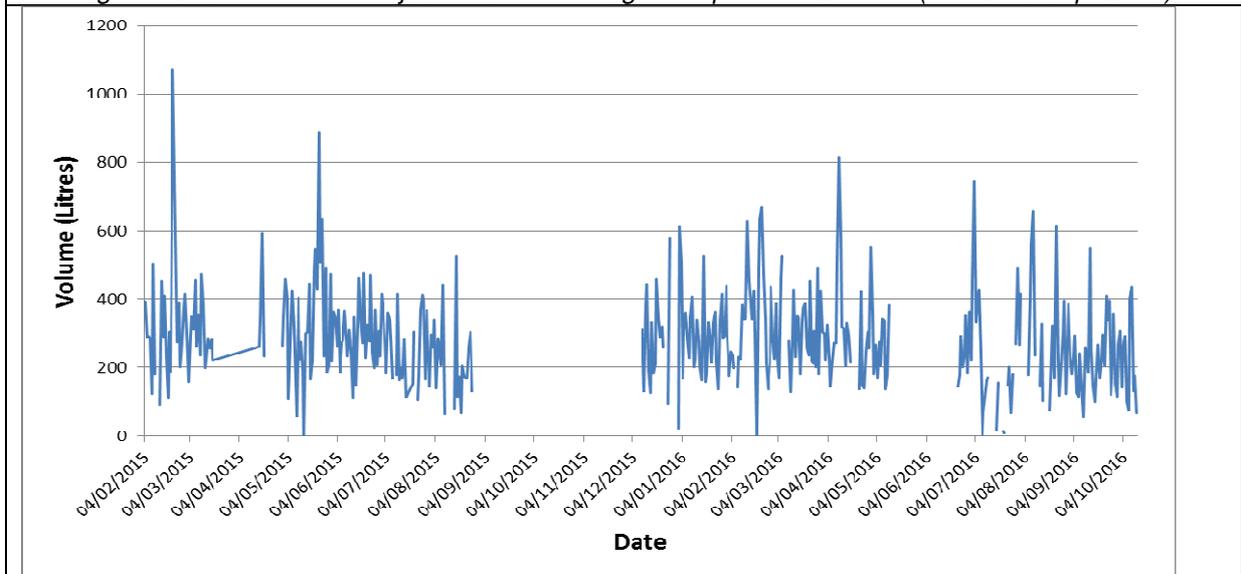


Figure 13: Suivi du volume journalier du ménage F11 pendant 20 mois (fév. 2015-oct 2016)

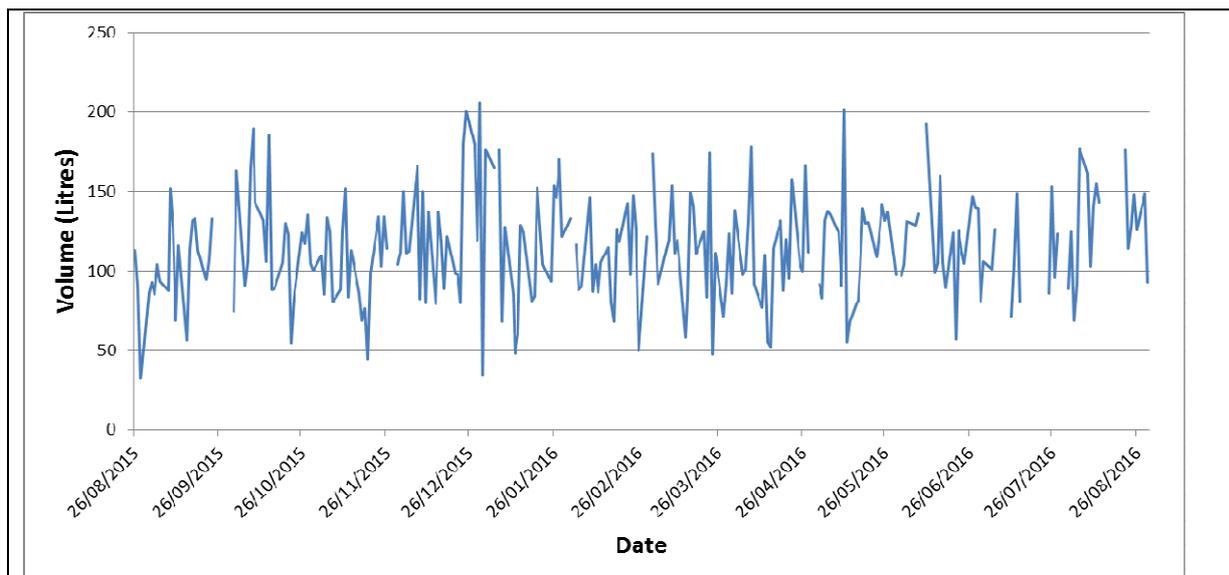


Figure 14: Suivi du volume journalier du ménage F16 pendant 12 mois (aout 2015- aout 2016)

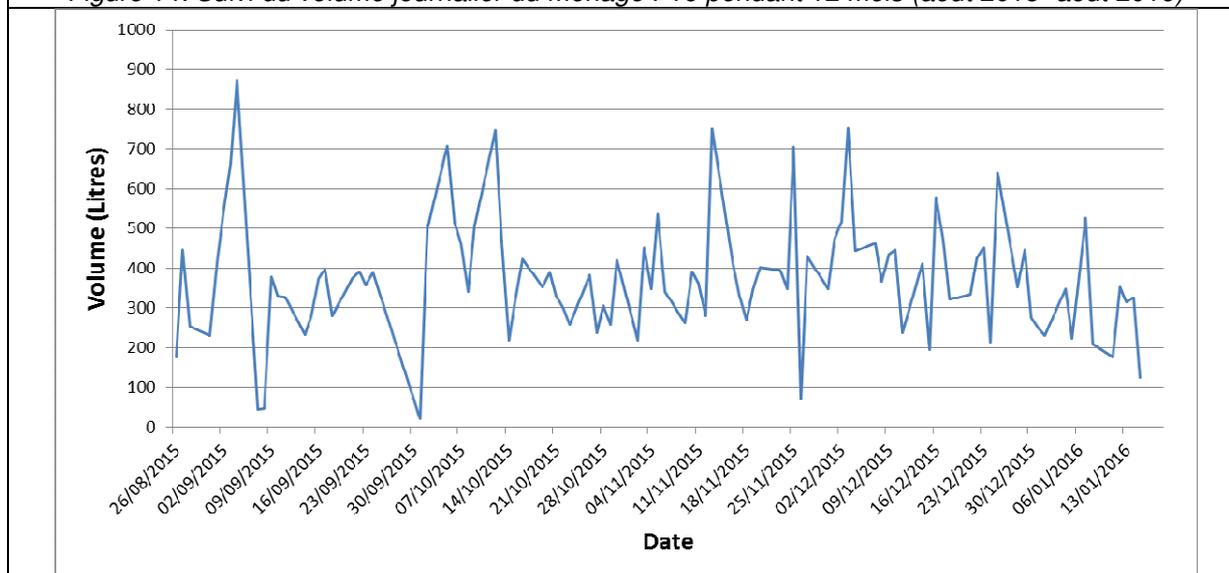


Figure 15: Suivi du volume journalier du ménage F17 pendant 12 mois (aout 2015- aout 2016)

Pour ces 5 ménages, il est possible de quantifier les variations journalières par l'intermédiaire du calcul du coefficient de pointe journalier ; ce coefficient provient du ratio entre le volume horaire maximum et le volume horaire moyen. Le plus souvent, en assainissement collectif, ce coefficient est plafonné à la valeur de 3.

Dans les situations suivies, les coefficients calculés sont mentionnés en Tableau 3

Tableau 3 :Coefficient de pointe des 5 foyers suivis en continu

Coefficients de pointe	F1	F10	F11	F16	F17	5 foyers
Médiane	6,7	6,8	6,3	7,2	4,8	6,5
Moyenne	7,3	7,8	7,1	7,8	5,2	7,2
Min	2,8	1,5	2,8	3,0	2,1	1,5
Max	23,5	24,0	24,0	18,5	16,1	24,0
CV	38 %	51 %	45 %	33 %	35 %	45 %
Nbre de valeurs	611	574	422	267	268	2 140

Les coefficients de pointe moyens sont exceptionnellement importants, celui du ménage F17 est le plus bas avec une valeur à 5,2, les quatre autres variant entre 7,1 et 7,8. Les coefficients de pointe maxima atteignent plus de 23 dans trois ménages sur cinq ; ils soulignent ainsi les activités particulièrement séquencées d'un ménage unique avec des productions d'eaux usées à traiter sur des durées très courtes, limitées à quelques heures. Le coefficient de pointe moyen calculé à partir de la moyenne des cinq ménages s'établit à 7, valeur très largement supérieure à la valeur maximale « classique » de 3.

Le Tableau 4 synthétise plus de 2 000 résultats de volumes journaliers mesurés au sein de 5 ménages pendant des périodes longues variant de 12 à 27 mois.

Tableau 4 : Volumes journaliers d'eaux usées des 5 ménages suivis en continu

Volume (L.j ⁻¹)	F1	F16	F17	F10	F11
Médiane	178	119	328	210	270
Moyenne	196	121	339	222	287
Min	38	11	20	7	11
Max	511	329	909	811	1 072
CV	40 %	33 %	41 %	49 %	50 %

La première constatation est la proximité entre les valeurs des médianes et celles des moyennes, ce qui informe de la faible dispersion des valeurs pour chaque ménage. En revanche, les valeurs des coefficients de variation (CV) sont élevées, toujours supérieures à 30%, ce qui démontre une amplitude assez importante de certaines valeurs par rapport à la moyenne.

Les volumes journaliers ne sont pas en lien avec la taille du ménage qui vont croissants de F1, F16, F17, F10 puis F11. Les volumes du ménage F1 ne sont pas les plus bas, les ménages F17 et F10 de composition identique ne rejettent pas les mêmes quantités d'eaux usées.

En complément de cette analyse, nous nous sommes intéressés aux volumes horaires générés en fonction des différents jours de la semaine (Figures 16 à 20). Les périodes de suivi et le nombre de données de volumes moyens journaliers sont mentionnés en tableau 2.

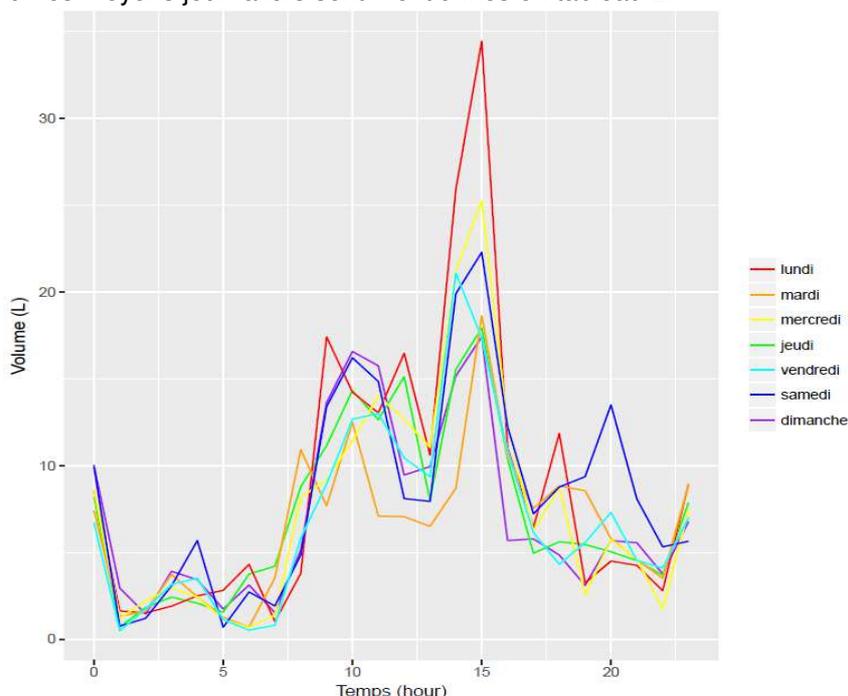


Figure 16 : Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F1

Pour le ménage 1, une similitude entre les différents jours est notable sauf pour le samedi où une production d'eaux usées a lieu sur le créneau horaire de 20h.

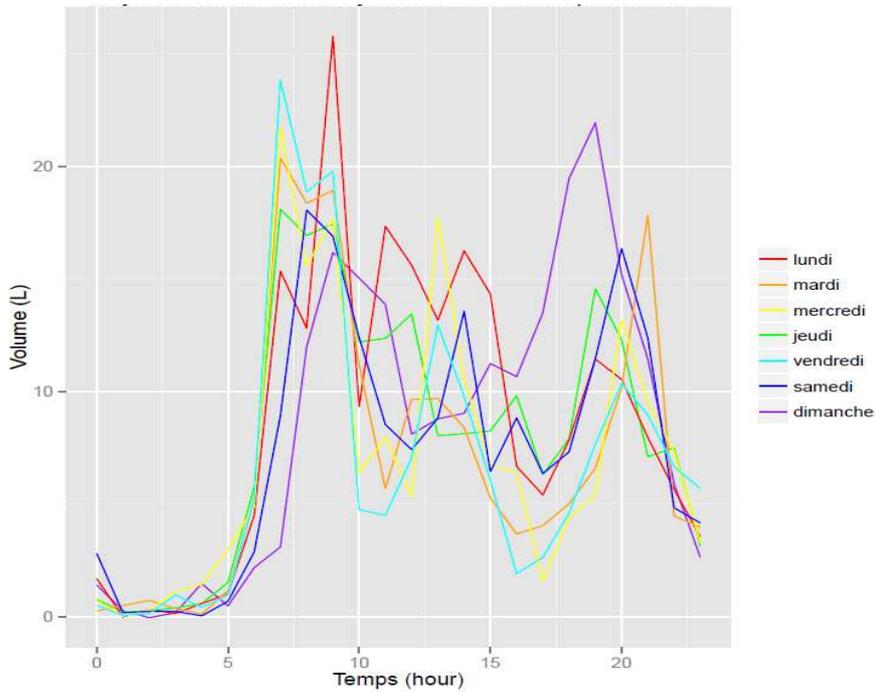


Figure 17 : Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F10

Pour le ménage 10, les lundi, mardi, jeudi et vendredi présentent des similitudes assez marquées. Le mercredi se démarque par une pointe méridienne plus importante que les autres jours due aux rythmes scolaire et professionnel. Les samedi et dimanche présentent des pointes en début de soirée plus importantes qu'en semaine.

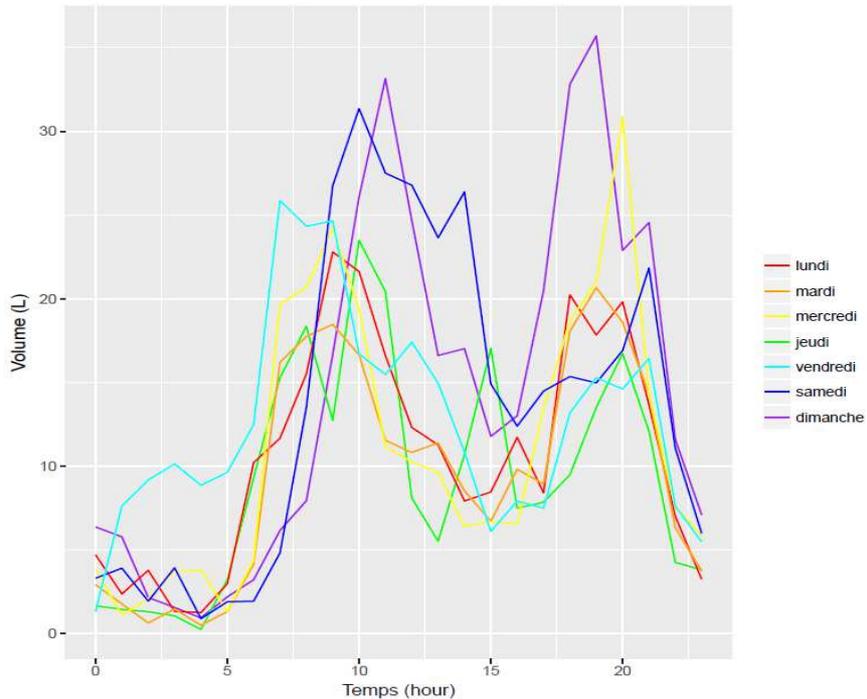


Figure 18 : Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F11

Pour le ménage 11, les lundi, mardi, mercredi et vendredi présentent des similitudes, avec des pics en matinée, en fin d'après-midi et en début de soirée. Le jeudi est le seul jour où il est rejeté des eaux usées sur le temps de la pause méridienne. Le samedi et le dimanche se caractérisent par de plus forts volumes horaires sur la matinée légèrement après 10h (grasse matinée) et en fin d'après-midi pour le dimanche.

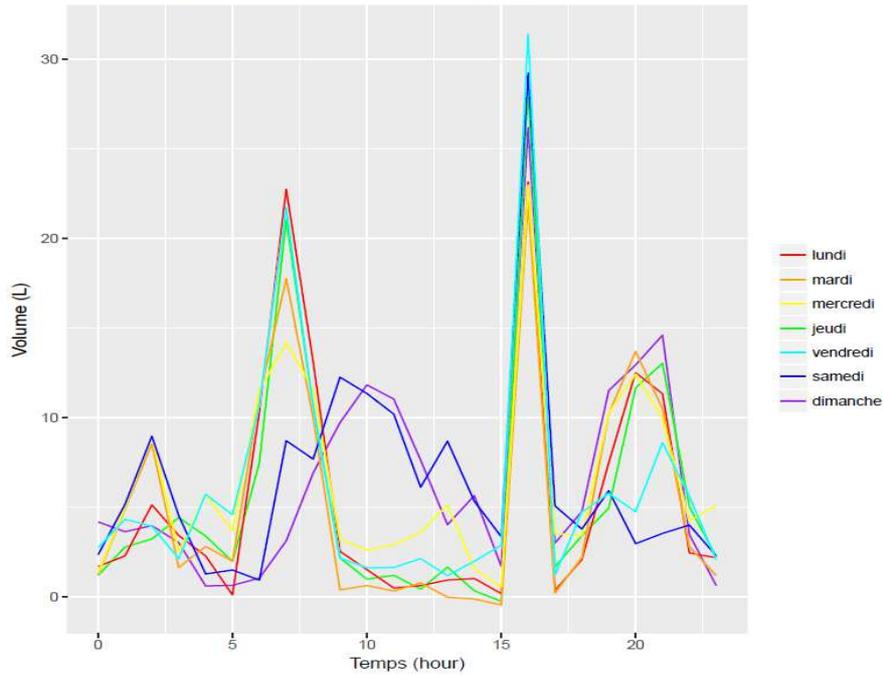


Figure 19 : Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F16

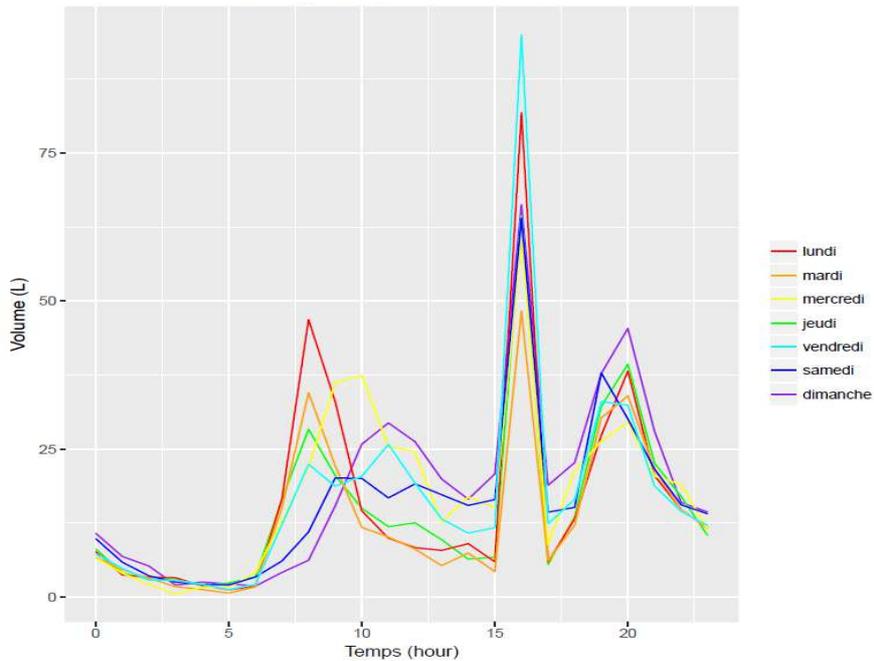


Figure 20 : Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F17

Les courbes de volumes horaires selon les jours de la semaine des ménages 16 et 17 sont assez similaires, bien que les volumes soient assez différents, les pointes atteignent presque $100 \text{ L}\cdot\text{j}^{-1}$ pour le ménage 17 et se limitent à $30 \text{ L}\cdot\text{j}^{-1}$ pour le ménage 16.

Pendant les jours ouvrés, les pics vers 7h du matin et vers 20h présentent de grandes similitudes. Le week-end, le pic matinal se décale entre 9 et 10h (grasse matinée). Le pic de 16h correspond à des valeurs extrêmes qui influencent grandement le volume moyen sur cette tranche horaire. De telles situations illustrent les amplitudes de variation d'ores et déjà mentionnées sur les hydrogrammes de volumes horaires.

4.1.2 Volumes des prélèvements 24h

La Figure 21 et le Tableau 5 présentent les volumes journaliers d'eaux usées rejetés par ménage. La boîte à moustache dénommée « Total » représente le jeu de données complet.

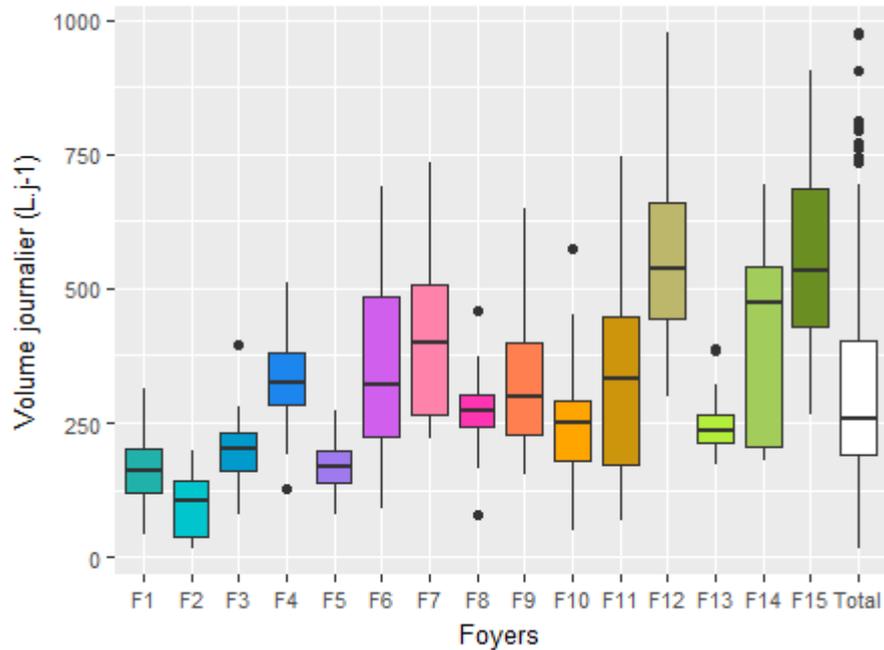


Figure 21 : Volumes journaliers rejetés par chaque ménage

Tableau 5 : Volumes journaliers (en L.j⁻¹) des 15 ménages suivis et du jeu de données complet

Ménage	Médiane	Moyenne	Min	Max	CV
	L.j ⁻¹				%
F1	160	158	40	315	41 %
F2	106	97	14	199	69 %
F3	200	197	79	397	40 %
F4	326	319	126	509	29 %
F5	170	164	79	271	33 %
F6	322	354	90	691	49 %
F7	399	415	222	733	39 %
F8	273	271	78	460	43 %
F9	300	314	153	650	38 %
F10	250	248	50	575	47 %
F11	331	317	67	744	56 %
F12	536	566	297	977	33 %
F13	234	250	172	389	23 %
F14	472	404	178	693	52 %
F15	534	565	266	906	32 %
Total	257	311	14	977	59 %

Les volumes rejetés par les 15 foyers sont très variables avec des médianes allant de 106 L.j⁻¹ pour un ménage de 2 habitants (F2) à 536 L.j⁻¹ pour un ménage de 6 habitants (F12). Les volumes de deux ménages (F4 et F13) varient peu, avec des coefficients de variations de 29 % et 23 % respectivement.

- Jours ouvrés vs week-ends

L'objectif est d'identifier si les volumes rejetés par foyer durant la semaine diffèrent de ceux du week-end.

La Figure 22 et le Tableau 6 représentent la distribution des volumes journaliers d'eaux usées rejetés la semaine ou le week-end. La médiane des volumes produits durant le week-end est plus importante (290 L.j⁻¹ pendant le week-end contre 250 L.j⁻¹ pendant la semaine). Le maximum observé en week-end est de 20 % supérieur à celui observé en semaine. Ceci peut s'expliquer par la présence des habitants toute la journée et des tâches ménagères augmentant la consommation d'eau.

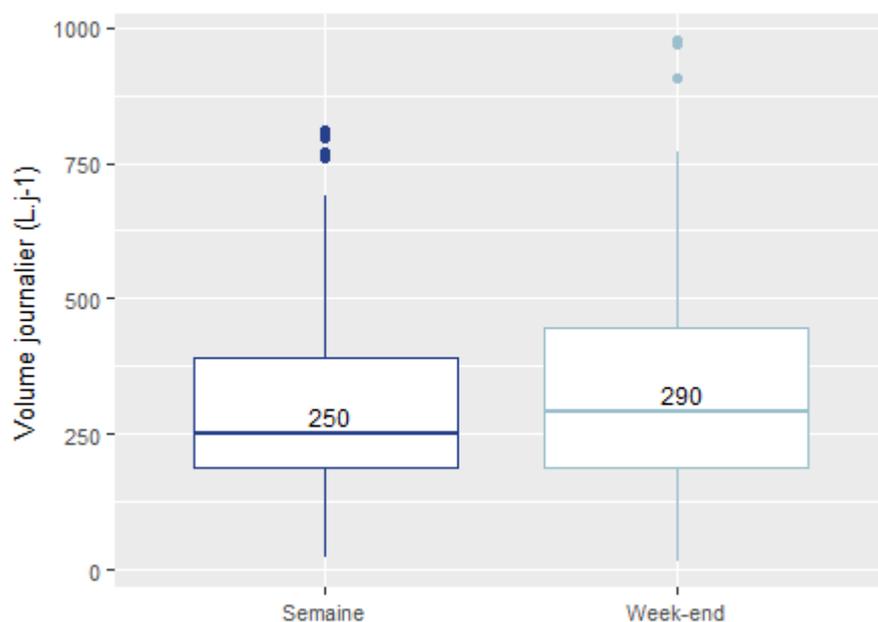


Figure 22 : Comparaison des volumes journaliers d'eaux usées (L.j⁻¹) rejetés par ménage pendant la semaine et le week-end

Tableau 6 : Comparaison des volumes rejetés par ménage (semaine vs week-end)

Volume journalier (L.j ⁻¹)	Semaine	Week-end
Médiane	250	290
Moyenne	299	341
Min	21	14
Max	812	977
CV	56 %	63 %
Nbre de valeurs	217	85

Afin de comparer les deux échantillons semaine et week-end, des tests statistiques sont réalisés. Dans un premier temps, le test de Shapiro-Wilk est utilisé pour déterminer si les échantillons suivent une loi normale. Les résultats du test sont présentés dans le Tableau 7 :

Tableau 7 : Résultat test de Shapiro-Wilk (semaine vs week-end)

		P-value test de Shapiro-wilk	Conclusion du test
Volume journalier	semaine	2,66×10 ⁻⁸	Rejet hypothèse nulle : pas de loi normale
	week-end	5,54×10 ⁻⁵	

Puisque les deux échantillons ne suivent pas une distribution normale, le test de Wilcoxon-Mann-Whitney est utilisé pour comparer les volumes rejetés durant la semaine et le week-end. Le résultat du test statistique donne une p-value égale à 0,2094 qui est supérieure au seuil de significativité fixé à 0,05 (5 %). Il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse nulle, les deux échantillons ne sont donc pas significativement différents.

4.1.3 Comparaison des volumes selon les 2 modes de suivi : suivi en continu et prélèvements 24h

Il s'agit ici de comparer les volumes des prélèvements 24h aux volumes mesurés en continu par empotage. Cette démarche permet de situer les points de mesure des prélèvements 24h moins nombreux dans le suivi en continu et de qualifier ainsi leur contexte dans un cadre plus large. Les doublons de mesures n'ont eu lieu que sur 3 ménages (F1, F10 et F11). Les Figures 23 et 24 regroupent, à titre d'exemple, les correspondances obtenus pour les ménages 1 et 10.

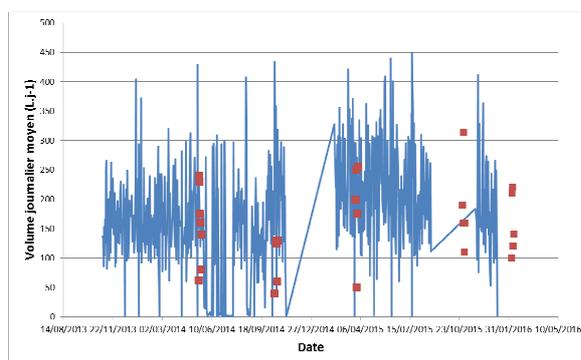


Figure 23 : Comparaison des volumes journaliers au sein du ménage F1

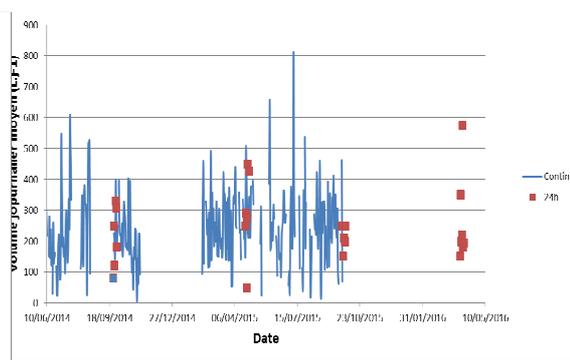


Figure 24 : Comparaison des volumes journaliers au sein du ménage F10

Les prélèvements 24h sont bien le reflet de la variabilité des volumes rejetés enregistrés en continu et les points se répartissent de façon dispersée dans les enregistrements réalisés.

Les deux méthodologies fournissent des volumes journaliers équivalents, les volumes obtenus lors de nos prélèvements 24h étant bien en adéquation avec ceux mesurés à l'aide du suivi continu par empotage au sein du poste de refoulement des eaux usées sur chaque installation. On peut regretter d'avoir stoppé un peu tôt le suivi en continu, les derniers prélèvements 24h ne pouvant être couplés avec un suivi en continu.

Tableau 8 : Comparaison des volumes journaliers mesurés selon les 2 types de mesures (suivi en continu ou prélèvements 24h)

Volume (L.j ⁻¹)	F1		F10		F11	
	Suivi en continu	Prélèvements 24h	Suivi en continu	Prélèvements 24h	Suivi en continu	Prélèvements 24h
Médiane	178	160	210	250	270	331
Moyenne	196	158	222	248	287	317
Min	38	40	7	50	11	67
Max	511	315	811	575	1072	744
CV	40 %	41 %	49 %	47 %	50 %	56 %

Pourtant, lorsque des calculs sont réalisés sur les échantillons complets, des différences entre moyenne et médiane apparaissent (Tableau 8), la mesure en continu conduit soit à sous-estimer les volumes journaliers médians et moyens (F10 et F11) soit à les surestimer (F1) ; les écarts calculés sur les médianes ou les moyennes se situent à près de 20%.

Cette comparaison valide donc la méthodologie de suivi en continu des rejets d'eaux usées ainsi que le traitement statistique des données qui en découlent.

4.2 Volumes rejetés

4.2.1 Volumes rejetés par un ménage dans 80 % des cas

La *Figure 25* présente la répartition des données issues des 302 prélèvements 24h.

La valeur moyenne du volume journalier d'eaux usées à traiter par un ménage s'établit à 310 L.j⁻¹, la médiane (257 L.j⁻¹) est plus faible. Ces deux valeurs ne reflètent pas la très grande amplitude de variation identifiée par le jeu de données disponibles (14 à 977 L.j⁻¹). Compte-tenu de l'importante variation des débits émis par les différents ménages étudiés, il est proposé de ne pas s'intéresser aux événements exceptionnels, qu'ils soient très grands, ou très petits. C'est pour cela que les bornes des percentiles 10 (123 L.j⁻¹) et 90 (568 L.j⁻¹) ont été choisies pour définir les bases des flux hydrauliques journaliers à traiter par l'installation. L'intervalle entre ces deux bornes correspond à 80% des événements rencontrés.

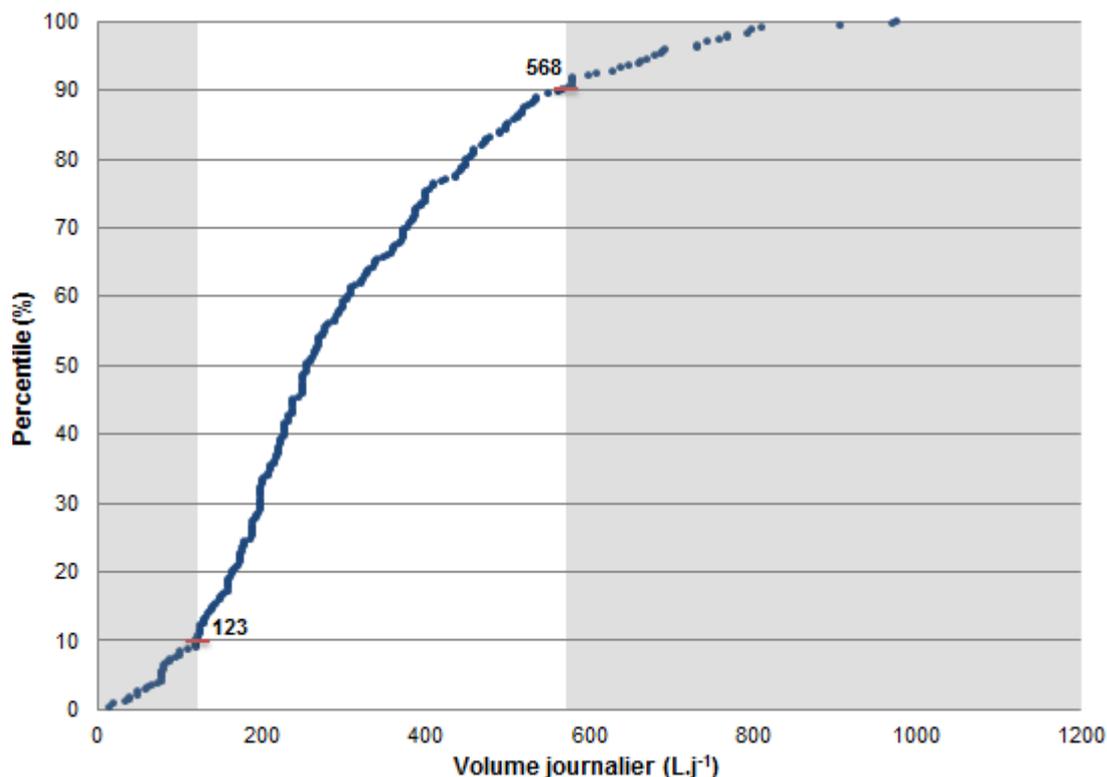


Figure 25 : Répartition des volumes journaliers rejetés par ménage (L.j⁻¹) pour le jeu de données complet

Le volume journalier moyen d'eaux usées à traiter s'établit à 311 L.j⁻¹ pour un ménage.

L'installation de traitement d'une capacité de 4 à 5 EH d'un ménage reçoit des volumes à traiter dans une amplitude de variation importante définie par les flux hydrauliques journaliers compris entre 120 et 570 L.j⁻¹. L'installation doit être adaptée à recevoir une telle variation hydraulique allant du simple au quadruple. Le rythme de vie d'un ménage unique explique ces très fortes amplitudes. En assainissement collectif, le plus grand nombre de ménages raccordés permet de lisser les coefficients de variation avec des émissions multiples qui se répartissent dans le temps.

4.2.2 Volumes rejetés par habitant

Les Tableau 9 et Figure 26 illustrent les résultats des volumes émis par ménages rapportés au nombre de habitants présents dans le foyer, sans distinction entre adulte et enfant.

Les volumes rejetés par un habitant sont très variables selon les habitudes et les activités de chaque ménage. Sur la totalité des ménages, les volumes varient de 5 à 315 L.j⁻¹.hab⁻¹. Les volumes médians varient de 42 L.j⁻¹.hab⁻¹ pour le foyer 2 à 163 L.j⁻¹.hab⁻¹ pour le foyer 4. Le suivi des ménages où le nombre d'habitants est le même, montre que les rythmes de vie et les habitudes de chacun influencent grandement le volume d'eaux usées produit (exemple des foyers F2, F3, F4 et F5 avec 2 habitants dans chaque ménage).

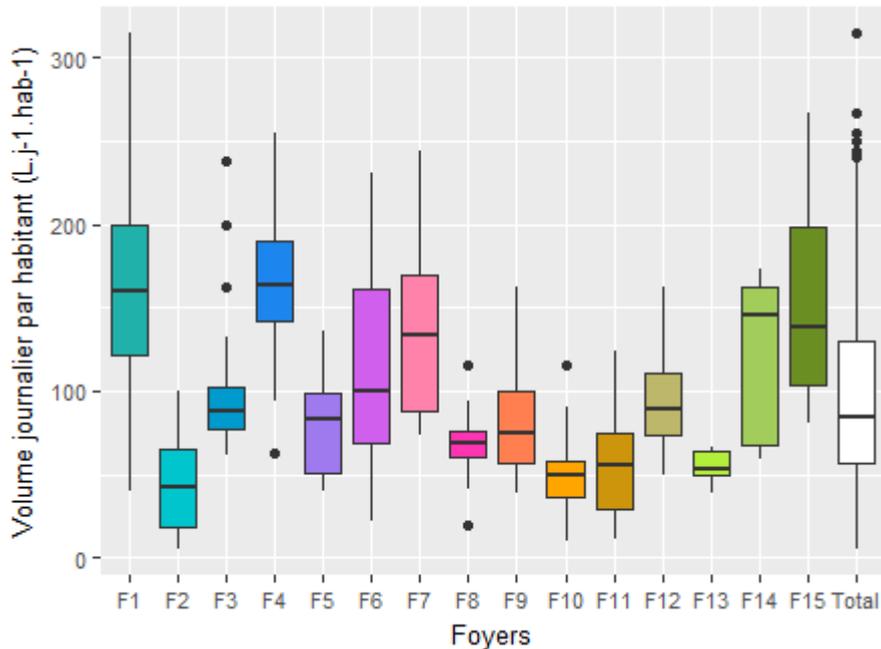


Figure 26 : Volumes journaliers rejetés par habitant selon chaque ménage

Tableau 9 : Volumes journaliers rejetés par habitant (L.j⁻¹.hab⁻¹) par les 15 ménages suivis

Ménage	Médiane	Moyenne	Min	Max	CV
	L.j ⁻¹ .hab ⁻¹				%
F1	160	158	40	315	41 %
F2	42	43	5	100	75 %
F3	88	106	62	238	47 %
F4	163	160	63	255	29 %
F5	84	79	40	136	37 %
F6	100	114	23	230	54 %
F7	133	138	74	244	39 %
F8	68	68	20	115	43 %
F9	75	79	38	163	38 %
F10	50	50	10	115	47 %
F11	55	53	11	124	56 %
F12	89	94	49	163	33 %
F13	54	54	39	67	16 %
F14	145	120	59	173	43 %
F15	138	154	81	267	39 %
Total	84	99	5	315	59 %

Le volume moyen d'eaux usées à traiter émis par habitant et par jour est estimé à 150 litres dans le cadre de l'assainissement collectif. Le Tableau 10 mentionne les dernières valeurs issues dans la littérature pour l'assainissement non collectif.

Tableau 10 : Volume journalier rejeté par habitant issu de la bibliographie récente

Volumes moyens journaliers par habitant		
Assainissement collectif	Mercoiret, 2010	140 L.j ⁻¹ .hab ⁻¹
ANC	Cauchi et Vignoles, 2012 b	85 L.j ⁻¹ .hab ⁻¹
	présente étude	99 L.j ⁻¹ .hab ⁻¹

Cette étude confirme que le volume moyen rejeté en ANC est moindre qu'en assainissement collectif ; il est augmenté de 15% par rapport aux données bibliographiques disponibles et s'établit désormais, en moyenne à 100 L.j⁻¹.hab⁻¹.

- Jours ouvrés vs week-ends

L'objectif est d'identifier si les volumes rejetés par un habitant durant la semaine et le week-end sont différents.

La Figure 27 et le Tableau 11 représentent la distribution des volumes journaliers d'eaux usées rejetés par habitant soit durant la semaine ou soit pendant le week-end. La médiane des volumes produits durant le week-end est plus importante (93 L.j⁻¹.hab⁻¹ pendant le week-end contre 80 L.j⁻¹.hab⁻¹ pendant la semaine).

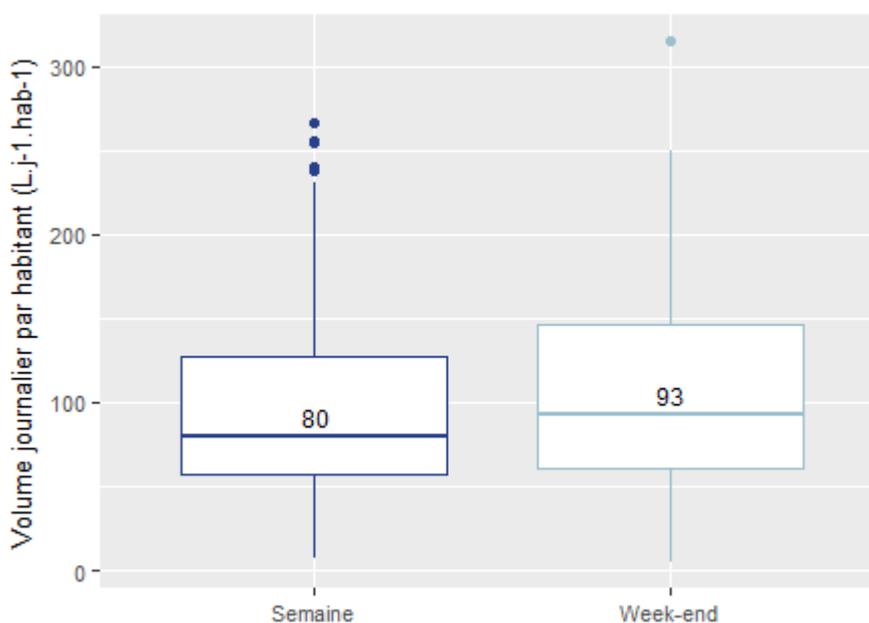


Figure 27 : Comparaison des volumes journaliers rejetés par habitant (L.j⁻¹.hab⁻¹) pendant la semaine et le week-end

Tableau 11 : Comparaison des volumes journaliers (semaine vs week-end)

Volume journalier (L.j ⁻¹ .hab ⁻¹)	Semaine	Week-end
Médiane	80	93
Moyenne	97	104
Min	7	5
Max	267	315
CV	60%	57%

Des tests statistiques sont réalisés afin de comparer les deux échantillons semaine et week-end. Dans un premier temps, le test de Shapiro-Wilk est utilisé pour déterminer si les échantillons suivent une loi normale. Les résultats du test sont présentés dans le Tableau 12.

Tableau 12 : Résultat du test de Shapiro-Wilk (semaine vs WE par habitant)

		P-value test de Shapiro-wilk	Conclusion du test
Volume journalier par habitant	semaine	$8,16 \times 10^{-10}$	Rejet hypothèse nulle : pas de loi normale
	week-end	$1,82 \times 10^{-3}$	

Puisque les deux échantillons ne suivent pas une distribution normale, le test de Wilcoxon-Mann-Whitney est utilisé pour comparer les volumes générés par un seul habitant durant la semaine et le week-end. Le résultat du test statistique donne une p-value égale à 0,2591 qui est supérieure au seuil de significativité fixé à 0,05 (5 %). Il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse nulle, les deux échantillons ne sont donc pas significativement différents.

D'un point de vue statistique, les volumes journaliers rejetés par habitant ne sont pas différents en semaine et pendant le week-end, même si les volumes médians sont relativement différents $80 \text{ L.j}^{-1}\text{.hab}^{-1}$ en semaine contre $93 \text{ L.j}^{-1}\text{.hab}^{-1}$ en week-end). Ainsi, l'étude retient comme valeurs moyenne et médiane respectivement $100 \text{ L.j}^{-1}\text{.hab}^{-1}$ et $85 \text{ L.j}^{-1}\text{.hab}^{-1}$.

- Volumes rejetés par un habitant dans 80 % des cas

La valeur moyenne du volume journalier d'eaux usées à traiter par un habitant s'établit à 100 L.j^{-1} , la médiane (84 L.j^{-1}) est plus faible. Ces deux valeurs ne reflètent pas la très grande amplitude de variation identifiée par le jeu de données disponibles (5 à 315 L.j^{-1}). Compte-tenu de l'importante variation des débits émis, il est proposé de ne pas s'intéresser aux événements exceptionnels, qu'ils soient très grands, ou très petits. C'est pour cela que les bornes des percentiles 10 et 90 ont été choisies pour définir les flux hydrauliques journaliers à traiter par l'installation. L'intervalle entre ces deux bornes correspond à 80% des événements rencontrés.

La Figure 28 permet de déterminer pour les percentiles 10 et 90 % un volume rejeté par habitant respectivement de 40 et 188 L.j^{-1} .

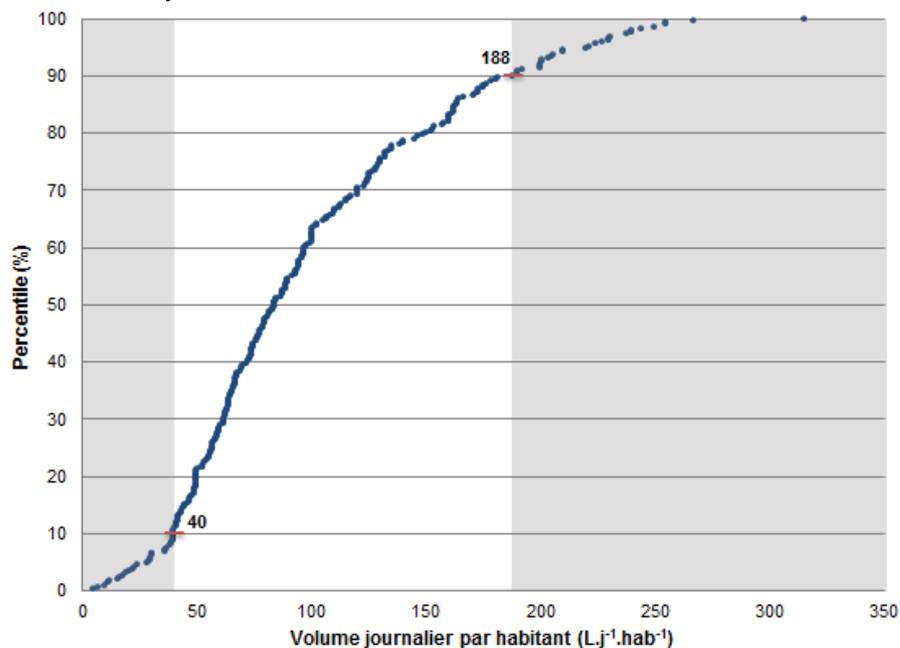


Figure 28 : Répartition des volumes journaliers rejetés par habitant ($\text{L.j}^{-1}\text{.hab}^{-1}$) pour le jeu de données complet

Le volume journalier moyen d'eaux usées à traiter rejeté par un habitant est $100 \text{ L.j}^{-1}.\text{hab}^{-1}$. Un habitant en ANC rejette un flux hydraulique journaliers compris entre 40 et $188 \text{ L.j}^{-1}.\text{hab}^{-1}$ dans 80% des cas.

4.3 Suivis qualitatifs

Ce travail est basé sur l'interprétation de 302 échantillons 24h réalisés sur 15 sites distincts (F1 à F15). Les boîtes à moustache sont classées selon la taille du ménage (ordre croissant du nombre d'adultes, puis d'enfants). La boîte à moustache « Total » correspond à l'ensemble des données des 15 ménages confondus et la boîte « AC » correspond aux données d'eaux usées brutes utilisées en assainissement collectif lors d'une étude publiée en 2010 (Mercoiret, 2010).

4.3.1 Concentrations des pollutions carbonée et particulaire

Les concentrations médianes en MES varient de 185 mg.L^{-1} (F12) à $1\,075 \text{ mg.L}^{-1}$ (F11) avec des valeurs hautes qui atteignent $3\,200 \text{ mg.L}^{-1}$ (F10). Les ménages F12 et F11 ont les médianes les plus basses et hautes respectivement alors que ces deux ménages sont composés de 6 habitants (2 adultes et 4 enfants) (Figure 29).

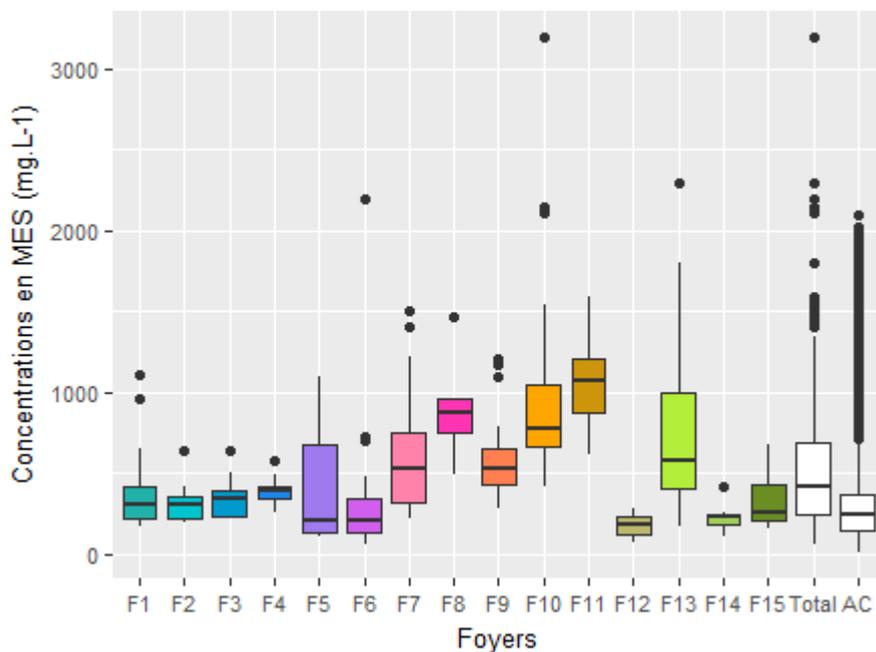


Figure 29 : Concentration en MES (mg.L^{-1}) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif

Les ménages F5, F6 et F13 ont les coefficients de variation les plus élevés, leurs données varient fortement autour de la moyenne.

La concentration médiane des MES du jeu de données complet est de 417 mg.L^{-1} (Tableau 13) alors que celle des données issues de l'assainissement collectif est de 240 mg.L^{-1} .

La grande valeur du rapport entre les extrêmes (min et max) traduit la grande variabilité des usages de l'eau selon les maisons. S'il ne fait pas de doute que ces mesures représentent la réalité du terrain, il paraît plus utile de s'intéresser aux événements moins exceptionnels, et il est pertinent d'identifier les bornes des percentiles 10 et 90. Les seuils des 10 % et 90 % sont présentés dans les Figure 30 et permettent de retenir les valeurs de 161 mg.L^{-1} et $1\,100 \text{ mg.L}^{-1}$ comme bornes d'intervalle des concentrations en MES.

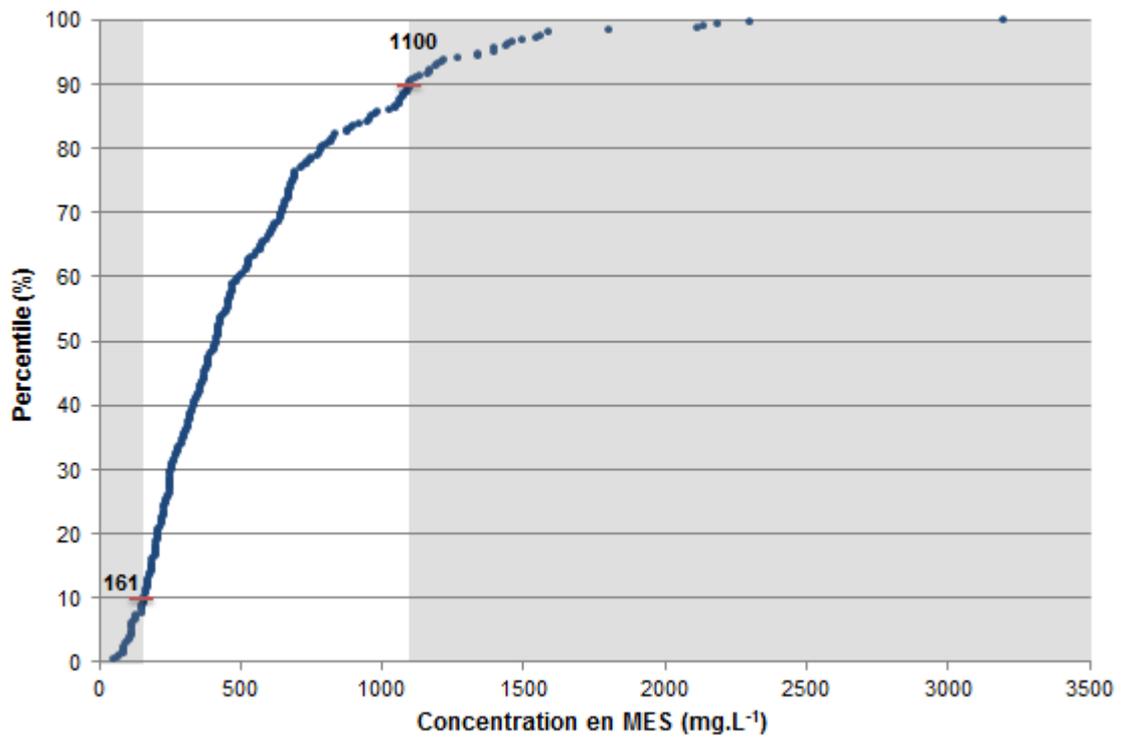


Figure 30 : Répartition des concentrations en MES (mg.L⁻¹) du jeu de données complet

Pour le paramètre DCO (Figure 31), les concentrations médianes varient de 521 mg.L⁻¹ (F2) à 2 271 mg.L⁻¹ (F13) avec des valeurs hautes qui atteignent 5 817 mg.L⁻¹ (F13). Les ménages 12 et 11 ont des médianes toujours très différentes alors que ces deux ménages sont composés de 6 habitants (2 adultes et 4 enfants).

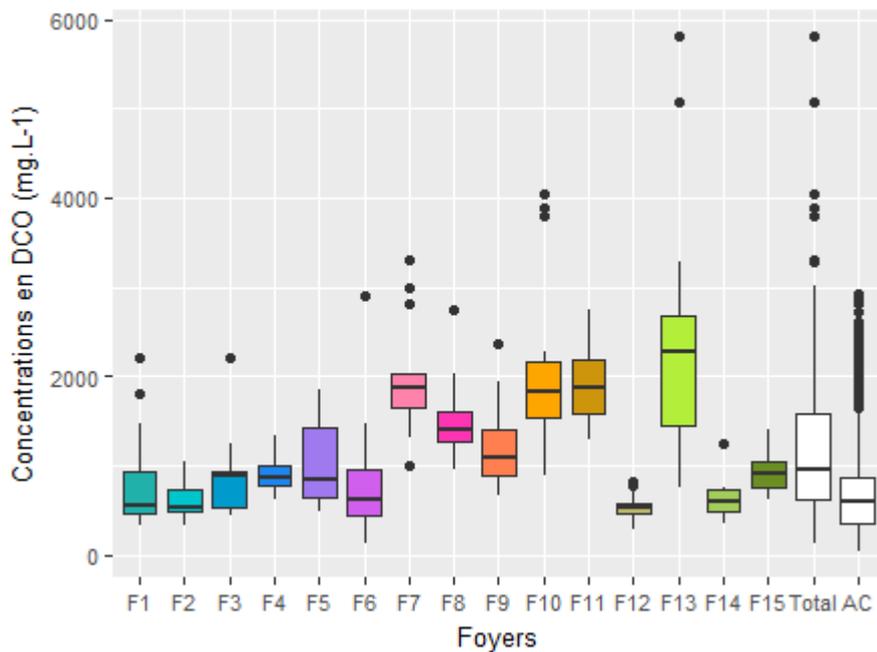


Figure 31 : Concentration en DCO (mg.L⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif

Tableau 13 : Concentration des paramètres caractérisant la pollution carbonée pour les 15 ménages suivis, le jeu de données complet et les données de l'assainissement collectif

Concentration mg.L ⁻¹		Assainissement Non Collectif (ANC)															AC	
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15		Total
MES	Médiane	308	304	345	384	200	201	530	875	528	779	1075	185	580	230	260	417	240
	Moyenne	363	322	348	390	400	354	669	906	586	994	1072	175	768	230	338	544	288
	Min	164	188	211	252	110	54	220	491	280	413	613	64	170	110	160	54	2
	Max	1105	642	634	572	1100	2190	1500	1460	1209	3200	1590	280	2300	420	670	3200	2100
	CV	59 %	43 %	34 %	20 %	85 %	133 %	65 %	39 %	41 %	64 %	25 %	36 %	74 %	43 %	50 %	80 %	79
DCO	Médiane	550	521	893	870	836	614	1867	1400	1095	1835	1880	533	2271	600	909	962	604
	Moyenne	741	597	845	916	1013	760	1984	1553	1187	1966	1909	533	2375	660	939	1212	646
	Min	326	329	445	613	480	126	991	962	664	887	1300	293	757	350	610	126	30
	Max	2205	1047	2200	1330	1840	2900	3302	2750	2356	4053	2750	827	5817	1253	1402	5817	2930
	CV	57 %	36 %	50 %	24 %	45 %	73 %	33 %	37 %	33 %	42 %	23 %	25 %	54 %	45 %	28 %	66 %	61
DBO ₅	Médiane	242	245	360	356	330	235	690	619	580	775	796	285	1035	230	340	412	250
	Moyenne	310	234	366	413	385	257	759	592	596	864	787	298	1197	260	378	514	265
	Min	110	130	135	270	190	37	410	255	285	416	95	157	320	120	200	37	5
	Max	982	310	1100	642	660	480	1280	934	1260	1893	252	470	3380	450	600	3380	1230
	CV	87 %	28 %	61 %	29 %	40 %	46 %	35 %	44 %	36 %	53 %	22 %	28 %	63 %	41 %	35 %	75 %	64

Les ménages F1, F6 et F13 présentent des coefficients de variation les plus élevés, leurs données varient fortement autour de la moyenne.

La valeur moyenne de la DCO (tous ménages confondus) est de 1 212 mg.L⁻¹, alors que la médiane est de 962 mg.L⁻¹, montrant ainsi l'impact des valeurs extrêmes hautes.

La concentration médiane du jeu de données complet est de 962 mg.L⁻¹ (Tableau 13) alors que celle des données issues de l'assainissement collectif est de 604 mg.L⁻¹.

En ce qui concerne le paramètre DBO₅ (Figure 32), les concentrations médianes varient de 242 mg.L⁻¹ (F1) à 1 035 mg.L⁻¹ (F13), avec des valeurs hautes qui atteignent 3 380 mg.L⁻¹ (F13). Les ménages F12 et F11 ont des médianes toujours très différentes alors que ces deux ménages sont tous les deux, composés de 6 habitants (2 adultes et 4 enfants).

Les ménages F1, F3 et F13 ont les coefficients de variation les plus élevés, leurs données varient fortement autour de la moyenne.

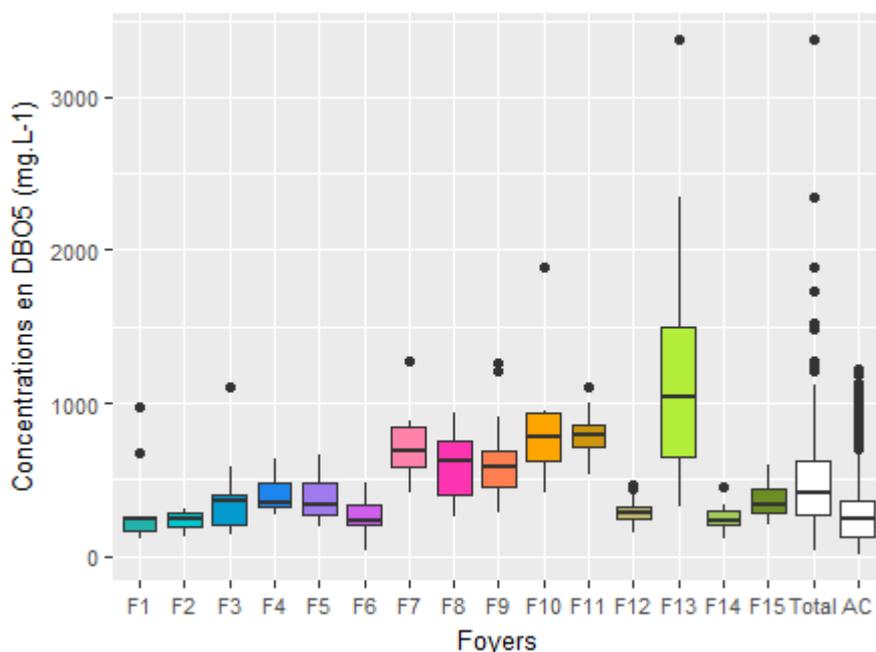


Figure 32 : Concentration en DBO₅ (mg.L⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif

La grande valeur du rapport entre les extrêmes (min et max) traduit la grande variabilité des usages de l'eau selon les maisons. S'il ne fait pas de doute que ces mesures représentent la réalité du terrain, il paraît plus utile de s'intéresser aux événements moins exceptionnels, et il est pertinent d'identifier les bornes des percentiles 10 et 90. Les seuils des 10 % et 90 % sont présentés dans les Figure 30 et permettent de retenir les valeurs de 200 mg.L⁻¹ et 931 mg.L⁻¹ comme bornes d'intervalle des concentrations en DBO₅.

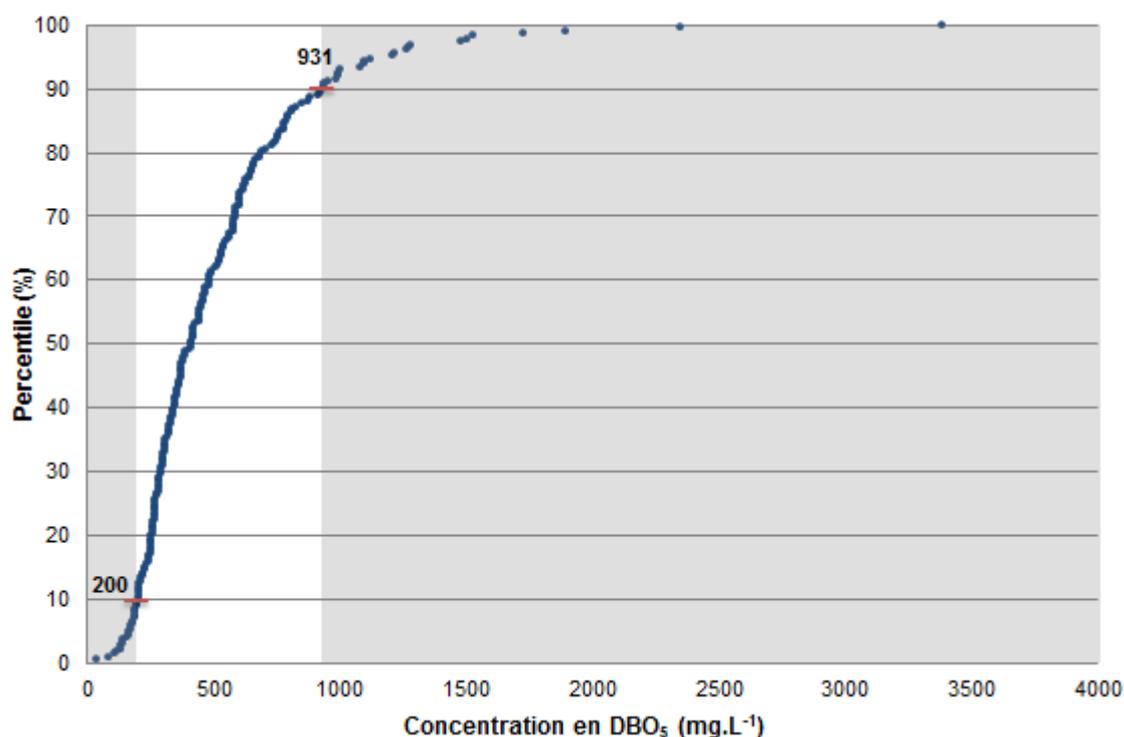


Figure 33: Répartition des concentrations en DBO₅ (mg.L⁻¹) du jeu de données complet

La concentration médiane du jeu de données complet est de 412 mg.L⁻¹ (Tableau 13) alors que celle des données issues de l'assainissement collectif est de 250 mg.L⁻¹.

Quel que soit le paramètre caractéristique de la pollution carbonée, on constate peu de variabilité pour les ménages F4, F11, F12.

De façon générale, les concentrations moyennes sont plus fortes en assainissement non collectif qu'en assainissement collectif. De plus, les amplitudes de variation, conséquence directe des habitudes de vie de chaque ménage sont plus marquées.

Ces éléments confirment la pertinence de l'approche portant sur la définition d'une amplitude, plutôt que de se restreindre à seulement une valeur moyenne.

4.3.2 Concentrations de la pollution azotée

En ce qui concerne le paramètre NH₄⁺ (Figure 34 et Tableau 14), les concentrations médianes varient de 29 mg.L⁻¹ (F1) à 151 mg.L⁻¹ (F11) avec des valeurs hautes qui atteignent 1 100 mg.L⁻¹ (F11). Les ménages F12 et F11 ont des médianes toujours très différentes alors que ces deux ménages ont la même composition de 6 habitants (2 adultes et 4 enfants).

Les ménages F2, F6, F14 et F15 ont les coefficients de variation les plus élevés ; leurs données varient fortement autour de la moyenne.

La concentration médiane du jeu de données complet est de 69 mg.L⁻¹ (Tableau 13) alors que celle des données issues de l'assainissement collectif est de 55 mg.L⁻¹.

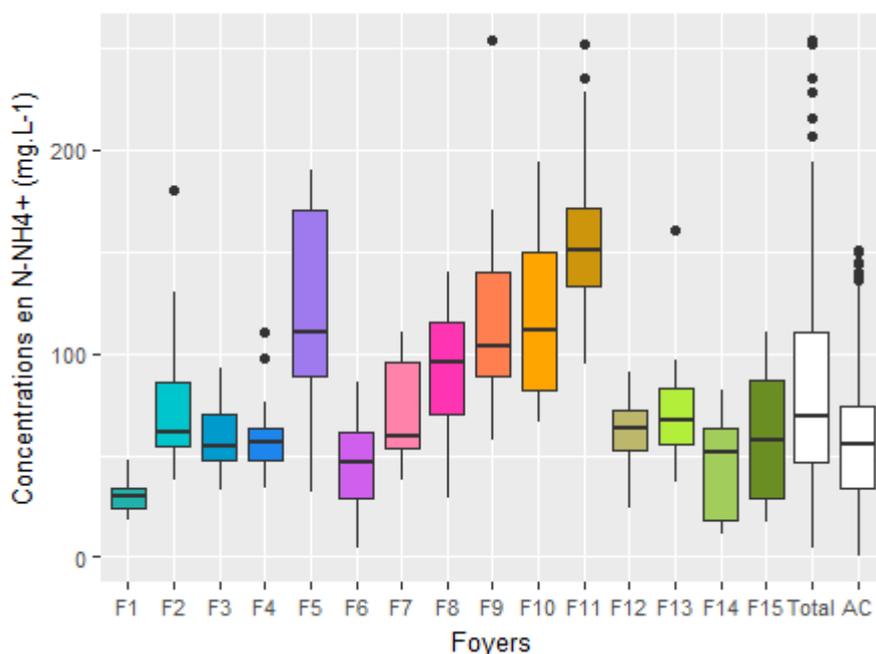


Figure 34 : Concentration en $N-NH_4^+$ ($mg.L^{-1}$) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif

En ce qui concerne le paramètre NK (Figure 32, Tableau 15 : Concentrations du paramètre caractérisant la pollution phosphorée pour les 15 ménages suivis, le jeu de données complet et les données de l'assainissement collectif

Assainissement Non Collectif (ANC)														
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
7	8	9	9	11	11	21	20	15	19	30	8	18	9	15
7	9	9	9	16	14	21	20	17	19	30	8	18	10	17
5	6	5	6	4	2	10	11	8	3	19	5	7	7	10
11	17	15	19	38	44	34	29	32	43	44	15	34	16	31
25 %	38 %	31 %	37 %	72 %	69 %	19 %	31 %	37 %	51 %	21 %	22 %	41 %	31 %	34 %

les concentrations médianes varient de $55 mg.L^{-1}$ (F1) à $216 mg.L^{-1}$ (F11) avec des valeurs hautes qui atteignent $555 mg.L^{-1}$ (F9). Les ménages F12 et F11 ont des médianes toujours très différentes alors que ces deux ménages sont composés de 6 habitants (2 adultes et 4 enfants).

Le ménage F9 a le coefficient de variation les plus élevés ; ses données varient fortement autour de la moyenne.

La concentration médiane du jeu de données complet est de $110 mg.L^{-1}$ (Tableau 14) alors que celle des données issues de l'assainissement collectif est de $67 mg.L^{-1}$. La valeur moyenne en NK est de $128 mg.L^{-1}$ pour l'ANC alors que les moyennes et médianes se confondent ($67 mg.L^{-1}$) en AC (Mercoiret, 2010).

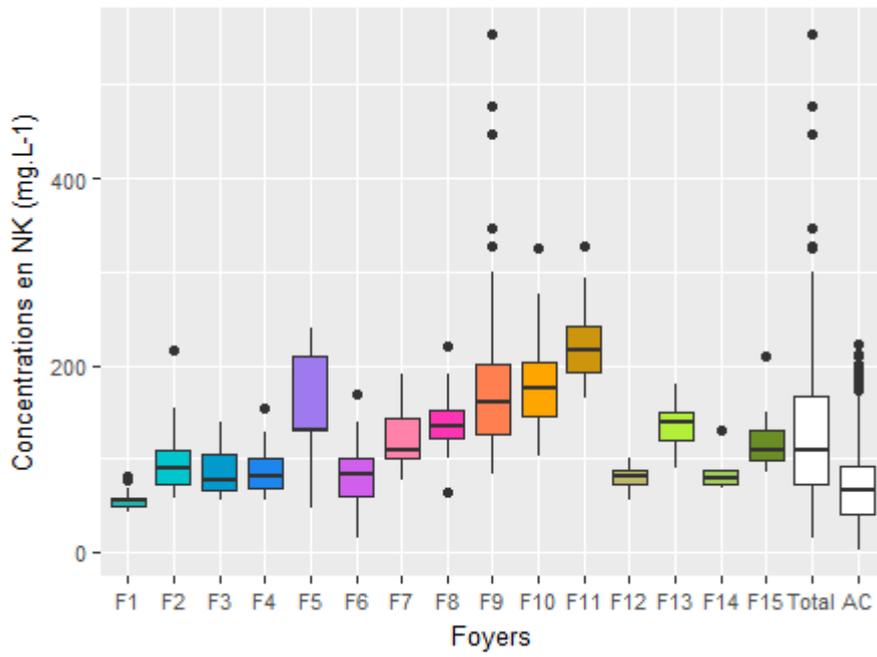


Figure 35 : Concentration en NK (mg.L⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif

Tableau 14 : Concentrations des paramètres caractérisant la pollution azotée pour les 15 ménages suivis, le jeu de données complet et les données de l'assainissement collectif

Concentration mg.L ⁻¹		Assainissement Non Collectif (ANC)															AC	
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15		Total
N-NH ₄ ⁺	Médiane	29	62	54	56	110	47	59	96	104	112	151	63	67	52	57	69	55
	Moyenne	30	80	59	59	123	44	70	92	114	118	158	61	74	44	61	81	55
	Min	19	38	33	34	32	4	38	29	58	66	530	24	37	11	17	4	0.1
	Max	47	180	93	110	190	86	110	140	254	194	1100	91	160	82	110	254	150
	CV	25 %	55 %	28 %	32 %	43 %	56 %	27 %	39 %	35 %	33 %	25 %	26 %	47 %	64 %	55 %	60 %	49 %
NK	Médiane	55	89	78	80	130	84	110	135	160	176	216	80	140	79	110	110	67
	Moyenne	55	103	86	86	156	81	121	139	197	183	223	79	137	86	118	128	67
	Min	42	58	55	56	46	15	77	65	84	103	165	55	89	69	85	15	1.1
	Max	82	215	140	155	240	170	190	220	555	326	328	100	180	130	210	555	223
	CV	16 %	47 %	31 %	30 %	42 %	46 %	38 %	35 %	57 %	31 %	18 %	16 %	19 %	26 %	28 %	59 %	51 %

Tableau 15 : Concentrations du paramètre caractérisant la pollution phosphorée pour les 15 ménages suivis, le jeu de données complet et les données de l'assainissement collectif

Concentration mg.L ⁻¹		Assainissement Non Collectif (ANC)															AC	
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15		Total
P	Médiane	7	8	9	9	11	11	21	20	15	19	30	8	18	9	15	13	9
	Moyenne	7	9	9	9	16	14	21	20	17	19	30	8	18	10	17	15	9
	Min	5	6	5	6	4	2	10	11	8	3	19	5	7	7	10	2	0.2
	Max	11	17	15	19	38	44	34	29	32	43	44	15	34	16	31	44	39
	CV	25 %	38 %	31 %	37 %	72 %	69 %	19 %	31 %	37 %	51 %	21 %	22 %	41 %	31 %	34 %	59 %	57 %

Les mêmes constatations émanent des deux graphiques représentant la pollution azotée (Figures 32 et 33) ; plus il y a d'habitants au sein du ménage, plus la concentration augmente (ménage F1 à ménage F11). Ce constat est surprenant. Toutefois, l'exemple du ménage F12 vient en opposition avec cette tendance car 6 habitants (2 adultes et 4 enfants) occupent le foyer comme dans le ménage F11.

Ces concentrations, qu'elles soient fortes ou faibles, sont à mettre en regard du volume total d'eaux usées rejetées qui influence plus ou moins la dilution de la pollution. Cette analyse croisée revient à s'intéresser aux charges organiques journalières qui feront l'objet d'un prochain paragraphe.

4.3.3 Concentrations de la pollution phosphorée

Les concentrations médianes du paramètre Pt (Figure 36, Tableau 15), varient de 7 mg.L⁻¹ (F1) à 30 mg.L⁻¹ (F11) avec des valeurs hautes qui atteignent 44 mg.L⁻¹ (F9). Les ménages F12 et F11 ont des médianes toujours très différentes alors que ces deux ménages sont composés de 6 habitants (2 adultes et 4 enfants).

Les ménages F5 et F6 ont les coefficients de variation les plus élevés ; leurs données varient fortement autour de la moyenne.

La concentration médiane en Pt du jeu de données complet est de 13 mg.L⁻¹ (Tableau 13) alors que celle des données issues de l'assainissement collectif est de 9 mg.L⁻¹.

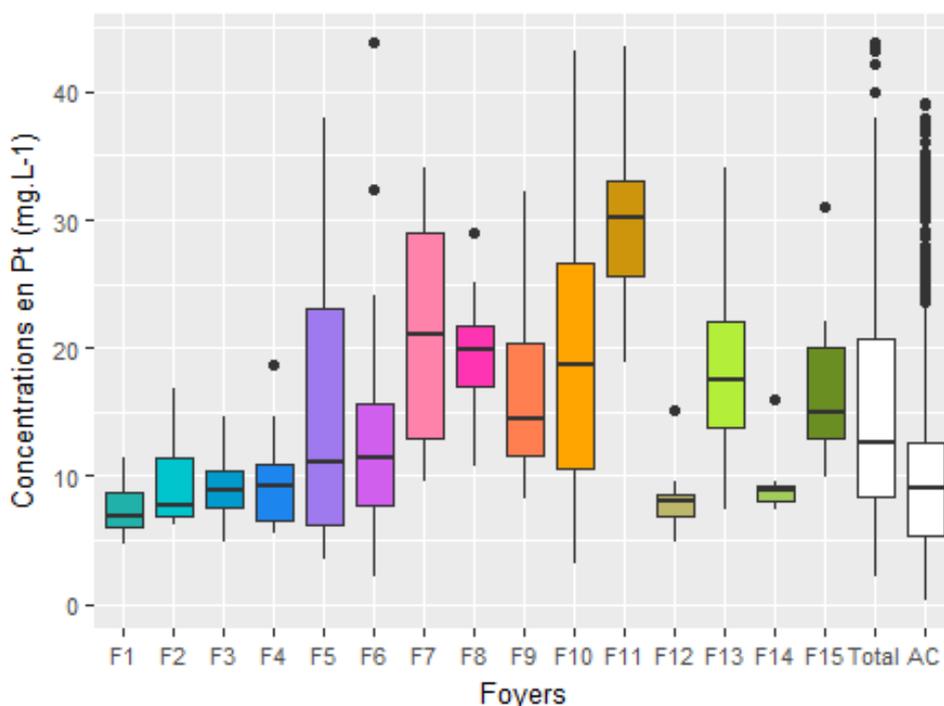


Figure 36 : Concentration en Pt (mg.L⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif

La conclusion concernant la pollution azotée est semblable pour la pollution phosphorée. Une augmentation de la concentration avec l'augmentation du nombre d'habitants au sein des foyers est ainsi constatée. A contrario, certains ménages avec de nombreux habitants présentent des concentrations faibles (liens volumes générés vs concentration obtenues).

4.3.4 Analyses des ratios caractéristiques

Le caractère domestique d'une pollution se confirme par l'analyse des proportions entre les différents paramètres chimiques mesurés.

Les ratio DCO/DBO₅, bien que relativement variable d'un ménage à l'autre, restent peu variables au cours du suivi (CV de 22 %) comparé aux situations rencontrées en assainissement collectif. Il traduit avec une moyenne de 2,3 un caractère domestique de la pollution organique (Figure 37 et Tableau 16).

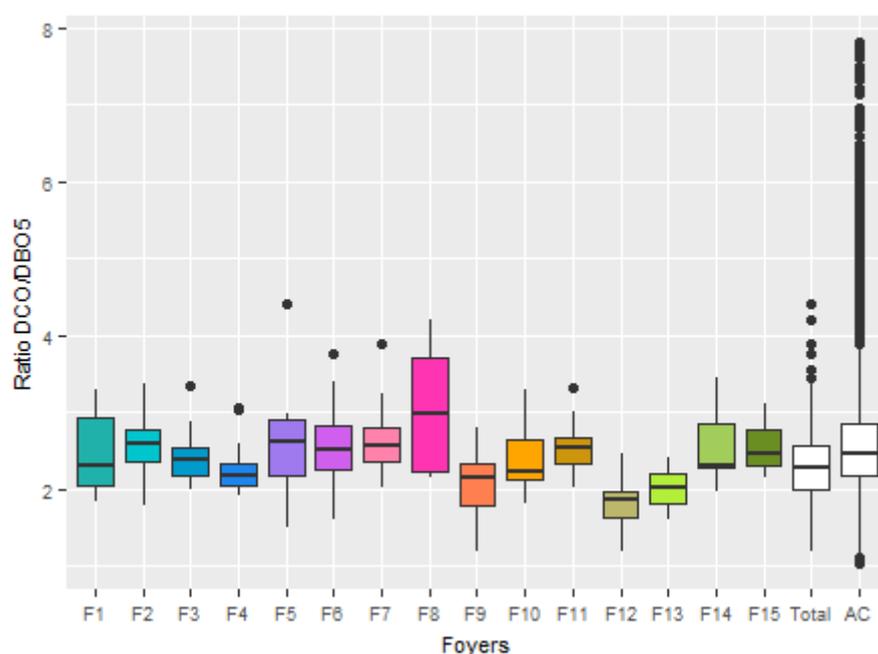


Figure 37 : Ratio DCO/DBO₅ des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif

L'ensemble des ratios calculés sont rassemblés en Tableau 16. Ils sont très proches de ceux connus pour l'assainissement des petites collectivités. Les eaux usées rejetées par les ménages sont sans aucun doute d'origine domestique. Les différences les plus marquées portent sur les ratios où intervient le phosphore total (Pt). Les orthophosphates (PO₄³⁻) étant de moins en moins présents dans les produits lessiviels, la concentration en ce paramètre a naturellement diminué : c'est pourquoi tous les ratios comparant avec le Pt augmentent par rapport aux références de 2010.

Tableau 16 : Ratios moyens et médians des différents paramètres caractéristiques en ANC comparés aux ratios de l'assainissement collectif

Ratio	contexte	Références bibliographiques	DCO/ DBO ₅	DCO/ MES	DCO/ NK	DCO/ Pt	DBO ₅ / NK	DBO ₅ / Pt	N-NH ₄ ⁺ / NK
moyen	Assainissement collectif	Mercoiret, 2010	2,6	2,2	8,3	62,5	3,9	28,5	0,7
	ANC	présente étude	2,3	2,6	9,8	85,4	4,0	37,4	0,6
médián	Assainissement collectif	Mercoiret, 2010	2,5	2,4	9,1	66,7	3,7	26,8	0,7
	ANC	présente étude	2,3	2,3	9,1	72,2	3,8	32,9	0,7

4.3.5 Comparaison avec la bibliographie et synthèse

Le Tableau 17 compare les valeurs des concentrations médianes et moyennes issues de cette étude avec les rares valeurs issues de la bibliographique. Il n'existe pas d'études qualifiant l'ensemble des moyennes des paramètres des eaux usées brutes en ANC. L'étude (Vignoles, 2015) d'un statut confidentiel, explicite l'ensemble des valeurs médianes et seulement quelques valeurs moyennes.

Les valeurs issues de cette présente étude sont cohérentes avec celles existantes, même si elles sont systématiquement légèrement plus faibles.

Des tests statistiques adaptés à la distribution des concentrations des différents paramètres ont été conduits afin d'identifier d'éventuelles différences de qualité d'eaux usées brutes entre le week-end et les jours ouvrés de la semaine. Les résultats présentés en Annexe 2 concluent en une absence de différence : les eaux usées brutes rejetés en semaine ou dans le week-end sont de concentrations équivalentes tous paramètres confondus dans les moments.

Tableau 17 : Valeurs moyennes et médianes par polluant (bibliographie vs présente étude)

Concentrations moyennes (mg.L ⁻¹)	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt	Références bibliographiques
Assainissement collectif	288	646	265	55	67	9	Mercoiret, 2010
ANC	-		691	95			Vignoles, 2015
		860			93	16	Henze, 2008
	544	1212	514	81	128	15	présente étude
Concentrations médianes (mg.L ⁻¹)	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt	Références bibliographiques
Assainissement collectif	240	604	250	55	67	9	Mercoiret, 2010
ANC	504	1512	600	84	-	19	Vignoles, 2015
	417	962	412	69	110	13	présente étude

La valeur moyenne de 514 mg O₂.L⁻¹ en DBO₅ est 2 fois plus importante que la valeur moyenne de 265 mg.L⁻¹ en DBO₅ obtenue en assainissement collectif pour des installations de capacités inférieures à 2 000 EH. Ces valeurs confirment l'importance des concentrations de ces eaux usées brutes par rapport aux repères de l'assainissement collectif. D'une manière générale, les eaux usées issues des habitations en ANC sont 2 fois plus concentrées que les eaux analysées en assainissement collectif.

Pour réduire la grande amplitude de variation des concentrations tout en tenant compte de la forte variabilité, les percentiles 10% et 90% sont identifiés et sont considérés comme les bornes de variation des concentrations pour chaque paramètre. Ils sont présentés en Tableau 18.

Tableau 18 : Bornes d'amplitudes de variations des concentrations par paramètre (percentiles 10 et 90)

Bornes d'amplitudes (mg.L ⁻¹)	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt	Références bibliographiques
Percentile 10%	76	178	63	18.3	21.2	2.9	Mercoiret, 2010 Assainissement collectif
Percentile 90%	555	1158	490	89.3	112.4	16.0	
Ratio P _{90%} /P _{10%}	7.3	6.5	7.7	4.9	5.3	5.5	
Percentile 10%	161	469	200	29	56	6.5	présente étude ANC
Percentile 90%	1 100	2 199	931	153	220	30	
Ratio P _{90%} /P _{10%}	6.8	4.7	4.6	5.2	3.9	4.6	

La forte concentration des eaux usées à traiter en habitat individuel est indéniable : pour tous les paramètres excepté les formes ammoniacales de l'azote, les eaux sont 2 fois plus concentrées. Les ratios entre les 2 bornes définies par les percentiles 10% et 90% sont plus faibles en ANC qu'en assainissement collectif et attestent d'une plus grande stabilité des concentrations dans des valeurs élevées.

Il faut donc que les filières soient en capacité de répondre à ces sollicitations variables en fournissant des performances de traitement optimales.

5. Discussion

La connaissance pour chaque prélèvement à la fois des concentrations et des débits associés permet de calculer les charges organiques à traiter. Ces charges sont alors analysées par ménage puis pour l'ensemble des ménages. Même si l'occupation diffère d'un ménage à l'autre, l'ensemble de ces ménages sont susceptibles d'être équipé d'une filière dont la charge nominale est fixe et s'établit à 5 EH quel que soit le nombre d'occupants. C'est la raison pour laquelle la réflexion porte sur la charge de pollution à traiter à l'échelle d'un ménage.

Dans un deuxième temps, et pour mieux comparer les données entre elles, les charges de pollution sont ramenées à l'habitant domicilié dans ce ménage au moment des mesures. Ainsi sont identifiées, par habitant, des charges polluantes à traiter.

5.1 Charges polluantes rejetées par ménage

L'analyse des charges polluantes rejetées par les différents ménages renseigne sur la quantité de pollution à traiter par les différentes installations suivies. Une quantité moyenne de pollution peut ensuite être calculée pour chaque paramètre analysé.

Pour chaque ménage, les charges calculées sont à comparer à la pollution maximale émise par un ménage théorique de 5 personnes et qui possède une station de traitement des eaux usées dimensionnée pour 5 EH soit :

- 250 g MES.j⁻¹
- 750 g DCO.j⁻¹
- 300 g DBO₅.j⁻¹

La description des ménages est fournie en Tableau 1 : Caractéristiques des ménages sélectionnés. Le nombre moyen d'habitants par ménage de l'étude est de 3,53. Pour chaque ménage, le nombre de prélèvements est différent, c'est pourquoi la moyenne pondérée au regard du nombre de prélèvements est différente de la moyenne précitée. Elle s'établit à 3,66 hab/ménage. Ces 2 moyennes sont proches et le nombre de prélèvements a peu d'impact sur ces moyennes. Dans les deux cas, elles sont supérieures à la taille¹ moyenne des ménages sur le territoire français : 2,22 personnes/ménages si l'on assimile cette valeur au degré d'occupation moyen des maisons.

Ainsi, les charges calculées par ménage dans le chapitre qui suit, et retenues comme base de dimensionnement, intègrent un facteur de sécurité induit par la composition du jeu de données à disposition.

¹ <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2381486>

5.1.1 Pollutions carbonée et particulaire

La grande majorité des ménages émet une pollution en MES (Figure 38) inférieure au seuil des 250g MES.j⁻¹. Dans 8 ménages sur 15, la pollution est systématiquement en-deçà de ce seuil. Les deux ménages F11 et F7 génèrent des pollutions supérieures à ce seuil théorique dans plus de 50% des mesures réalisées.

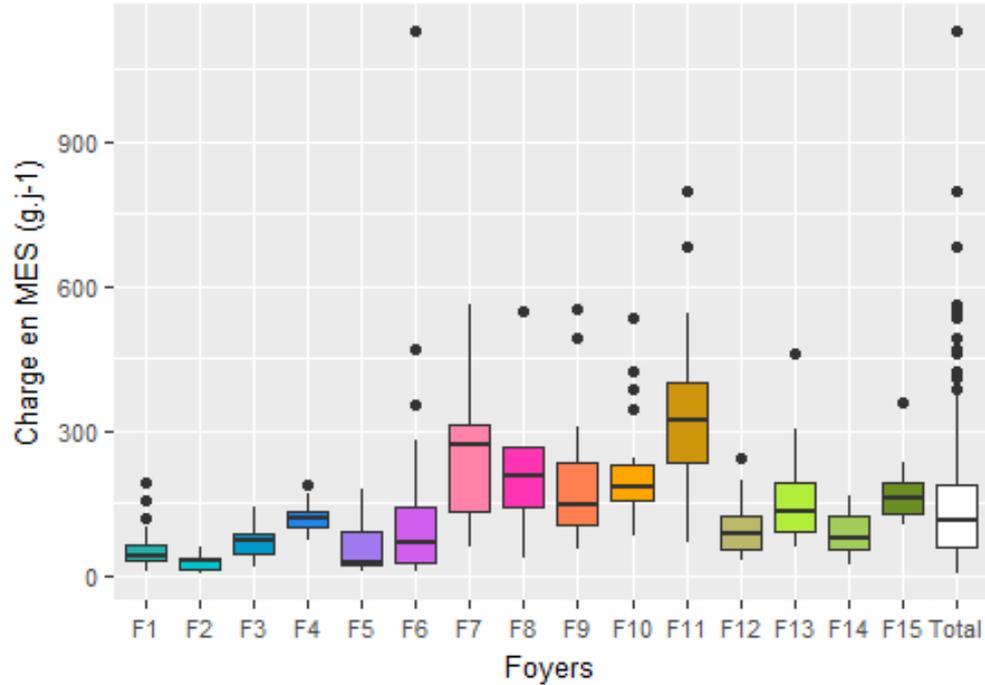


Figure 38 : Comparaison des charges journalières en MES (g.j⁻¹) par ménage

La grande majorité des ménages émet une pollution en DCO (Figure 39) inférieure au seuil des 750 g DCO.j⁻¹. Dans 9 ménages sur 15, la pollution est systématiquement en-deçà de ce seuil. Seul le ménage F7 génère une pollution supérieure à ce seuil théorique, dans presque 50 % des prélèvements réalisés. Pour les autres ménages, les dépassements se limitent soit aux valeurs aberrantes soit à 25% de l'effectif (F11).

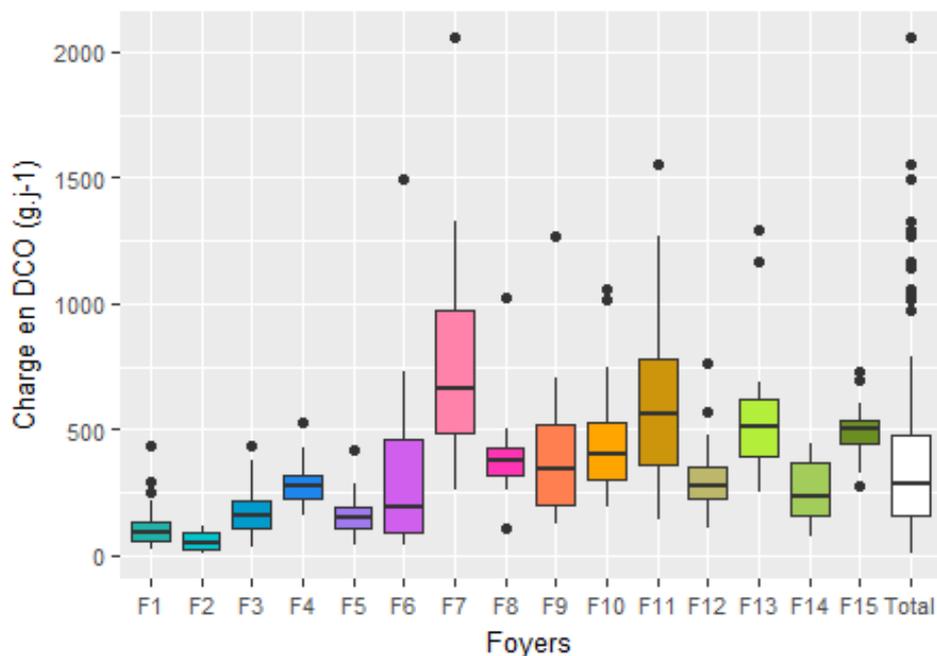


Figure 39 : Comparaison des charges journalières en DCO ($g.j^{-1}$) par ménage

Pour la charge en DBO₅ (Figure 40), la comparaison par rapport à la valeur théorique pour 5 EH conduit à des résultats très proches de ceux pour la charge en DCO. La grande majorité des ménages émet une pollution en DBO₅ inférieure au seuil des 300 $g.DBO_5.j^{-1}$. Dans 9 ménages sur 15, la pollution est systématiquement en-deçà de ce seuil. Seul le ménage F7 génère une pollution supérieure à ce seuil théorique, presque la moitié du temps. Pour les autres ménages, les dépassements se limitent soit aux valeurs aberrantes soit à 25% de l'effectif (F13).

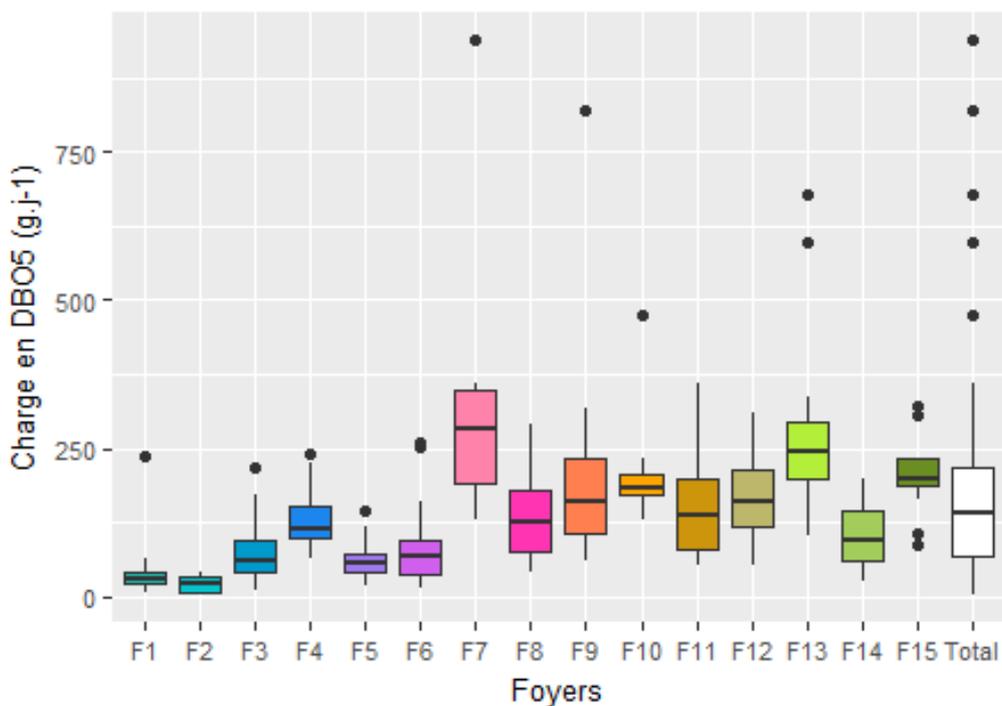


Figure 40 : Comparaison des charges journalières en DBO₅ ($g.j^{-1}$) par ménage

Les charges à traiter sont le plus souvent en deçà des paramètres de pollution classiquement retenus pour le dimensionnement des ouvrages de traitement excepté pour le ménage F7 (composé de 2 adultes et 1 enfant) et pour les ménages F11 (composé de 2 adultes et 4 enfants) et F13 (composé de 3 adultes et 1 enfant).

On aurait pu s'attendre à ce que les variations de consommation d'eau influencent de façon inversement proportionnelle les concentrations, pour conduire à définir une charge polluante journalière relativement stable. Ce n'est pas le cas et les Figure 38, Figure 39, Figure 40 et le Tableau 19 attestent de charges organiques et particulaires extrêmement variables (avec des coefficients de variation très souvent supérieurs à 60 %) au sein d'un même ménage, mais également entre les différents ménages.

Si l'on considère uniquement la valeur médiane pour chaque paramètre, afin de ne pas prendre en compte les valeurs extrêmes basses et hautes, et en connaissance de l'occupation du foyer, ils existent des variations d'un rapport de :

- 4 à 5 entre les ménages F2 et F4, tous les deux habités par 2 personnes,
- 3 à 4 entre les ménages F6 et F7, tous les deux habités par 2 adultes et 1 enfant,
- 1 à 3 pour les ménages F11 et F12, tous les deux habités par 2 adultes et 4 enfants.

Les écarts, rencontrés tant sur les débits que sur les concentrations, se retrouvent aussi sur les charges journalières. La masse de pollution à traiter dépend, non seulement des quantités d'eaux utilisées conduisant à des degrés de dilution plus ou moins importants influençant les concentrations, mais surtout des habitudes spécifiques de chaque ménage.

Tableau 19 : Charges organiques de chaque ménage et de l'ensemble des données

Charge (g. j ⁻¹ .ménage ⁻¹)		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	Total
MES	Médiane	43	30	72	118	26	69	271	206	149	186	322	88	135	78	160	113
	Moyenne	57	28	70	123	65	161	255	240	186	211	343	99	176	90	173	150
	Min	10	4	18	72	10	10	58	38	54	83	69	33	61	24	107	4
	Max	192	60	142	190	182	1 128	561	546	551	535	796	243	460	166	358	1 128
	CV	71 %	67 %	52 %	25 %	96 %	161%	60 %	79 %	59 %	50 %	58 %	54 %	69 %	57 %	39 %	94 %
DCO	Médiane	91	54	156	273	148	194	662	378	347	399	559	273	511	233	506	281
	Moyenne	115	56	174	286	170	309	821	424	384	448	617	307	555	258	505	354
	Min	21	7	35	158	41	46	261	105	129	190	143	107	250	77	273	7
	Max	434	114	440	527	417	1 494	2 058	1 029	1 268	1 055	1 555	768	1 296	441	728	2 058
	CV	73 %	72 %	64 %	34 %	61 %	104 %	57 %	64 %	59 %	50 %	62 %	47 %	47 %	56 %	25 %	82 %
DBO ₅	Médiane	29	24	63	115	58	69	282	126	162	183	137	162	244	94	198	140
	Moyenne	50	22	76	129	65	90	312	140	192	218	172	166	275	105	204	155
	Min	7	3	13	66	19	16	129	43	60	131	54	53	103	27	88	3
	Max	236	42	220	241	144	259	938	290	819	473	359	311	676	197	323	938
	CV	127 %	70 %	72 %	39 %	57 %	82 %	65 %	65 %	67 %	49 %	63 %	38 %	53 %	62 %	32 %	79 %
N-NH ₄ ⁺	Médiane	5	6	12	18	17	10	28	23	33	24	60	31	14	15	32	20
	Moyenne	5	9	11	18	19	15	26	24	34	27	57	35	18	19	34	24
	Min	1	1	4	9	6	1	13	8	13	10	11	12	10	2	8	1
	Max	9	26	20	31	37	37	39	52	63	48	110	70	36	36	70	110
	CV	46 %	102 %	40 %	33 %	48 %	72 %	27 %	59 %	34 %	40 %	60 %	45 %	42 %	74 %	60 %	79 %
NK	Médiane	8	8	16	24	22	24	43	35	47	40	75	39	34	42	67	33
	Moyenne	8	12	17	26	24	29	43	37	63	41	77	45	35	35	64	38
	Min	2	1	5	18	9	4	26	11	19	16	15	22	29	12	32	1
	Max	16	30	33	45	45	88	39	82	179	74	152	88	42	51	95	179
	CV	42 %	96 %	43 %	30 %	49 %	72 %	22 %	58 %	73 %	37 %	58 %	39 %	12 %	40 %	27 %	80 %
Pt	Médiane	1	1	2	2	2	3	8	5	5	4	8	4	4	4	9	4
	Moyenne	1	1	2	3	3	5	8	5	5	4	9	5	4	4	9	5
	Min	0.3	0.1	1	2	0.3	1	4	1	2	1	2	2	3	1	5	0.1
	Max	2	3	3	5	6	17	12	11	19	12	18	11	8	6	14	19
	CV	44 %	91 %	46 %	35 %	81 %	91 %	30 %	53 %	62 %	62 %	58 %	43 %	36 %	43 %	31 %	77 %

5.1.2 Pollution azotée

La charge azotée est variable au sein d'un même ménage ; elle est assez différente entre les différents ménages comme l'attestent les coefficients de variation couvrant l'intervalle : 12% à 97% pour le paramètre NK (Figure 41, Figure 42 et Tableau 19). Le ménage F11 est le seul à présenter une valeur médiane bien au-dessus des autres ménages suivis (environ 2 fois plus).

Si l'on considère la valeur médiane pour chaque paramètre, afin de ne pas prendre en compte les valeurs extrêmes basses et hautes, des variations d'un rapport 3 entre les ménages F2 et F4 sont observées, un rapport de 2 à 3 entre les ménages F6 et F7 et un rapport de 1 à 2 pour les ménages F11 et F12, bien que les nombres d'occupants des foyers comparés soient identiques.

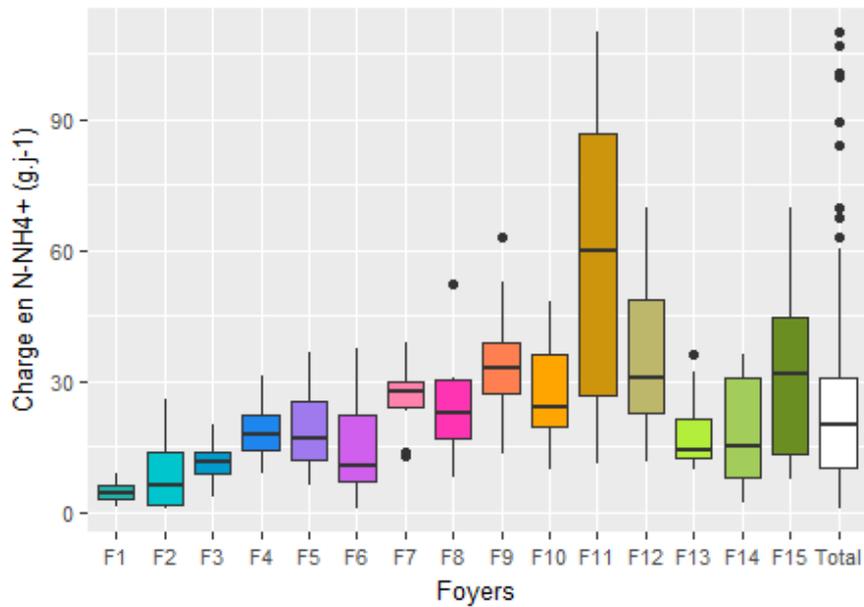


Figure 41 : Comparaison des charges journalières en $N-NH_4^+$ ($g.j^{-1}$) par ménage

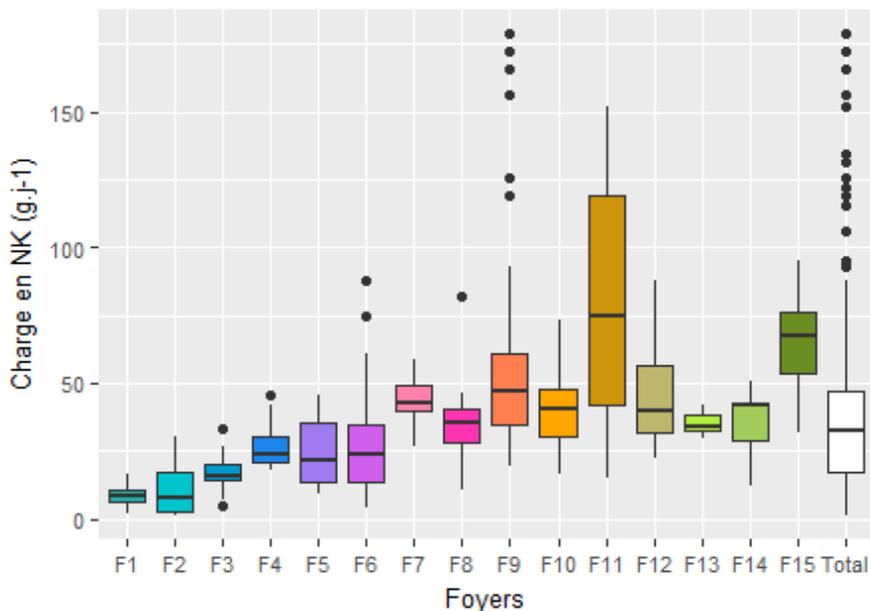


Figure 42 : Comparaison des charges journalières en NK ($g.j^{-1}$) par ménage

5.1.3 Pollution phosphorée

La charge phosphorée est légèrement variable (avec des coefficients de variation qui dépassent 80% uniquement pour 3 ménages) au sein d'un même ménage ; elle est assez hétérogène entre les différents ménages (Figure 43 et Tableau 19). Les ménages F7, F11 et F15 présentent une valeur médiane bien au-dessus des autres ménages (environ 2 fois plus). Des variations d'un rapport 2 entre les ménages F2 et F4, d'un rapport de 2 à 3 entre les ménages F6 et F7 et d'un rapport de 2 pour les ménages F11 et F12 sont observées sur les médianes.

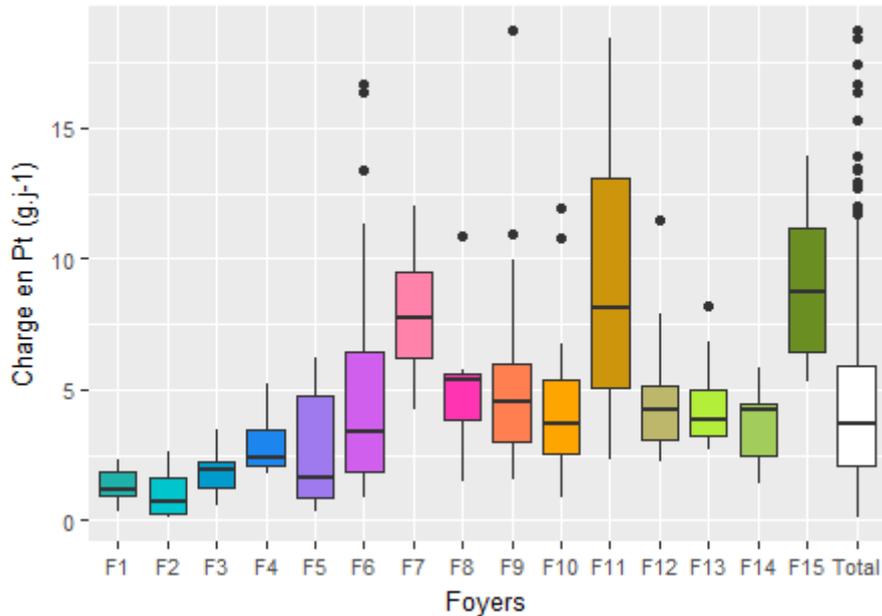


Figure 43 : Comparaison des charges journalières en Pt ($g.j^{-1}$) par ménage

5.1.4 Comparaison des charges à traiter entre les jours ouvrés et les week-ends

Cette comparaison a été conduite pour les volumes journaliers et la conclusion de l'analyse statistique statue sur une absence de différence entre les deux périodes de la semaine (Tableau 11 et Figure 27). Qu'en est-il des charges polluantes à traiter ?

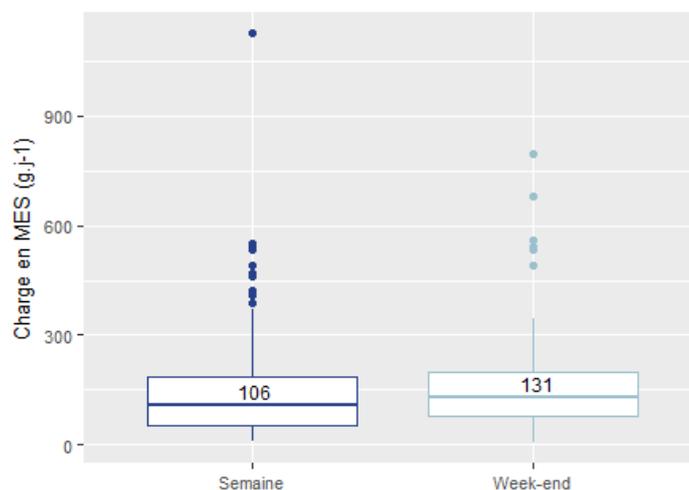


Figure 44 : Charges journalières en MES ($g.j^{-1}$) d'un ménage pendant la semaine et le week-end

Les charges journalières produites durant le week-end sont plus importantes que celles produites en semaine, et ce quel que soit le paramètre étudié (Figure 44, Figure 45 et Tableau 20).

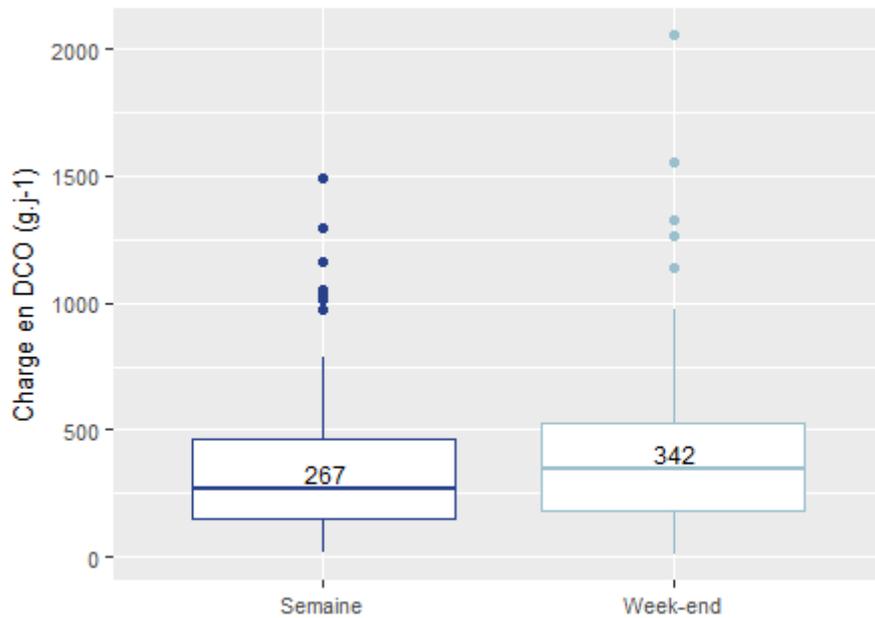


Figure 45 : Charges journalières en DCO ($g.j^{-1}$) d'un ménage pendant la semaine et le week-end

Tableau 20 : Comparaison des charges par polluant pendant la semaine et le week-end ($g.j^{-1}$)

Charge ($g.j^{-1}$) d'un ménage		MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt
Semaine	Médiane	106	267	127	19	32	4
	Moyenne	143	327	145	22	34	4
	Min	8	13	5	1	2	0.2
	Max	1 128	1 494	676	68	172	17
	CV	94 %	76 %	72 %	68 %	69 %	73 %
Week-end	Médiane	131	342	170	23	37	4
	Moyenne	169	423	190	29	47	5
	Min	4	7	3	1	1	0.1
	Max	796	2 058	938	110	179	19
	CV	92 %	87 %	88 %	91 %	89 %	82 %

Afin de comparer les charges produites pendant la semaine et le week-end, des tests statistiques sont réalisés pour chacun des 6 paramètres. Dans un premier temps, le test de Shapiro-Wilk est utilisé pour déterminer si les échantillons suivent une loi normale et les résultats de ce test sont présentés dans le

Tableau 21. Ces tests concluent à l'absence de distribution normale pour les distributions de tous les paramètres.

Tableau 21 : P-value du test de Shapiro-Wilk recherchant la normalité des distributions des charges journalières en semaine et en week-end

Paramètre	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt
Semaine	$< 2,20 \times 10^{-16}$	$7,43 \times 10^{-12}$	$4,76 \times 10^{-10}$	$1,40 \times 10^{-7}$	$5,25 \times 10^{-11}$	$7,30 \times 10^{-11}$
Week-end	$5,69 \times 10^{-9}$	$1,81 \times 10^{-8}$	$3,03 \times 10^{-8}$	$3,51 \times 10^{-8}$	$6,91 \times 10^{-8}$	$3,40 \times 10^{-7}$
Conclusion du test : Rejet hypothèse nulle : absence de loi normale						

En absence de distribution normale, le test de Wilcoxon-Mann-Whitney est utilisé pour comparer les distributions des charges produites durant la semaine et le week-end (Tableau 22).

Tableau 22 : Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney comparant les distributions des charges en semaine vs week-end

Paramètre	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt
P-value Wilcoxon-Mann-Whitney	0.15	0.069	0.063	0.26	0.13	0.23
Conclusion du test : Pas de différence significative entre les charges évaluées la semaine et le week-end						

Les résultats des tests statistiques calculent tous une « p-value » supérieure à 0,05. Il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse nulle : les deux échantillons (semaine et week-end) ne sont donc pas significativement différents, et ce, quel que soit le paramètre étudié.

5.1.5 Charges de pollution à traiter par ménage dans 80 % des cas

Les valeurs moyennes de la charge en MES (ou respectivement en DBO₅) à traiter par un ménage s'établissent à 150 g.j⁻¹ (ou 155 gO₂.j⁻¹) ; les médianes (113 ou respectivement 140 gO₂.j⁻¹) sont plus faibles. Ces valeurs ne reflètent que très partiellement la très grande amplitude de variation identifiée (Tableau 19) par le jeu de données disponibles. Compte tenu de l'importante variation des charges issues des différents ménages étudiés, il est proposé de ne pas s'intéresser aux événements exceptionnels, qu'ils soient très grands, ou très petits. C'est pour cela que les bornes des percentiles 10 et 90 ont été choisies pour définir les bases des flux organiques journaliers à traiter par l'installation. L'intervalle entre ces deux bornes correspond à 80% des événements rencontrés.

La Figure 46 et la Figure 47 présentent la répartition des données issues des 302 prélèvements 24h pour 2 paramètres, à titre d'exemple : MES et DBO₅.

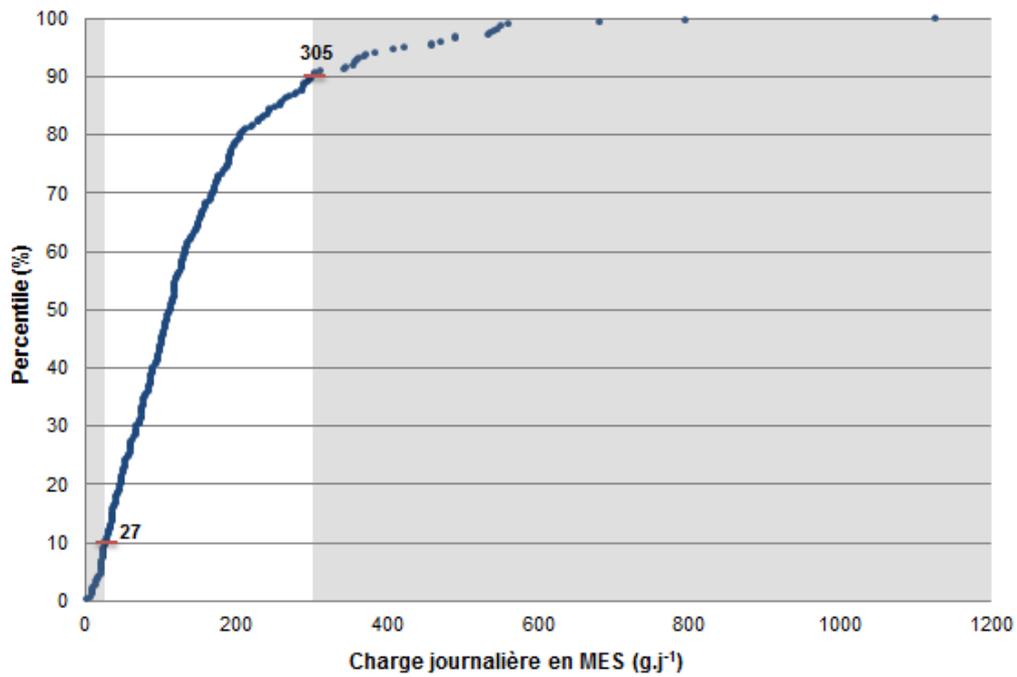


Figure 46 : Répartition, pour un ménage, des charges journalières en MES ($g.j^{-1}$) du jeu de données complet

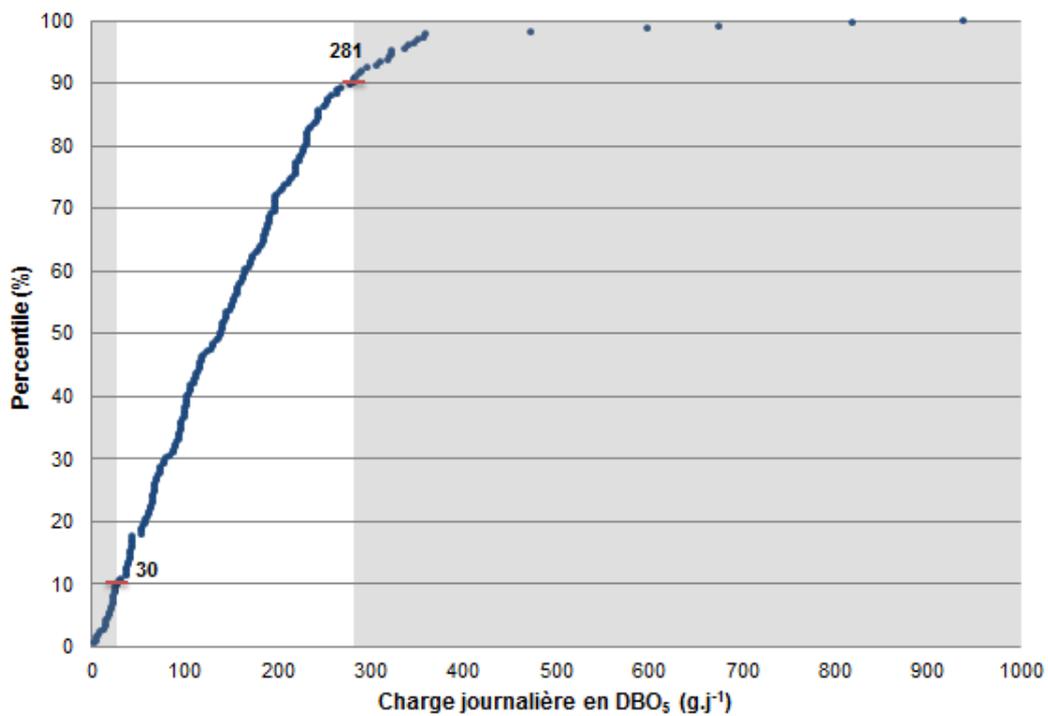


Figure 47 : Répartition, pour un ménage, des charges journalières en DBO₅ ($g.j^{-1}$) du jeu de données complet

Les seuils des 10 % et 90 % pour la totalité des données sont présentés dans le Tableau 23.

Tableau 23 : Bornes d'amplitudes de variation des charges journalières d'un ménage par paramètre (percentiles 10 et 90)

Charge (g.j ⁻¹) pour un ménage	Percentile		Valeur usitée ² pour 5 EH	Ratio P _{90%} /P _{10%}
	10 %	90 %		
MES	27	305	250	11,3
DCO	76	676	750	8,9
DBO ₅	30	281	300	9,4
N-NH ₄ ⁺	4,6	48	50	10,4
NK	8,6	73	75	8,3
Pt	1,1	9	10	8,4

Quel que soit le paramètre, l'amplitude de variation entre les 2 percentiles 10% et 90% est très importante ; elle est relativement stable et s'établit entre un facteur 8 (pour NK et Pt) à un facteur 11 (pour les MES). Une telle amplitude des pollutions à traiter pour des ménages de taille inférieure ou égale à 5 EH n'avait jamais été quantifiée.

Ces résultats soulignent la nécessité de changement dans l'élaboration des bases de dimensionnements adaptées au contexte de l'assainissement non collectif. L'usage habituel de l'unité EH (avec les valeurs associées pour les paramètres autres que la DBO₅) constitue une limite supérieure relativement proche du percentile 90%. Cet usage n'intègre pas les fortes amplitudes de charges à traiter, également intra-sites, désormais quantifiées et qui constituent une difficulté majeure d'un point de vue technique. Ces amplitudes sont à intégrer dans le dimensionnement des dispositifs de traitement des eaux usées de l'assainissement non collectif.

5.2 Charges polluantes rejetées par habitant

Pour ce chapitre, une division simple par le nombre d'habitants domiciliés au sein du foyer a été réalisée pour chaque calcul de charge correspondant à un prélèvement. C'est ainsi qu'est quantifiée la pollution générée par un habitant en ANC.

La distinction adulte/enfant a été recherchée : d'un point statistique, il a été possible de statuer sur une absence de différences entre les 2 jeux de données. Ainsi, cette différence n'est pas prise en compte dans notre analyse, enfants ou adultes sont des occupants équivalents à part entière.

- **Pollutions carbonée et particulaire**

La valeur moyenne identifiée de 46g DBO₅.j⁻¹ est de 25% inférieure à la définition de l'équivalent habitant fixée à 60 g par la Directive Du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (91/271/CEE ; article 2)

Selon les Figure 48, Figure 49 et Figure 50 et le Tableau 24, l'hétérogénéité des charges par habitant est notable pour chaque ménage (coefficients de variation compris entre 32 % et 127 %) et également entre les différents ménages. Toutefois, la valeur médiane du « Total » semble représentative de la plupart des ménages, hormis le ménage F7 qui présente des charges organiques et particulières par habitant environ dix fois plus élevées.

Si l'on s'attarde sur la charge médiane en DBO₅ par habitant et par jour, la plupart des valeurs déterminées à partir de chaque ménage est bien inférieure (9 valeurs médianes inférieures à 41 g DBO₅.j⁻¹.hab⁻¹) à la valeur de référence de 60 g DBO₅.j⁻¹.hab⁻¹.

² D'après Mercoiret (2010) pour les paramètres MES, DCO, N-NH₄⁺, NK et Pt, l'EH étant défini réglementairement uniquement par la DBO₅

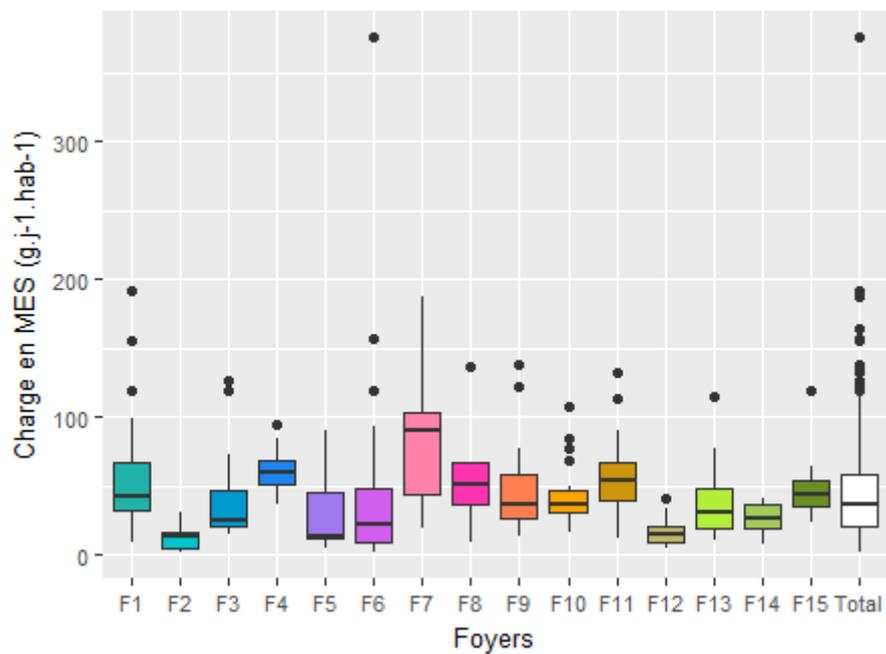


Figure 48 : Comparaison des charges journalières par habitant en MES ($g.j^{-1}.hab^{-1}$)

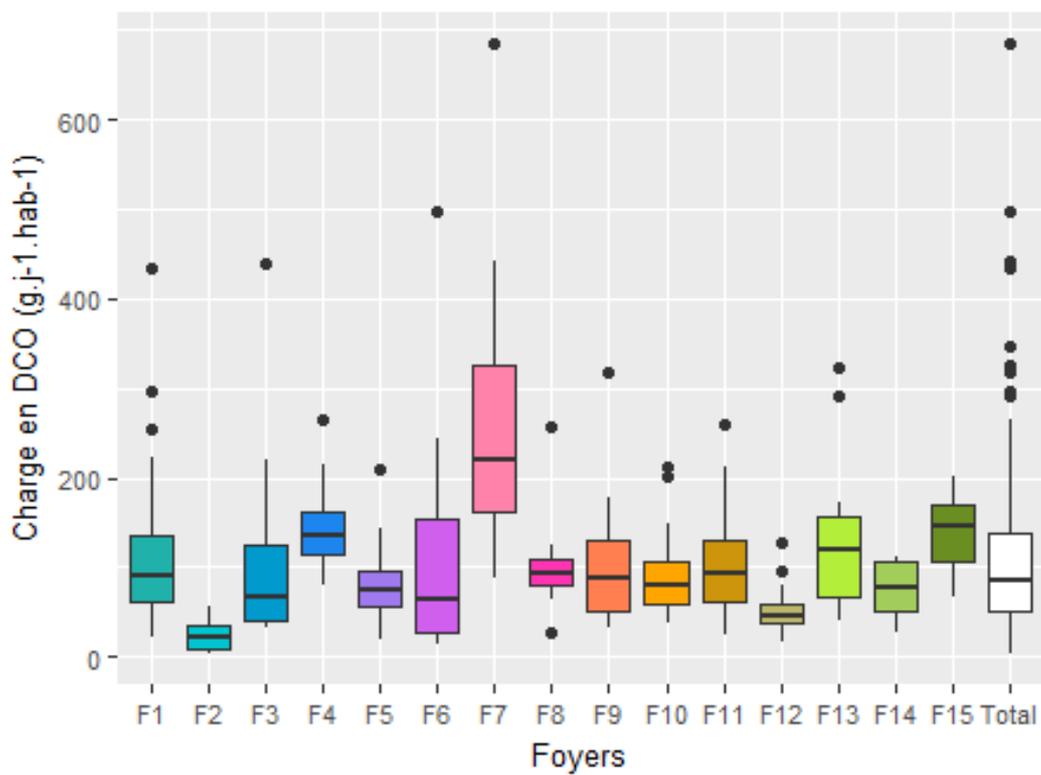


Figure 49 : Comparaison des charges journalières par habitant en DCO ($g.j^{-1}.hab^{-1}$)

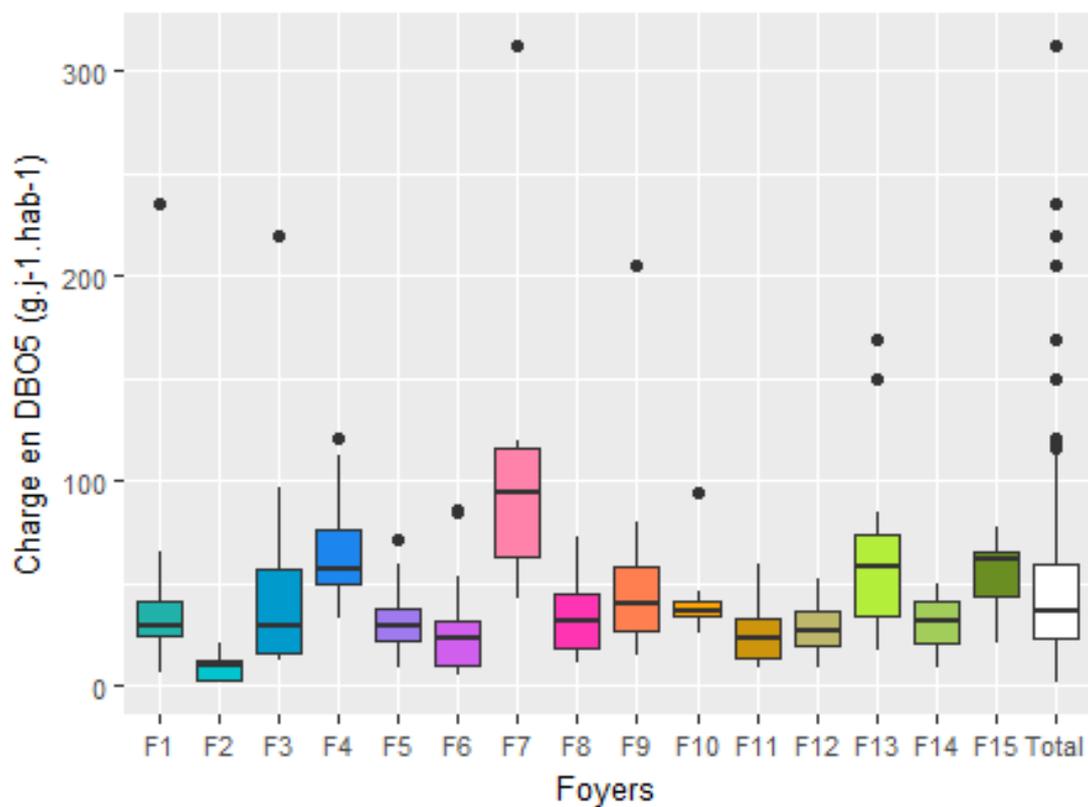


Figure 50 : Comparaison des charges journalières par habitant en DBO₅ (g.j⁻¹.hab⁻¹)

- **Pollution azotée**

Comme précédemment, les charges azotées par habitant présentent une dispersion non négligeable intra et inter-sites (Figure 51 et Figure 52 et Tableau 24).

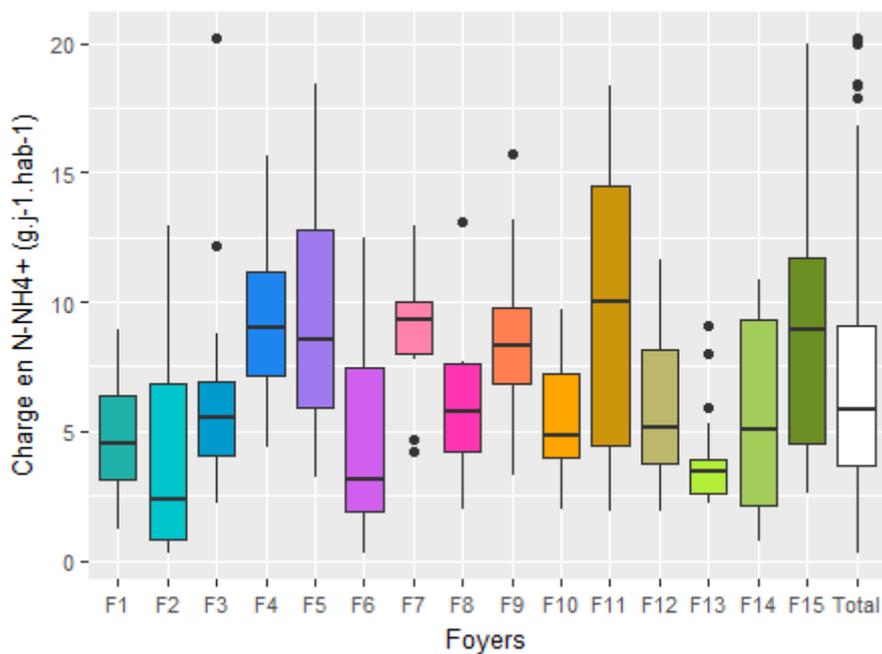


Figure 51 : Comparaison des charges journalières par habitant en N-NH₄⁺ (g.j⁻¹.hab⁻¹)

L'habitant du ménage F15 se démarque avec une valeur médiane en NK bien supérieure aux médianes des habitant des autres ménages.

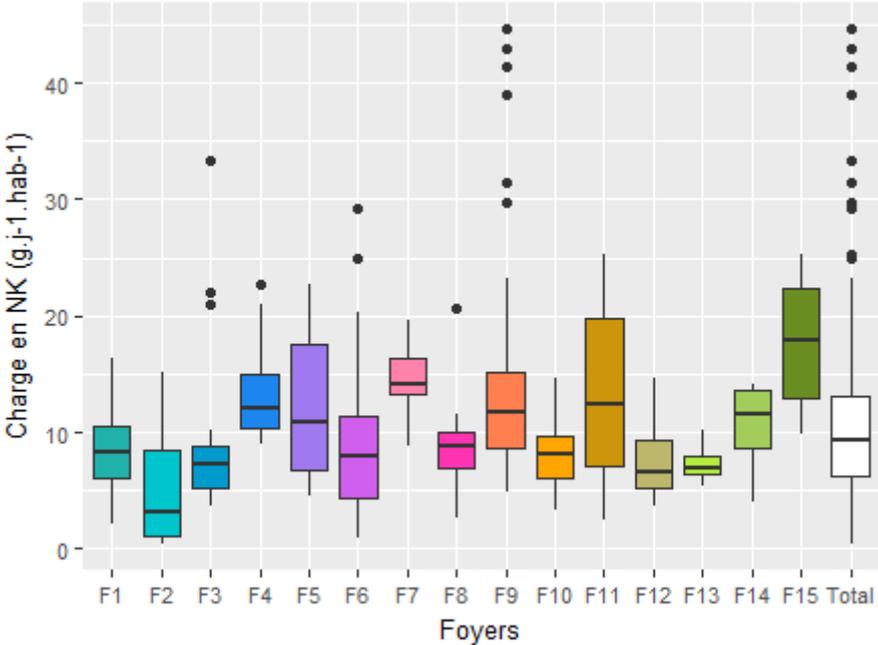


Figure 52 : Comparaison des charges journalières par habitant en NK (g.j¹.hab⁻¹)

Tableau 24: Charges organiques par habitant pour chaque ménage et pour l'ensemble des données

Charge (g.j ⁻¹ .hab ⁻¹)		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	Total
MES	Médiane	43	13	25	59	13	22	90	52	37	37	54	15	31	26	44	36
	Moyenne	57	12	41	62	33	53	85	60	46	42	57	16	42	27	49	46
	Min	10	1,4	15	36	5,1	3	19	10	14	17	12	5	10	8	23	1,4
	Max	192	30	127	95	91	376	187	137	138	107	133	40	115	42	119	376
	CV	71 %	72 %	83 %	25 %	96 %	163 %	60 %	79 %	59 %	50 %	58 %	54 %	77 %	48 %	50 %	87 %
DCO	Médiane	91	22	66	137	74	65	221	94	87	80	93	45	119	78	146	84
	Moyenne	115	25	101	143	85	101	274	106	96	90	103	51	128	76	140	106
	Min	21	2,3	32	79	20	13	87	26	32	38	24	18	42	26	66	2,3
	Max	434	57	440	264	209	498	686	257	317	211	259	128	324	110	201	686
	CV	73 %	76 %	100 %	34 %	61 %	107 %	57 %	64 %	59 %	50 %	62 %	47 %	58 %	47 %	29 %	80 %
DBO ₅	Médiane	29	10	30	57	29	23	94	31	41	37	23	27	58	31	62	36
	Moyenne	50	10	45	65	32	29	104	35	48	44	29	28	63	30	56	46
	Min	7	1,1	13	33	9,3	5	43	11	15	26	9	9	17	9	21	1,1
	Max	236	21	220	121	72	86	313	73	205	95	60	52	169	49	78	313
	CV	127 %	75 %	113 %	39 %	57 %	86 %	65 %	65 %	67 %	49 %	63 %	38 %	65 %	50 %	32 %	85 %
N-NH ₄ ⁺	Médiane	5	2	6	9	9	3	9	6	8	5	10	5	3	5	9	6
	Moyenne	5	4	6	9	9	5	9	6	8	5	9	6	4	6	9	7
	Min	1	0,3	2	4	3,2	0,2	4	2	3	2	2	2	2	1	3	0,2
	Max	9	13	20	16	18	12	13	13	16	10	18	12	9	11	20	20
	CV	46 %	103 %	66 %	33 %	48 %	75 %	27 %	59 %	34 %	40 %	60 %	45 %	48 %	74 %	56 %	58 %
NK	Médiane	8	3	7	12	11	8	14	9	12	8	13	7	7	12	18	9
	Moyenne	8	5	10	13	12	9	14	9	16	8	13	8	7	11	18	11
	Min	2	0,4	4	9	4,6	1,0	9	3	5	3	2	4	5	4	10	0,4
	Max	16	15	33	23	23	29	20	21	45	15	25	15	10	14	25	45
	CV	42 %	98 %	80 %	30 %	49 %	76 %	22 %	58 %	73 %	37 %	58 %	39 %	18 %	37 %	32 %	64 %
Pt	Médiane	1.2	0.3	0.7	1.2	0.8	1.1	3	1.4	1.1	0.7	1.4	0.7	0.9	1.1	2.5	1.1
	Moyenne	1.3	0.5	1.1	1.4	1.4	1.7	3	1.3	1.3	0.9	1.5	0.8	1.0	1.1	2.5	1.3
	Min	0.3	0.1	0.3	0.9	0.2	0.2	1.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.5	0.5	1.2	0.1
	Max	2	1	3	3	3	6	4	2.7	4.7	2.4	3.1	1.9	2.0	1.5	4.0	5.5
	CV	44 %	85 %	76 %	35 %	81 %	93 %	30 %	53 %	62 %	62 %	58 %	43 %	46 %	39 %	33 %	71 %

- **Pollution phosphorée**

La charge phosphorée par habitant est également dispersée intra et inter-sites (Figure 53 et Tableau 24). Les habitants des ménages F7 et F15 présentent des valeurs médianes 2 à 3 fois supérieures aux habitants des autres ménages. La charge phosphorée par habitant de la plupart des ménages (1,1 g en moyenne) est relativement proche de la limite physiologique liée aux excréments humains (Eme et Boutin, 2015). L'interdiction des phosphates dans les lessives dans les années 2 000 (Stricker et Hédouit, 2010) a probablement sensibilisé les usagers sur les produits lessiviels en général. Ainsi, on constate une moindre utilisation des phosphates par habitant

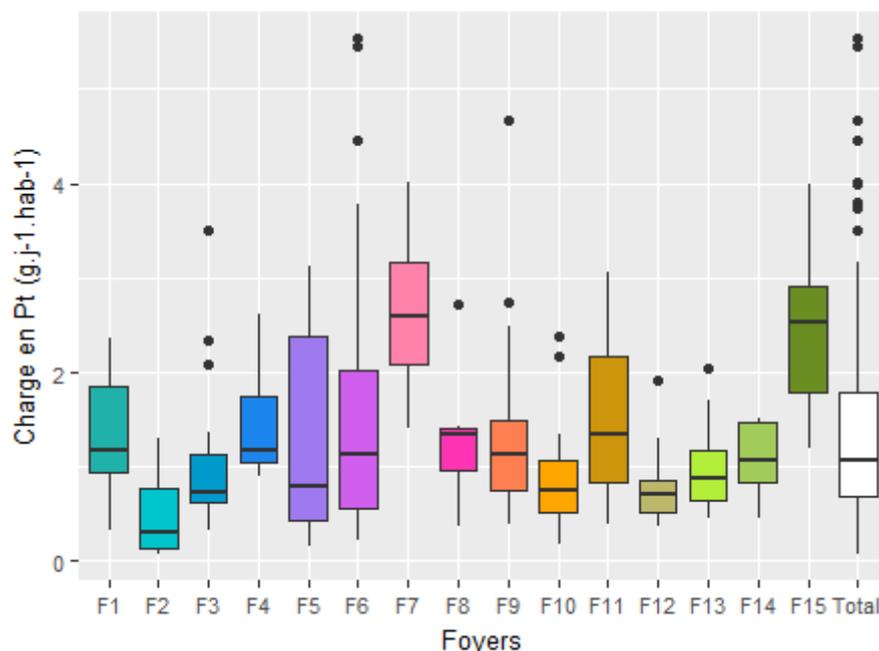


Figure 53 : Comparaison des charges journalières par habitant en Pt ($g.j^{-1}.hab^{-1}$)

- Analyse globale

Les valeurs de charges moyennes ont été confrontés aux quelques publications disponibles et l'ensemble des résultats est présenté dans le Tableau 25 ci-dessous :

Tableau 25. Comparaison avec la bibliographie des charges moyennes par habitant

Références	Volume $L.j^{-1} hab^{-1}$	MES	DCO	DBO ₅ $g.j^{-1} hab^{-1}$	NTK	PT
Zanoni et Rutkowski, 1972	219.5	36	91	45	6.6	11
Henze et Comeau, 2008	50-400	/	25-200	15-80	2-15	1-3
Mesdaghinia <i>et al.</i> , 2015	186	37	49	33	6.8	1.96
cette étude	101.5	46	106	46	11	1.3

La pollution moyenne correspond à peu près aux valeurs de la bibliographie pour les paramètres MES, DCO, et DBO₅.

La pollution par l'azote est très différente d'une étude à l'autre: il est possible d'attribuer ces écarts à l'hydrolyse de l'urée urinaire qui, même si elle est rapide, n'a pas eu le temps de se produire lorsque les prélèvements sont réalisés dans un faible délai par rapport à l'émission.

En revanche, la pollution au phosphore a largement diminué dans le temps du fait des changements dans la composition des produits lessiviels.

Pour visualiser plus finement les variations de cette pollution domestique, il est proposé d'identifier, comme pour les ménages, les bornes qualifiant 80% des effectifs en identifiant les percentiles 10% et 90% (Tableau 26) des charges par habitant.

Tableau 26 : Médiane, moyenne et bornes d'amplitudes de variation des charges journalières par paramètre (percentiles 10 et 90) d'un habitant

Charge (g.j ⁻¹ .hab ⁻¹)	Percentile 10 %	Médiane Percentile 50%	Moyenne	Percentile 90 %	Ratio P _{90%} /P _{10%}
MES	11.2	36	46	92	8.3
DCO	32.2	84	106	202	6.3
DBO ₅	12.9	36	46	80	6.2
N-NH ₄ ⁺	2.2	6	7	12	5.4
NK	4.4	9	11	20	4.5
Pt	0.4	1.1	1.3	2.6	6.4

Au regard du Tableau 26, il apparaît que la valeur moyenne de la DBO₅ (46 g.j⁻¹.hab⁻¹) est largement inférieure à la valeur réglementaire de l'EH (soit 60 g.j⁻¹.hab⁻¹) et correspond à 67 % de cette référence. Le percentile 90% s'établit à 80 g.j⁻¹.hab⁻¹, valeur supérieure de 33% à la définition réglementaire. Pour tous les paramètres suivis, le constat de fortes amplitudes de variations entre les percentiles 10 et 90 est unanime, comme en témoignent les ratios calculés entre ces 2 percentiles ; ils sont compris entre 4,5 (NK) et 8,3 (MES).

La comparaison des Tableau 23 (à l'échelle des ménages) et Tableau 26 (à l'échelle des habitants) montre l'absence d'un unique facteur de correspondance (entre la charge par ménage et la charge par habitant) qui varie entre 2 à 4 selon les paramètres. Pour la borne basse (percentile 10%), le facteur est le plus bas (entre 1,9 et 2,75) alors que sur la borne haute (percentile 90%), il est toujours supérieur à 3,3. Cette analyse, même sommaire, montre la pertinence d'avoir désormais des données plus précises sur les charges à traiter pour un ménage.

6. Conclusion

L'analyse conduite ici porte sur la caractérisation fine de la pollution domestique générée par 17 ménages à partir de mesures de volumes quantifiés à différentes échelles de temps (5 min à 1 heure). 302 prélèvements 24h associés à la connaissance des volumes journaliers fournissent les concentrations et, par calcul, les charges journalières à traiter des paramètres analysés c'est-à-dire MES, DCO, DBO₅, NK, NH₄⁺ et Pt.

Des tendances se dégagent en ce qui concerne les caractéristiques des eaux usées générées au sein d'un ménage. Ces caractéristiques des eaux usées portent sur leur qualité ainsi que sur les charges hydrauliques ou organiques journalières. Ces charges se déclinent soit à l'échelle du ménage, soit à l'échelle de l'habitant domicilié dans ce ménage. Les 15 ménages qui ont permis d'élaborer les charges tant hydrauliques qu'organiques hébergent en moyenne 3.5 à 3.7 habitants (selon les modes de calcul retenus). Les habitudes de vie des ménages n'ont pas été répertoriées et l'étude n'apporte pas aucun élément d'explication d'ordre social.

Pour tous les paramètres analysés, et tant en concentrations qu'en volumes journaliers ou charges journalières, les comparaisons des distributions sous un angle statistique n'ont pas permis d'identifier de différences entre :

- les jours de la semaine et les jours de week-ends,
- les adultes et les enfants,
- les différentes saisons.

C'est pourquoi les résultats qui suivent sont présentés sans distinction ni des jours, ni des saisons et sans distinction ni des adultes ni des enfants.

➔ D'un point de vue qualitatif

Les concentrations en ANC sont largement supérieures à celles rencontrées dans l'assainissement collectif, et ce, pour la totalité des paramètres suivis. En fonction du paramètre mesuré, la concentration moyenne est 1,7 à 2,4 fois supérieure en ANC. Les gammes de variation de chaque paramètre sont relativement étendues que ce soit intra ou inter-sites (rapport entre les concentrations maximale et minimale supérieur à 10 et s'étalant de 11,4 et 19,5 en moyenne). Ces variations sont notamment liées au rythme de vie des habitants, avec des périodes de présence et d'absence pendant 24h. Les écarts de concentrations entre les jours ouvrés et les week-ends sont faibles avec une légère majoration le week-end.

Le Tableau 27 résume les valeurs médiane et moyenne des concentrations de chaque paramètre analysée en fournissant les bornes basses et hautes des amplitudes de variation définies par les percentiles 10% et 90%.

Tableau 27 : Concentrations des eaux usées à traiter en Assainissement Non collectif.

Concentration (mg.L ⁻¹)	MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt
médiane	417	962	412	69	110	13
moyenne	544	1212	514	81	128	15
percentile 10%	161	469	200	29	56	6.5
percentile 90%	1 100	2 199	931	153	220	30

Les ratios entre polluants sont comparables à ceux connus en assainissement collectif et montrent bien le caractère « domestique » des eaux usées et la possibilité de les traiter par voie biologique. Les différentes valeurs sont fournies en Tableau 28.

Tableau 28 : Ratio moyens des différents paramètres

DCO / DBO ₅	DCO / MES	DCO / NK	DCO / Pt	DBO ₅ / NK	DBO ₅ / Pt	N-NH ₄ ⁺ / NK
2,3	2,6	9,8	85,4	4,0	37,4	0,6

➔ D'un point de vue quantitatif

Les postes de relèvement des 5 ménages ont pu être instrumentés pendant de longues périodes et fournissent les volumes à traiter sur différentes échelles de temps (5 minutes, 1 heure, 1 journée). En ce qui concerne les volumes horaires, l'hydrogramme théorique, connu en assainissement collectif et repris au niveau de la réglementation lors des tests pour délivrer l'agrément des filières d'ANC, n'est que partiellement suivi dans la réalité. Hormis les tranches horaires matinales, celles de l'après-midi et du soir semblent être totalement différentes dans la « vraie vie ». Les coefficients de pointe ont pu être calculés ; le coefficient de pointe moyen s'établit à 7,1 et cette valeur est très largement au-dessus de la valeur maximale de 3 utilisée dans les projets d'assainissement. De plus, chaque jour présente un profil singulier en termes de rejets. Les différences notables visibles graphiquement entre les jours ouvrés et les week-ends n'ont pas été confirmées par l'analyse statistique : il n'a pas été possible de déterminer des volumes pour les jours ouvrés et les volumes pour les week-ends.

Pour les volumes journaliers, de grandes variations intra-sites apparaissent avec un coefficient de variation voisin de 3. L'amplitude de variation inter-sites est très importante entre les volumes minima et maxima, avec un ratio de l'ordre de 10 à 30.

Force est de constater que la grande variabilité des volumes horaire, journalier voire hebdomadaire est omniprésente dans chaque ménage et entre les différents ménages suivis. La production moyenne journalière d'un ménage est évaluée à 311 litres d'eaux usées à traiter. On retient que les flux hydrauliques journaliers varient entre les 2 bornes suivantes : 123 L.j⁻¹ à 568 L.j⁻¹, correspondant aux percentiles 10% et 90%, soit une amplitude d'un facteur 4,8.

Tableau 29 : Charges hydrauliques journalières par ménage et par habitant

Volume journalier (L.j ⁻¹)	par ménage	par habitant
médiane	257	84
moyenne	311	100
percentile 10%	123	40
percentile 90%	568	188

Par ailleurs, le volume journalier d'eaux usées à traiter par habitant est très inférieur (de 33 %) aux bases de dimensionnement (150 L.j⁻¹.hab⁻¹) admises en traitement des eaux usées, que ce soit en ANC ou en Assainissement Collectif. Cette étude permet de définir un volume moyen à 100 L.j⁻¹.hab⁻¹ et fixe les amplitudes de variation.

➔ Charges organiques journalières

Les écarts, rencontrés tant sur les volumes que sur les concentrations, se retrouvent aussi sur les charges journalières, sans s'atténuer. La masse de pollution à traiter dépend, non seulement des quantités d'eaux utilisées conduisant à des degrés de dilution plus ou moins importants influençant les concentrations, mais surtout des habitudes spécifiques de chaque ménage.

Des valeurs médianes et moyennes pour chaque paramètre de pollution peuvent être déduites. Les résultats de cette étude permettent également de définir des fourchettes de charges organiques que les diverses installations devraient être en capacité de traiter :

Tableau 30 : Charges journalières de pollution d'un ménage en Assainissement Non collectif

Charges journalières (g.j ⁻¹) par ménage		MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt
par ménage	médiane	113	281	140	20	33	4
	moyenne	150	354	155	24	38	5
	percentile 10%	27	76	30	4,6	8.6	1.1
	percentile 90%	305	676	281	48	73	9

Le percentile 90% est inférieur pour tous les paramètres aux valeurs classiquement fixées, dont celle de la DBO₅ correspondant à 5 Equivalents Habitants. En revanche, l'amplitude de variations (entre les percentiles 10% et 90%), reflète des activités non seulement des habitants à leur domicile mais aussi du nombre d'habitants domiciliés, souligne la nécessité de disposer de technologies adaptées à des sollicitations aussi différentes en assainissement non collectif de taille 5 EH.

Tableau 31 : Charges journalières de pollution d'un habitant en Assainissement Non collectif

Charges journalières (g.j ⁻¹) par habitant		MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt
par habitant	médiane	36	84	36	6	9	1.1
	moyenne	46	106	46	7	11	1.3
	percentile 10%	11.2	32.2	12.9	2.2	4.4	0.4
	percentile 90%	92	202	80	12	20	2.6

Par ailleurs, cette étude démontre que les charges générées par un habitant sont 1,5 fois inférieure aux standards généralement constatés en assainissement collectif. En s'appuyant sur le paramètre DBO₅, la charge de pollution organique générée par un habitant correspond à 67 % la référence habituelle qu'est l'EH. Comme pour les charges par foyer, les percentiles 10 et 90 témoignent d'amplitudes de variations très importantes d'un habitant à un autre en lien avec ces habitudes de consommation alimentaires, son rythme de travail et de ses activités.

Remerciements

Les données proviennent de plusieurs sources. Ainsi, en plus des collègues d'Irstea, Pierre ARTUIT du Conseil Départemental de la Mayenne, Philippe BRANCHU du Cerema Direction territoriale Ile de France, Gaëlle LE QUELLENNEC du Conseil Département des Côtes d'Armor et Rémi SUAIRE du Cerema Direction territoriale Est ont réalisés de nombreuses campagnes de mesures. De plus, Roger LACASSE de la société Premier Tech Aqua a accepté de nous fournir les données concernant 4 ménages équipés de l'un de leur dispositif, recueillies dans le cadre de l'étude conduite par C Vignoles en 2015.

Les auteurs remercient chaleureusement l'ensemble de ces personnes et leurs structures professionnelles.

Bibliographie

Ayphassorho H., Besson A. et Lebental B. (2014). Mission d'évaluation de la procédure d'agrément des dispositifs de traitement en assainissement non collectif et sur les prescriptions techniques pour une capacité inférieure ou égale à 20 EH. Rapport n°009159-01 CGEDD- IGAS, 92p

Butler D., Friedler E. et Gatt K. (1995). Characterising the quantity and the quality of domestic wastewater inflows Wat. Sci Tech, 31(7), pp. 13-24

Cauchi A. et Vignoles C. (2012a). Comment réaliser un échantillonnage fiable des eaux usées brutes issues des maisons individuelles. L'Eau, l'Industrie et les Nuisances ; 354, p 91-95.

Cauchi A. et Vignoles C. (2012b). Caractéristiques des eaux usées brutes de la maison individuelle. L'Eau, l'Industrie et les Nuisances ; 354, p 84-90.

Dubois V. et Boutin C. (2014). Suivi in-situ de l'ANC, méthodologie de détermination de la quantité et de la qualité des eaux usées brutes et des eaux usées traitées. Rapport final Onema, 23 pages.

Eme C. et Boutin C. (2015). Composition des eaux usées domestiques par source d'émission à l'échelle de l'habitation. Rapport Onema « Thème : l'eau en espace urbanisé ». 69 pages + annexes.

Henze M., Van Loosdrecht M.C.M., Ekama G.A. et Brdjanovic D. (2008). Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design. ISBN: 9781843391883 ; IWA Publishing, London, UK.

Henze, M., & Comeau, Y. (2008). 3 Wastewater Characterization. In IWA Publishing (Ed.), Biological Wastewater Treatment: principles Modelling and Design (pp. 33–52).

Mesdaghinia, A., Nasser, S., Mahvi, A. H., Tashauoei, H. R., & Hadi, M. (2015). The estimation of per capita loadings of domestic wastewater in Tehran. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0174-2>

MEDDE (2009). PANANC 2009-2013.

MEDDE (2014). PANANC 2014-2019.

Mercoiret L. (2010). Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités. Rapport final Onema, 55 pages.

Nasr F.A. et Mikhaeil B. (2013). Treatment of domestic wastewater using conventional and baffled septic tank. Environmental Technology (United Kingdom) 34 (16), 2337-2343.

Paulo P.L., Begosso L., Pansonato N., Shrestha R.R. et Boncz M.A. (2009). Design and configuration criteria for wetland systems treating greywater Wat. Sci. Tech. Vol 60, No 8, pp 2001-2007.

Pujol R. et Liénard A. (1990). Qualitative and quantitative characterization of waste water for small communities. Wat. Sci. Tech, 22(3-4), 253-260.

Stricker A.E. et Héduit. A. (2010). Phosphore des eaux usée. Etat des lieux et perspectives. Rapport final Rapport Onema Partenariat 2009 – Domaine : Ecotechnologies et Pollutions 54 pages

Vignoles C. (2015) Etude des performances in situ de petites installations d'assainissement dans le département du tarn. Rapport confidentiel, 226p+ annexes

Zanoni, A. E. and Rutkowski, R. J. (1972). Per Capita Loadings of Domestic Wastewater. Journal of the Water Pollution Control Federation, 44(9), 1756–1762.

Table des illustrations

Figure 1 : Mise en place des cuves de stockage pour le prélèvement d'eaux usées brutes	7
Figure 2 : Répartition des prélèvements réalisés en semaine et week-end	8
Figure 3 : Répartition des prélèvements selon les 4 saisons	9
Figure 4 : Représentation d'une boîte à moustache (boxplot)	10
Figure 5 : Hydrogramme (F1)	11
Figure 6 : Hydrogramme (F10)	11
Figure 7 : Hydrogramme (F11)	12
Figure 8 : Hydrogramme (F16)	12
Figure 9 : Hydrogramme (F17)	12
Figure 10 : Hydrogramme (tous ménages confondus)	12
Figure 11 : Suivi du volume journalier du ménage F1 pendant 27 mois (nov 2013-janv 2016).....	13
Figure 12: Suivi du volume journalier du ménage F10 pendant 23 mois (nov 2013-sept 2015)	13
Figure 13: Suivi du volume journalier du ménage F11 pendant 20 mois (fév. 2015-oct 2016)	13
Figure 14: Suivi du volume journalier du ménage F16 pendant 12 mois (aout 2015- aout 2016)	14
Figure 15: Suivi du volume journalier du ménage F17 pendant 12 mois (aout 2015- aout 2016)	14
Figure 16 : Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F1	15
Figure 17 : Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F10.....	16
Figure 18 : Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F11	16
Figure 19 : Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F16.....	17
Figure 20 : <i>Volume horaire selon le jour de la semaine au sein du ménage F17</i>	17
Figure 21 : Volumes journaliers rejetés par chaque ménage.....	18
Figure 22 : Comparaison des volumes journaliers d'eaux usées (L.j ⁻¹) rejetés par ménage pendant la semaine et le week-end.....	19
Figure 23 : Comparaison des volumes journaliers au sein du ménage F1	20
Figure 24 : <i>Comparaison des volumes journaliers au sein du ménage F10</i>	20
Figure 25 : Répartition des volumes journaliers rejetés par ménage (L.j ⁻¹) pour le jeu de données complet	21
Figure 26 : Volumes journaliers rejetés par habitant selon chaque ménage	22
Figure 27 : Comparaison des volumes journaliers rejetés par habitant (L.j ⁻¹ .hab ⁻¹) pendant la semaine et le week-end	23
Figure 28 : Répartition des volumes journaliers rejetés par habitant (L.j ⁻¹ .hab ⁻¹) pour le jeu de données complet	24
Figure 29 : Concentration en MES (mg.L ⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif	25
Figure 30 : Répartition des concentrations en MES (mg.L ⁻¹) du jeu de données complet.....	26
Figure 31 : Concentration en DCO (mg.L ⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif	26
Figure 32 : Concentration en DBO ₅ (mg.L ⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif	28
Figure 33: Répartition des concentrations en DBO ₅ (mg.L ⁻¹) du jeu de données complet	29
Figure 34 : Concentration en N-NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif	30
Figure 35 : Concentration en NK (mg.L ⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif	31
Figure 36 : Concentration en Pt (mg.L ⁻¹) des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif	33
Figure 37 : Ratio DCO/DBO ₅ des 15 ménages suivis, du jeu de données complet et des données de l'assainissement collectif	34
Figure 38 : Comparaison des charges journalières en MES (g.j ⁻¹) par ménage	38
Figure 39 : Comparaison des charges journalières en DCO (g.j ⁻¹) par ménage.....	39
Figure 40 : Comparaison des charges journalières en DBO ₅ (g.j ⁻¹) par ménage	39
Figure 41 : Comparaison des charges journalières en N-NH ₄ ⁺ (g.j ⁻¹) par ménage	42
Figure 42 : Comparaison des charges journalières en NK (g.j ⁻¹) par ménage.....	42
Figure 43 : Comparaison des charges journalières en Pt (g.j ⁻¹) par ménage	43
Figure 44 : Charges journalières en MES (g.j ⁻¹) d'un ménage pendant la semaine et le week-end....	43
Figure 45 : Charges journalières en DCO (g.j ⁻¹) d'un ménage pendant la semaine et le week-end	44

Figure 46 : Répartition, pour un ménage, des charges journalières en MES (g.j ⁻¹) du jeu de données complet	46
Figure 47 : Répartition, pour un ménage, des charges journalières en DBO ₅ (g.j ⁻¹) du jeu de données complet	46
Figure 48 : Comparaison des charges journalières par habitant en MES (g.j ⁻¹ .hab ⁻¹)	48
Figure 49 : Comparaison des charges journalières par habitant en DCO (g.j ⁻¹ .hab ⁻¹)	48
Figure 50 : Comparaison des charges journalières par habitant en DBO ₅ (g.j ⁻¹ .hab ⁻¹)	49
Figure 51 : Comparaison des charges journalières par habitant en N-NH ₄ ⁺ (g.j ⁻¹ .hab ⁻¹)	49
Figure 52 : Comparaison des charges journalières par habitant en NK (g.j ⁻¹ .hab ⁻¹)	50
Figure 53 : Comparaison des charges journalières par habitant en Pt (g.j ⁻¹ .hab ⁻¹)	52
Figure 54 : Comparaison entre les concentrations en MES (mg.L ⁻¹) des eaux usées d'un ménage pendant la semaine et le week-end	65
Figure 55 : Comparaison entre les concentrations en DCO (mg.L ⁻¹) des eaux usées d'un ménage pendant la semaine et le week-end	65
Tableau 1 : Caractéristiques des ménages sélectionnés	6
Tableau 2 : Suivi en continu des volumes rejetés (période, durée et nombre de données)	7
Tableau 3 : Coefficient de pointe des 5 foyers suivis en continu	14
Tableau 4 : Volumes journaliers d'eaux usées des 5 ménages suivis en continu	15
Tableau 5 : Volumes journaliers (en L.j ⁻¹) des 15 ménages suivis et du jeu de données complet	18
Tableau 6 : Comparaison des volumes rejetés par ménage (semaine vs week-end)	19
Tableau 7 : Résultat test de Shapiro-Wilk (semaine vs week-end)	19
Tableau 8 : Comparaison des volumes journaliers mesurés selon les 2 types de mesures (suivi en continu ou prélèvements 24h)	20
Tableau 9 : Volumes journaliers rejetés par habitant (L.j ⁻¹ .hab ⁻¹) par les 15 ménages suivis	22
Tableau 10 : Volume journalier rejeté par habitant issu de la bibliographie récente	23
Tableau 11 : Comparaison des volumes journaliers (semaine vs week-end)	23
Tableau 12 : Résultat du test de Shapiro-Wilk (semaine vs WE par habitant)	24
Tableau 13 : Concentration des paramètres caractérisant la pollution carbonée pour les 15 ménages suivis, le jeu de données complet et les données de l'assainissement collectif	27
Tableau 14 : Concentrations des paramètres caractérisant la pollution azotée pour les 15 ménages suivis, le jeu de données complet et les données de l'assainissement collectif	32
Tableau 15 : Concentrations du paramètre caractérisant la pollution phosphorée pour les 15 ménages suivis, le jeu de données complet et les données de l'assainissement collectif	32
Tableau 16 : Ratios moyens et médians des différents paramètres caractéristiques en ANC comparés aux ratios de l'assainissement collectif	34
Tableau 17 : Valeurs moyennes et médianes par polluant (bibliographie vs présente étude)	35
Tableau 18 : Bornes d'amplitudes de variations des concentrations par paramètre (percentiles 10 et 90)	35
Tableau 19 : Charges organiques de chaque ménage et de l'ensemble des données	41
Tableau 20 : Comparaison des charges par polluant pendant la semaine et le week-end (g.j ⁻¹)	44
Tableau 21 : P-value du test de Shapiro-Wilk recherchant la normalité des distributions des charges journalières en semaine et en week-end	44
Tableau 22 : Résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney comparant les distributions des charges en semaine vs week-end	45
Tableau 23 : Bornes d'amplitudes de variation des charges journalières d'un ménage par paramètre (percentiles 10 et 90)	47
Tableau 24 : Charges organiques par habitant pour chaque ménage et pour l'ensemble des données	51
Tableau 25 : Comparaison avec la bibliographie des charges moyennes par habitant	52
Tableau 26 : Médiane, moyenne et bornes d'amplitudes de variation des charges journalières par paramètre (percentiles 10 et 90) d'un habitant	53
Tableau 27 : Concentrations des eaux usées à traiter en Assainissement Non collectif.	54
Tableau 28 : Ratio moyens des différents paramètres	55
Tableau 29 : Charges hydrauliques journalières par ménage et par habitant	55
Tableau 30 : Charges journalières de pollution d'un ménage en Assainissement Non collectif	56
Tableau 31 : Charges journalières de pollution d'un habitant en Assainissement Non collectif	56
Tableau 32 : Comparaison semaine vs week-end des concentrations par polluant (mg.L ⁻¹)	66
Tableau 33 : Résultat test de Shapiro-Wilk (normalité)	66
Tableau 34 : Résultat test de Wilcoxon-Mann-Whitney (semaine vs week-end)	66

Annexe 1: Script sur R

```
# Claire Lauvernet et Vivien Dubois traitement données ANC sur différents sites
# last version : 16/11/2014
rm(list=ls())
library("lubridate")
library("zoo")
library("ggplot2")
#####
IMPORTANT : préparation des fichiers avant de lancer le script:
#####
#1.les décimales doivent être des points : transformer les virgules en points
# 2.enregistrer le fichier en .csv
# 3.ne pas recouper les jours entre débuts et fins de fichiers
# 4.verifier que la 1e ligne n'a pas une valeur nulle dans colonne ANALOG.CH
# 5.verifier que les lignes de fin de fichier ne sont pas vides
# 6.ATTENTION au changement d'heure été > hiver! dans la transformation en Posixct il faut bien mettre l'option
GMT
#####
#####
# parametres a adapter
#####
nb_fichiers=10
surface_poste <- 0.44 # (m2)
# source fichier : dossier dans lequel on fait tourner R et qui contient tous les dossiers avec noms des foyers
(nom_ANC) : pratique pour les titres de graphes
# remplir le chemin ou R sera execute
source_fich='C:/Users/chavarria/Documents/Rocio/Aquatiris/suivi quantif/'
nom_ANC= 'Particulier1' # le sous-dossier avec les donnees par ANC
nom_fichier_sortie='tous_volumes_cum_'
#####
FIN parametres a adapter
#####
nom_fichier_sortie <- paste(nom_fichier_sortie,nom_ANC,sep='')
setwd(source_fich)
#####
# DEBUT boucle sur fichiers (+/- 40jours par fichier)
#####
source_fichier=paste(source_fich,nom_ANC, '/', sep='')
Volumes_journaliers_all = c()
Volumes_journaliers_all_df=data.frame()
Volumes_horaires_all_df=data.frame()

pdf(file = 'graphs_etapes-p1.pdf',onfile=TRUE)

for(num_fichier in 1:nb_fichiers){
  nom_fichier <- paste("QUANTIF_EB",num_fichier,sep="")
  QUANTIF <- read.csv(paste(source_fichier,nom_fichier, ".csv", sep=""),
    dec = ".",
    sep=";",
    header=TRUE,
    skip=2)
  colnames(QUANTIF) <- c("Debut", "Date.Heure", "Statut", "ANALOG.CH.")

  # check statut différent OK
  summary(QUANTIF$Statut)

  # check valeurs négatives
  QUANTIF$ANALOG.CH.[QUANTIF$ANALOG.CH.<0]<- 0
  # check valeurs nulles ou négatives + print valeurs nulles
  nb_zeros=which(QUANTIF$ANALOG.CH.==0)
  # remplace les valeurs nulles par les valeurs non nulles précédentes
  # fait une boucle pour remplacer toutes les valeurs par la 1ère des non nulles précédentes.
  QUANTIF_corrige <- QUANTIF
  if(length(nb_zeros)!=0){
    print(paste('!! il y a ', length(nb_zeros), ' zeros dans le fichier'))
  }
}
```

```

QUANTIF_corrige <- QUANTIF
for(i in 1:length(nb_zeros)){
  QUANTIF_corrige[nb_zeros,4] <- QUANTIF_corrige$ANALOG.CH.[nb_zeros-1]
}
}
# écart delta (en mètre) avec ligne d'avant a une minute donnée, avec correction si écart négatif
delta_h <- QUANTIF_corrige$ANALOG.CH.[2:length(QUANTIF_corrige$ANALOG.CH.)] -
QUANTIF_corrige$ANALOG.CH.[1:length(QUANTIF_corrige$ANALOG.CH.)-1]
print(paste("!! il y a ", sum(delta_h<0), ' delta_h<0 dans le fichier'))

delta_h[delta_h<0.001] <- 0
QUANTIF_ok <- data.frame(Date.heure=QUANTIF_corrige$Debut[1:length(QUANTIF_corrige$Debut)-
1],delta_h)

# colonne Volume en litres par minute = delta_h*surface_poste*1000
QUANTIF_ok <- cbind(QUANTIF_ok,Volume = delta_h*surface_poste*1000)

# Calculer volume horaire par tranche horaire : Volume_horaire
QUANTIF_ok$Date.heure=as.POSIXct(QUANTIF_ok$Date.heure,
format = "%d/%m/%Y %H:%M",tz="GMT")

p <- ggplot(data=QUANTIF_ok,aes(x=Date.heure,y=Volume))
print( p +geom_line()+
  ggtitle(paste('Volume par minute',nom_fichier)) +
  xlab("Temps (min)") +
  ylab("Volume (L)")
)

Volumes_horaires <- tapply(QUANTIF_ok$Volume, as.POSIXct(trunc(QUANTIF_ok$Date.heure,"hour")), sum)

# transforme en dataframe pour utiliser facilement ggplot
Temps_hour <- unique(as.POSIXct(trunc(QUANTIF_ok$Date.heure,"hour")))
Volumes_horaires_df <- data.frame(Temps_hour=Temps_hour,
  Volumes_horaires=Volumes_horaires,
  Heure=hour(Temps_hour),
  Jour=day(Temps_hour),
  Mois=month(Temps_hour),
  An=year(Temps_hour))

p<- ggplot(data=Volumes_horaires_df,aes(x=Temps_hour,y=Volumes_horaires))
print( p + geom_line()+
  ggtitle(paste('Volumes horaires',nom_fichier)) +
  xlab("Temps (h)") +
  ylab("Volume (L)"))

# Calculer Volumes journaliers :
Volumes_journaliers <- tapply(QUANTIF_ok$Volume, as.POSIXct(trunc(QUANTIF_ok$Date.heure, 'day')), sum)
Temps_jour <- unique(as.POSIXct(trunc(QUANTIF_ok$Date.heure, 'day')))
Volumes_journaliers_df <- data.frame(Temps_jour=Temps_jour,Volumes_journaliers=Volumes_journaliers)

p<- ggplot(data=Volumes_journaliers_df,aes(x=Temps_jour,y=Volumes_journaliers))
print( p + geom_point(size = 4)+ ggtitle(paste('Volumes journaliers',nom_fichier)) +
  xlab("Temps (J)") +
  ylab("Volume (L)"))

# écriture des débits journaliers
write.table(format(Volumes_journaliers), # digits=2),
  file = paste(source_fichier,'Debitsjour',num_fichier,".dat",sep=""),
  append = FALSE, quote = FALSE,
  sep = " ",
  eol = "\n", na = "NA", dec = ".", row.names = TRUE ,
  col.names = FALSE)
# concatène tous les débits journaliers à la suite dans un même data-frame
Volumes_journaliers_all_df <- rbind(Volumes_journaliers_all_df,
  Volumes_journaliers_df)
Volumes_journaliers_all <- c(Volumes_journaliers_all,
  Volumes_journaliers)

```

```

# concatene tous les volumes horaires dans un meme dataframe avec la colonne heure
Volumes_horaires_all_df<- rbind(Volumes_horaires_all_df,
                                Volumes_horaires_df)
}
#####
# fin de la boucle sur les noms de fichiers
#####

# reforme les volumes horaires en triant par heure en colonne et par jour en ligne pour plotter hydrogramme
# concaténer tous les tableaux de volumes horaires à la suite
# quelques plots hydrogrammes

# juste les courbes de Volumes en noir
print(
ggplot(data=Volumes_horaires_all_df,
        aes(x=Heure,y=Volumes_horaires,group=interaction(Jour,Mois,An))) +
  ggtitle(paste("Tous volumes horaires :",nom_ANC)) +
  geom_line(aes(x=Heure,y=Volumes_horaires,group=interaction(Jour,Mois,An)))
)

# les courbes de Volumes colorées selon le jour de la semaine
print(
ggplot(data=Volumes_horaires_all_df,
        aes(x=Heure,y=Volumes_horaires,group=interaction(Jour,Mois,An)))+
  geom_line(aes(x=Heure,y=Volumes_horaires,group=interaction(Jour,Mois,An),color=weekdays(Temps_hour)))
+
  ggtitle(paste("Tous volumes horaires :",nom_ANC)) +
  scale_colour_manual("",
                      breaks = c("lundi", "mardi", "mercredi",
                                   "jeudi", "vendredi", "samedi", "dimanche"),
                      values = c("purple", "green", "red", "orange", "yellow",
                                   "blue", "cyan"))
)

# courbes de couleur selon jour de la semaine et boxplots par heure
print(
ggplot(data=Volumes_horaires_all_df,aes(Heure,Volumes_horaires,group=Heure)) +
  geom_line(aes(x=Heure,y=Volumes_horaires,group=interaction(Jour,Mois,An),color=weekdays(Temps_hour)))
+
  geom_boxplot() +
  ggtitle(paste("Tous volumes horaires :",nom_ANC, " - Boxplot par heure")) +
  scale_colour_manual("",
                      breaks = c("lundi", "mardi", "mercredi",
                                   "jeudi", "vendredi", "samedi", "dimanche"),
                      values = c("purple", "green", "red", "orange", "yellow",
                                   "blue", "cyan"))
)

# smooth : regression multilinéaire pour voir s'il y a une tendance par jour de la semaine en forçant le min des
ordonnées à être zéro pour ne pas avoir un régression négative
print(ggplot(data=Volumes_horaires_all_df,
             aes(x=Heure,y=Volumes_horaires,group=interaction(Jour,Mois,An),color=weekdays(Temps_hour)))+
  ggtitle(paste("Tous volumes horaires :",nom_ANC, " - Regression par jour de la semaine")) +
  geom_smooth(aes(x=Heure,y=Volumes_horaires,group=weekdays(Temps_hour),fill = weekdays(Temps_hour)))
+
  scale_colour_manual("",
                      breaks = c("lundi", "mardi", "mercredi",
                                   "jeudi", "vendredi", "samedi", "dimanche"),
                      values = c("purple", "green", "red", "orange", "yellow",
                                   "blue", "cyan")) +
  scale_fill_manual("",
                    breaks = c("lundi", "mardi", "mercredi",
                                 "jeudi", "vendredi", "samedi", "dimanche"),
                    values = c("purple", "green", "red", "orange", "yellow",
                                 "blue", "cyan"))
)

```

```

# ecriture dans un fichier la suite des debits journaliers (365 lignes)
write.table(format(Volumes_journaliers_all, digits=2),
            file = paste(source_fichier,nom_fichier_sortie,"_all.dat",sep=""),
            append = FALSE, quote = FALSE,
            sep = " ",
            eol = "\n", na = "NA", dec = ".", row.names = TRUE ,
            col.names = FALSE)

# plot les volumes journaliers, à la suite les uns des autres
print( ggplot(data=Volumes_journaliers_all_df,aes(x=Temps_jour,y=Volumes_journaliers))+
      geom_line() + ggtitle(paste('Tous volumes journaliers : ',nom_ANC))+
      xlab("Temps (J)")+
      ylab("Volume (L)")
    )

# calcul des moyennes
aggregate(Volumes_horaires_all_df$Volumes_horaires,
          by = list(typ = Volumes_horaires_all_df$Heure), mean, na.rm=TRUE)

# calcul des moyennes par Heure et par semaine
heure_jour_semaine <- aggregate(Volumes_horaires_all_df$Volumes_horaires,
                                by = list(Heure = Volumes_horaires_all_df$Heure,
                                           jour_semaine=weekdays(Volumes_horaires_all_df$Temps_hour)),
                                mean, na.rm=TRUE)

print( ggplot(data=heure_jour_semaine,aes(x=Heure,y=x,color=jour_semaine))+
      geom_line() +
      ggtitle(paste('Moyenne tous volumes journaliers : ',nom_ANC))+
      xlab("Temps (hour)")+
      ylab("Volume (L)") +
      scale_colour_manual("",
                          breaks = c("lundi","mardi","mercredi",
                                      "jeudi","vendredi","samedi","dimanche"),
                          values = c("purple","green","red","orange","yellow",
                                      "blue","cyan"))
    )
dev.off()

```

Annexe 2: Comparaison statistique des concentrations entre les jours ouvrés et les week-ends

Il y a peu de différences entre les jours ouvrés et les week-ends (Figure 54, Figure 55 et Tableau 33). L'écart des médianes des jours ouvrés par rapport aux week-ends est de 10 % pour les MES, 8 % pour la DCO et le Pt, 2 % pour la DBO₅, 7 % pour N-NH₄⁺ et il n'y a pas de différence pour le paramètre NK.

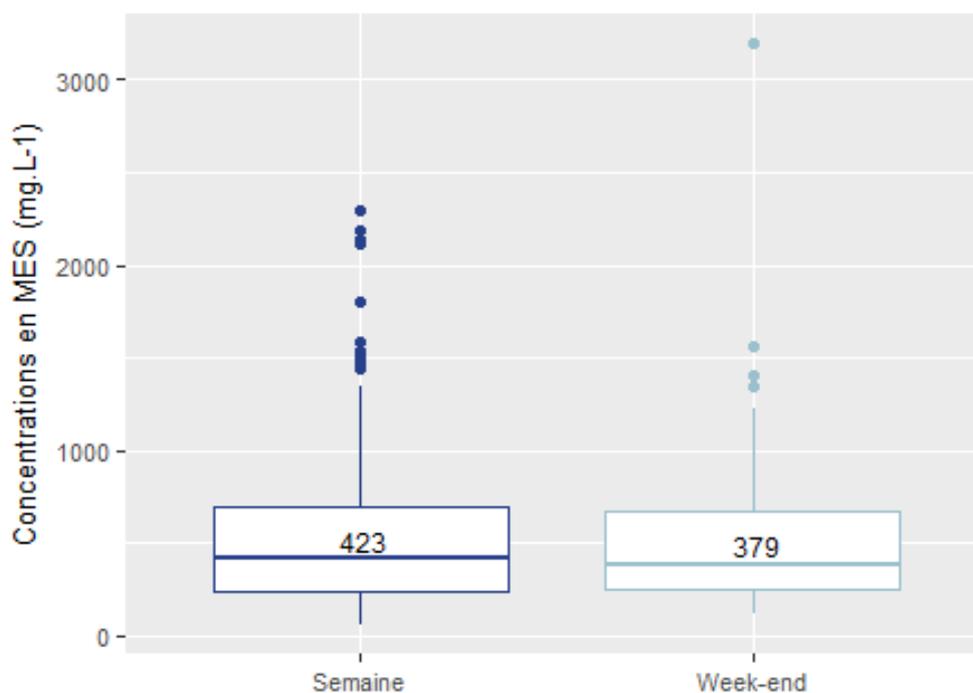


Figure 54 : Comparaison entre les concentrations en MES (mg.L⁻¹) des eaux usées d'un ménage pendant la semaine et le week-end

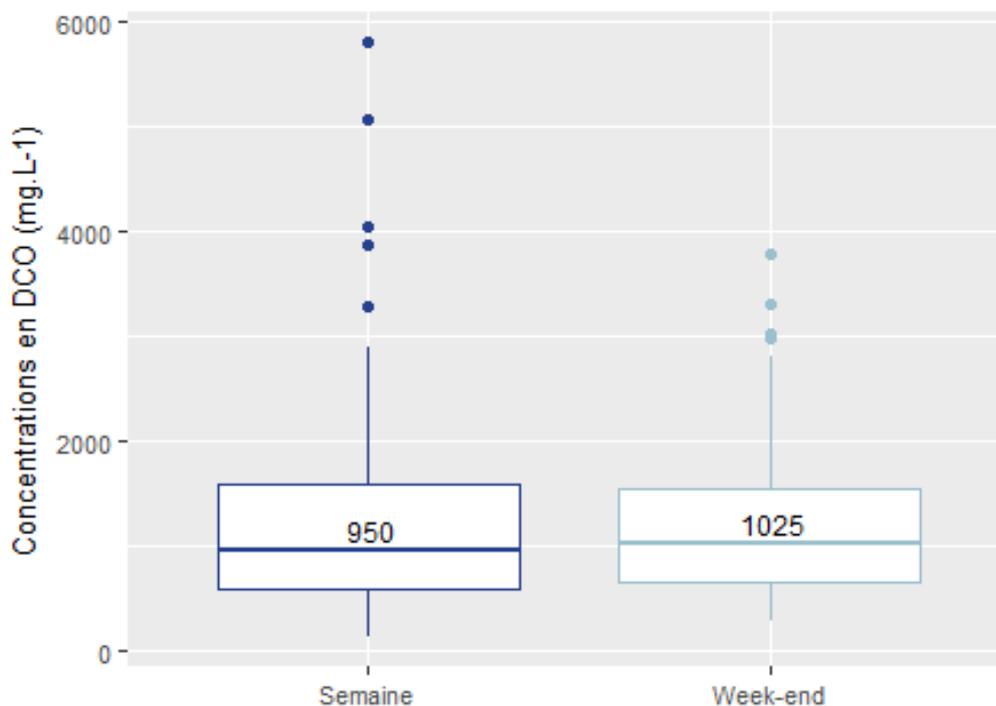


Figure 55 : Comparaison entre les concentrations en DCO (mg.L⁻¹) des eaux usées d'un ménage pendant la semaine et le week-end

Tableau 32 : Comparaison semaine vs week-end des concentrations par polluant (mg.L⁻¹)

Concentration (mg.L ⁻¹)		MES	DCO	DBO ₅	N-NH ₄ ⁺	NK	Pt
Semaine	Médiane	423	950	410	72	110	13
	Moyenne	541	1 200	513	81	124	15
	Min	54	126	37	4	15	2
	Max	2 300	5 817	3 380	254	555	44
	CV	79 %	68 %	78 %	59 %	55 %	60 %
Week-end	Médiane	379	1025	420	67	110	12
	Moyenne	551	1 243	516	83	138	15
	Min	120	285	135	21	44	5
	Max	3 200	3 790	1 530	252	477	44
	CV	85%	61%	64%	64%	66%	59%

Afin de comparer les concentrations mesurées pendant la semaine et le week-end, des tests statistiques sont réalisés pour chacun des 6 paramètres. Dans un premier temps, le test de Shapiro-Wilk est utilisé pour déterminer si les échantillons suivent une loi normale. Les résultats du test sont présentés dans le Tableau 33.

Tableau 33 : Résultat test de Shapiro-Wilk (normalité)

Paramètre	Période	P-value test de Shapiro-Wilk	Conclusion du test
MES	Semaine	$1,03 \times 10^{-13}$	Rejet hypothèse nulle : pas de loi normale
	Week-end	$2,37 \times 10^{-10}$	
DCO	Semaine	$3,18 \times 10^{-14}$	
	Week-end	$2,37 \times 10^{-6}$	
DBO ₅	Semaine	$< 2,2 \times 10^{-16}$	
	Week-end	$3,26 \times 10^{-6}$	
N-NH ₄ ⁺	Semaine	$2,63 \times 10^{-7}$	
	Week-end	$7,51 \times 10^{-7}$	
NK	Semaine	$9,01 \times 10^{-12}$	
	Week-end	$7,24 \times 10^{-8}$	
Pt	Semaine	$1,63 \times 10^{-10}$	
	Week-end	$1,65 \times 10^{-6}$	

Puisque les échantillons ne suivent pas une distribution normale, le test de Wilcoxon-Mann-Whitney est utilisé pour comparer les distributions des concentrations des eaux usées produites durant la semaine et le week-end (Tableau 34).

Tableau 34 : Résultat test de Wilcoxon-Mann-Whitney (semaine vs week-end)

Paramètre	P-value Wilcoxon-Mann-Whitney	Conclusion du test
MES	0,91	Pas de différence significative entre les distributions des concentrations mesurées la semaine et le week-end
DCO	0,42	
DBO ₅	0,73	
N-NH ₄ ⁺	0,88	
NK	0,67	
Pt	0,93	

Les résultats des tests statistiques donnent tous une p-value supérieure à 0,05. Il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse nulle, les deux échantillons (semaine et week-end) ne sont donc pas significativement différents quel que soit le paramètre étudié.

Irstea

1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex

01 40 96 61 21

www.irstea.fr

Agence française pour la biodiversité

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.afbiodiversite.fr