



AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Étude du Groupe National Public

ASSAINISSEMENT NON COLLECTIF

Le suivi *in situ* des installations
de 2011 à 2016

Rapport final - Septembre 2017



- **AUTEURS**

Coordination :

Catherine BOUTIN Irstea, Centre de Lyon- Villeurbanne

Rédaction :

Laurie OLIVIER Irstea, Centre de Lyon- Villeurbanne

Membres du Comité de Pilotage du Groupe National Public :

Philippe AGENET / Sandra PARISI Agence de l'Eau Loire-Bretagne

Pierre ARTUIT Conseil Départemental de la Mayenne

Philippe BRANCHU Cerema Direction territoriale Ile de France

Alexandre DECOUT SPANC de la région de Saint Jacut les Pins, Morbihan

Vivien DUBOIS Irstea, Centre de Lyon-Villeurbanne

Laure DUBOURG Charente Eaux

Dominique DHUMEAUX Association des Maires Ruraux de France

Sylvie JOUSSE Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

Claire LEVAL Agence française pour la biodiversité

Benoit MOULINE SATESE du Conseil Départemental du Calvados

Natacha PORTIER Communauté d'agglomération de l'Ouest Rhodanien, Rhône

Charlotte RAMBERT / Laure SOULIAC Ministère de la Transition écologique et solidaire

Cédric SZABO Association des Maires Ruraux de France

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Les membres du Comité Scientifique et Technique du Groupe National Public :

Julien ANFRY Conseil Départemental de l'Orne

Hubert CARPIER / Gaëlle LE QUELLENNEC Conseil Départemental des Côtes d'Armor

Kevin CASTERAN Agence Technique Départemental de l'Eure et Loir

Philippe DANOIS Agence de l'Eau Seine Normandie

Quentin GOUGET Agence Technique Départemental de l'Eure et Loir

Gildas GOURET Conseil Départemental de la Manche

Amélie HEUZE Agence de l'Eau Rhin Meuse

Francis HUBERT Conseil Département de l'Ardèche

Bernard LASNE Conseil Départemental de Loire Atlantique

Jacques LAUNAY Conseil Départemental du Loir et Cher

Rémi LE BESQ Agence de l'Eau Loire Bretagne

Fabrice LEDANOIS Conseil Départemental de la Manche

Ludovic MARTINS SATESE d'Indre et Loire

Jérémy PIRON Conseil Départemental de la Sarthe

Fabrice RIMBEUF Conseil Départemental de l'Eure

Rémi SUAIRE Cerema Direction territoriale Est

Muriel TAUVERON Ascomade

Claude TROTZIER Cerema Direction territoriale Est

- **REMERCIEMENTS SINCERES**

Aux agents préleveurs,

Aux 48 SPANC's,

Aux 22 Conseils Départementaux et SATESE, acteurs de ce suivi,

Aux 246 propriétaires d'installations suivies,

Aux personnels Irstea pour leur contribution :

Stéphanie BELLAUD Irstea, Centre d'Antony

Christelle BLANC Irstea, Centre de Lyon-Villeurbanne

Serge GUILLAUME Irstea, Centre de Montpellier

Hazaël JONES Irstea, Centre de Montpellier

Inès LAOUAR Irstea, Centre de Lyon-Villeurbanne

Yves LE GAT Irstea, Centre de Bordeaux

Brice MARLET Irstea, Centre de Lyon-Villeurbanne

Marie WAWRZYKOWSKI Irstea, Centre d'Antony

- **CORRESPONDANTS**

Agence française pour la biodiversité : Claire LEVAL, Chargée de mission,
claire.leva@afbiodiversite.fr

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

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France

Niveau de lecture : professionnels, experts

Synthèse

Le suivi *in situ* des installations d'Assainissement Non collectif s'est déroulé sur une période de 6 ans (2011 à 2016) en mobilisant un grand nombre d'acteurs publics à différentes échelles du territoire (secteur géographique des SPANC, département, bassin versant des grands fleuves, France entière) sans oublier les propriétaires des installations suivies.

Le suivi porte sur des dispositifs pour lesquels l'eau usée traitée est accessible pour un prélèvement au niveau d'un point de rejet localisé. L'étude a ainsi écarté les installations non drainées (utilisant le sol en place ou le sable) pour lesquelles les techniques développées assurent à la fois le traitement puis l'évacuation diffuse des eaux traitées en sous-sol. Les dispositifs avec rejet localisé sont très variés et nombreux : l'étude a porté sur 33 dispositifs différents classés en 13 filières appartenant elles même à trois familles de traitement : i) les Cultures Fixées sur Support Fin (CFSF), ii) les Cultures Fixées Immergées (CFI) et iii) les Cultures Libres (CL).

L'objectif de l'étude est d'évaluer la qualité des eaux usées traitées par les installations dans leurs conditions réelles de fonctionnement. Le propriétaire n'a reçu aucune consigne spécifique supplémentaire par rapport à celles fournies par le constructeur, si ce n'est celle d'accepter des visites régulières des agents préleveurs.

Les situations rencontrées dans le cadre du suivi *in situ*, aussi diverses soient-elles, sont représentatives de la diversité des situations de l'ANC à l'échelle de l'habitat. En ce sens, les résultats sont extrapolables d'un point de vue technique. Par contre, le jeu de données recueillies n'est en aucun cas représentatif de la situation nationale : le nombre relatif des différents dispositifs étudiés est certainement différent de ceux installés sur le territoire français.

Compte tenu de la quantité importante de dispositifs agréés, le recueil de données s'est volontairement arrêté aux dispositifs agréés avant le 31 décembre 2014. C'est pourquoi tous les dispositifs agréés après cette date ne sont pas analysés dans le cadre de cette étude.

Les critères de choix des installations suivies sont à la fois techniques (résidence principale, eaux usées domestiques) mais également réglementaire (installation conforme) ; le dispositif ne fait pas partie de ces critères de choix.

Sur cette base, 1448 visites ont été réalisées sur 246 installations. Ces visites ont abouti à des caractérisations physico-chimiques des eaux usées traitées qui ont porté sur les matières en suspension, la DCO, la DBO₅ et les formes azotées (NK, NNH_4^+ et N-NO_3^-) et à recueillir des informations sur les opérations d'entretien « curatif », c'est-à-dire toutes les opérations relevées, dans le cadre du suivi des installations, hors vidange et entretien courant.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude s'appliquent à un parc jeune : 80 % des visites ont eu lieu alors que les installations n'avaient pas quatre ans. Ce jeu de données permet ainsi de qualifier des dispositifs en phase stabilisée de fonctionnement, mais dans ce contexte, il est difficile d'évaluer l'impact de leur vieillissement.

Cette étude de grande ampleur a généré un très grand nombre de données, sous forme de valeurs chiffrées mais également sous forme d'éléments commentés.

A l'issue de la phase de validation de données, l'analyse a porté sur :

- des prélèvements d'eaux usées traitées de 1286 visites réalisées sur 231 installations,
- 62 commentaires d'opération d'entretien « curatif » identifiées sur 183 installations.

Pour pouvoir analyser les diverses situations techniques rencontrées, et au vu du nombre très important de données, il a fallu mettre au point et développer des outils appropriés. L'analyse scientifique a donc fait appel à deux outils originaux : i) un modèle statistique inspiré du monde médical pour analyser la qualité chimique des eaux usées traitées, et ii) un outil utilisant la « logique floue » pour analyser les données sur l'entretien « curatif » des installations.

Analyse de la qualité des eaux usées traitées

Qualités chimiques des eaux usées traitées : outil statistique (log linéaire généralisé) et seuils

Les prélèvements réalisés qualifient tous¹ une eau usée traitée d'un dispositif de traitement en ANC. Pourtant, l'hétérogénéité de ces données est grande du fait des facteurs techniques suivants :

- Les modes de prélèvements : le cadre imposé autorise deux types de prélèvement : un prélèvement ponctuel et un prélèvement moyen prélevé pendant 24h.
- Les dispositifs : les 33 dispositifs analysés qui appartiennent à 13 filières et 3 familles de traitement différentes constituent à eux seuls une forte hétérogénéité.
- Les taux de charge : ces dispositifs fonctionnent à des taux de charge variables, en lien avec le nombre d'habitants présents, leurs activités et la capacité nominale du dispositif installé.
- L'âge au moment du prélèvement : le vieillissement des installations est également un facteur d'hétérogénéité.

Pour parvenir à comparer statistiquement les techniques d'épuration, un modèle original a été créé sous le logiciel R et permet d'identifier les effets des facteurs d'impact listés plus haut sur les distributions des paramètres chimiques analysés. Cet outil (ln linéaire généralisé) a permis de statuer sur le caractère significatif ou non, du point de vue statistique, des différences observées des distributions des concentrations des différents paramètres chimiques analysés entre :

- les trois familles de traitement,
- les filières de traitement au sein d'une même famille,
- les dispositifs au sein d'une même filière.

L'outil intègre des tests, basés sur l'hypothèse : « il n'y a pas de différences entre les échantillons » avec une probabilité très faible de se tromper en acceptant cette hypothèse. Cette probabilité a été fixée à 0,1% et ce choix rend la réponse de l'outil particulièrement robuste.

A partir d'une comparaison de leurs médianes, l'outil permet aussi de quantifier ces différences ainsi que de quantifier les éventuels effets conjoints : dispositifs et taux de charge par exemple.

Le Tableau 1 résume les résultats fournis par l'outil statistique. Ce tableau se lit ainsi, selon l'exemple suivant : l'âge est un facteur d'influence identifié sur les distributions des concentrations du paramètre N-NO₃- des 5 filières de la famille CFSF. L'outil statistique permet d'identifier des différences statistiquement significatives des distributions des paramètres chimiques mesurant la qualité des eaux usées traitées pour les trois familles, pour les filières des familles CFSF et CL ainsi que pour les dispositifs des filières « sable », « copeaux de coco », « laine de roche », « zéolithe » et « lit fixe ».

Le facteur d'influence : « taux de charge » est fréquemment identifié, essentiellement vis-à-vis des paramètres azotés et le plus souvent conjointement au facteur « techniques d'épuration ».

Le facteur d'influence « âge » est identifié une seule fois vis-à-vis des paramètres caractéristiques de la matière organique et quatre fois pour l'un ou plusieurs des paramètres azotés.

Le facteur d'influence « type de prélèvement » est identifié le moins souvent (deux fois) : à l'échelle des trois familles, vis-à-vis du paramètre DBO₅ et à l'échelle des deux filières de la famille des CFI vis-à-vis des paramètres MES et DCO.

¹ Aucune analyse chimique d'eau usée brute, c'est-à-dire avant traitement, n'a été réalisée.

Tableau 1 : Facteurs d'influence statistiquement significatifs et paramètres dont les distributions sont impactées

A l'échelle des :	Facteurs d'influence			
	Techniques d'épuration	Taux de charge	Age	Type de prélèvement
3 familles	MES, DCO, DBO ₅	MES, DCO, DBO ₅	-	DBO ₅
3 familles nitrifiantes-dénitrifiantes	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-	-
5 filières famille CFSF	MES, DCO, DBO ₅ NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	- NK, N-NH ₄ ⁺	- N-NO ₃ ⁻	-
2 dispositifs « sable »	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-	-	-
2 dispositifs « zéolithe »	N-NO ₃ ⁻	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-	-
2 dispositifs « copeaux de coco »	- N-NH ₄ ⁺	- N-NO ₃ ⁻	DCO NK	-
2 dispositifs « laine de roche »	MES -	- -	- NK, N-NO ₃ ⁻	-
2 filières famille CFI	- -	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-	MES, DCO
6 dispositifs « lit fixe »	MES, DCO, DBO ₅ NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	- NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	- -	-
4 filières famille CL	MES, DCO, DBO ₅ N-NO ₃ ⁻	- NK, N-NH ₄ ⁺	- N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-

La qualité chimique des eaux usées traitées a été qualifiée au regard de seuils définis spécifiquement dans le cadre de cette étude. Ils s'appuient i) sur les deux réglementations fixant les prescriptions techniques des systèmes d'assainissement selon les flux de pollution organique à traiter pour les paramètres caractéristiques de la matière organique et ii) sur une analyse, à dire d'expert, de l'évolution des paramètres azotés dans des conditions d'oxygénation adaptées aux processus de dégradation mis en œuvre dans les dispositifs rencontrés. Pour chaque paramètre, il en résulte trois classes de qualité mentionnées dans le Tableau 2. La classe de qualité la meilleure, dénommée « acceptable », fixe des valeurs seuils correspondant aux exigences minimales des techniques de traitement pour l'assainissement collectif, moins contraignante que celles fixées pour les essais sur plateforme.

Tableau 2 : Définition des trois classes de qualité retenues pour l'étude en termes de concentration en mg/L par paramètre

en mg/L		Acceptable	Médiocre	Inacceptable
MES		≤ 30	30 - 85	≥ 85
DCO		< 200	200 - 400	≥ 400
DBO ₅		< 35	35 - 70	≥ 70
Paramètres AZOTES	Famille CFSF hors filière « végétaux »	NK < 90 <u>et</u> N-NO ₃ ⁻ > N-NH ₄ ⁺	NK < 90 <u>et</u> N-NO ₃ ⁻ < N-NH ₄ ⁺	NK ≥ 90 mg/L
	Filière « végétaux », Familles CFI et CL	NK < 33 <u>et</u> N-NO ₃ ⁻ < 30	NK < 90 <u>et</u> N-NO ₃ ⁻ > 30	

Ensuite, une qualité globale des eaux usées traitées, intégrant ces trois paramètres et un indicateur azoté est élaborée à partir de la comparaison des concentrations correspondant au 80^{ème} percentile² des paramètres chimiques MES, DCO, DBO₅ et au 20^{ème} percentile de l'indicateur azoté à ces seuils de qualité.

La classe de qualité globale retenue est la classe la plus discriminante des quatre classes de chaque percentile précité.

² Le 80^{ème} percentile sépare le 80 % inférieur des données, le 20^{ème} percentile sépare le 20 % inférieur des données

Qualités chimiques des eaux usées traitées à l'échelle des familles³

En comparant les distributions statistiques des paramètres chimiques à l'échelle des familles, l'outil identifie des différences statistiquement significatives entre les trois familles et les trois classes de taux de charge pour les trois paramètres MES, DCO et DBO₅. L'âge n'a pas d'impact identifié, le type de prélèvement a un impact identifié sur la distribution du paramètre DBO₅.

Ces trois familles sont toutes trois sensibles aux évolutions des taux de charge : lorsque la charge s'accroît, la qualité se dégrade et la proportion d'eaux usées traitées dans la gamme de qualité « acceptable » diminue sensiblement.

La Figure 1, qui, pour chaque famille et pour chaque classe de charge, représente la proportion respective dans les trois gammes de qualité des concentrations en MES dans chaque classe de charge illustre ce propos.

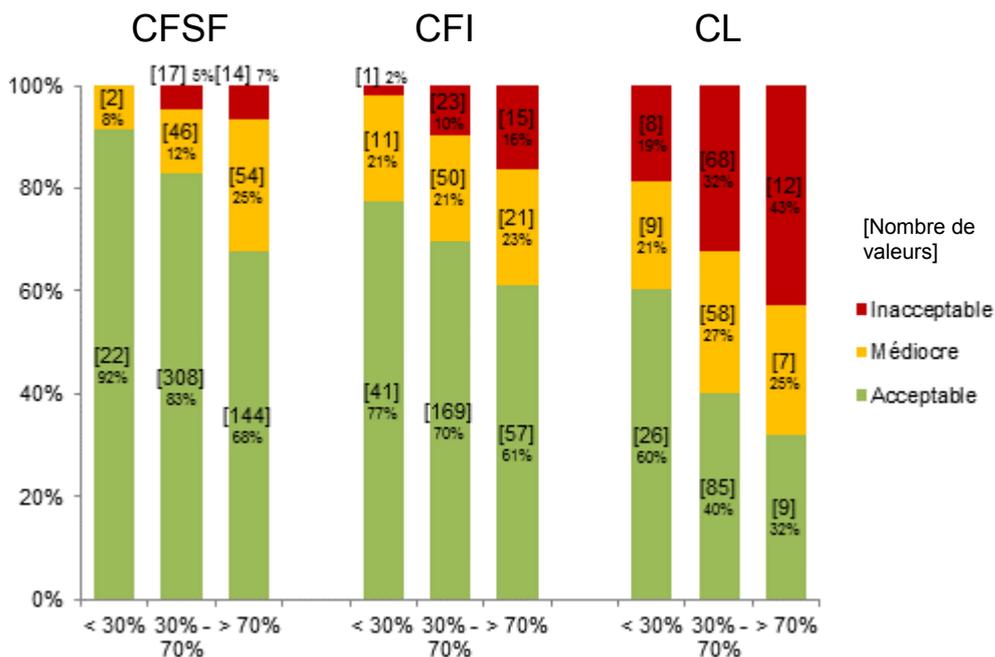


Figure 1 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon taux de charge et familles, du paramètre MES

Globalement, la famille CFSF fournit une eau usée traitée de la même classe de qualité globale que la famille des CFI : elle est « médiocre ». Celle issue de la famille des CL est la seule à être dans la classe « inacceptable ». Pour les trois familles, ce sont toujours les concentrations du 80^{ème} percentile en MES qui entraînent ce classement avec des valeurs à 31, 49 et 127 mg/L respectivement pour les familles des CFSF, des CFI et des CL.

³ Ce classement en familles peut recouvrir des hétérogénéités dans les classes de qualité d'eaux usées traitées issues des filières et des dispositifs.

Qualités chimiques des eaux usées traitées à l'échelle des filières

Filières de la famille des CFSF

En comparant les distributions statistiques des paramètres chimiques à l'échelle des filières de la famille des CFSF, l'outil différencie de manière significative la qualité entre les cinq filières « sable », « végétaux », « copeaux de coco », « zéolithe » et « laine de roche », c'est-à-dire que les qualités des eaux usées traitées issues de chaque filière sont différentes : ni le type de prélèvement, ni l'âge, ni le taux de charge n'ont d'impact identifié par l'outil sur des qualités des eaux usées traitées. La comparaison des médianes des six paramètres chimiques permet de classer leurs valeurs de la plus faible à la plus importante : filière « sable », puis filière « végétaux », puis filière « copeaux de coco » puis filière « zéolithe », puis filière « laine de roche ».

Globalement, les filières « sable », « végétaux » et « copeaux de coco » fournissent une eau usée traitée appartenant à la même classe de qualité globale : « acceptable ». A titre d'exemple, les concentrations du 80^{ème} percentile en MES sont respectivement de 18, 14 et 30 mg/L.

La filière « zéolithe » fournit une eau usée traitée de la même classe de qualité globale : « médiocre » ; c'est la concentration du 80^{ème} percentile en MES qui entraîne ce classement avec une valeur à 68 mg/L.

La filière « laine de roche » fournit aussi une eau usée traitée de qualité « médiocre » et ce sont les deux concentrations des percentiles en MES, DBO₅ respectivement de 44 et 48 mg/L et la classe du 20^{ème} percentile des paramètres azotés qui entraînent ce classement.

Filières de la famille des CFI

En comparant les distributions statistiques des paramètres chimiques à l'échelle des filières de la famille des CFI, l'outil n'identifie pas la filière comme facteur explicatif statistiquement significatif permettant d'expliquer les différences de concentrations entre les paramètres chimiques pour les deux filières « lit fixe » et « lit fluidisé ». Il en est de même pour l'âge et le taux de charge. Le type de prélèvement a un impact statistiquement significatif.

Globalement, les filières « lit fixe » et « lit fluidisé » fournissent une eau usée traitée de la même classe de qualité globale : elle est « médiocre » et ce sont les concentrations du 80^{ème} percentile en MES qui entraînent ce classement avec des valeurs à 49 et 84,6 mg/L respectivement pour les filières « lit fixe » et « lit fluidisé ».

Filières de famille des CL

En comparant les distributions statistiques des paramètres chimiques à l'échelle des filières de la famille des CL, l'outil identifie les quatre filières « SBR », « traitement complémentaire », « classique » et « sans décanteur primaire » comme des facteurs d'influence. Ni le type de prélèvement, ni l'âge, ni le taux de charge n'ont d'impact identifié par l'outil. Les dispositifs de la filière « classique » et de la filière « traitement complémentaire » fournissent, quant-à-eux, des eaux usées traitées de qualité équivalente. La qualité des eaux usées traitées est la moins bonne lorsque le traitement est réalisé par un dispositif de la filière « sans décanteur primaire », elle est la meilleure lorsque le traitement est réalisé par un dispositif de la filière « SBR ».

Globalement, la filière « SBR » fournit une eau usée traitée de la meilleure qualité de la famille des CL mais sa classe de qualité globale est « médiocre ». C'est la concentration du 80^{ème} percentile en MES qui entraîne ce classement avec une valeur de 48 mg/L.

Les trois autres filières « traitement complémentaire », « classique » et « sans décanteur primaire » fournissent une eau usée traitée de la même classe de qualité globale : elle est « inacceptable » ; toutes les concentrations du 80^{ème} percentile en MES entraînent ce classement avec des valeurs à

136, 129 et 270 mg/L respectivement pour les filières « traitement complémentaire », « classique » et « sans décanteur primaire ». Vis-à-vis de la filière « classique », la concentration du 80^{ème} percentile en DBO₅ (48 mg/L) est aussi « inacceptable ». Pour la filière « sans décanteur primaire », ce sont les 3 percentiles MES, DCO et DBO₅ qui sont dans la classe « inacceptable ».

Qualité globale des eaux usées traitées par les filières⁴

La Figure 2 résume la qualité globale des eaux usées traitées pour onze des filières ; les deux autres filières : « écorce de pin » de la famille des CFSF et « disques biologiques » de la famille des CFI sont d'un effectif insuffisant⁵ pour pouvoir qualifier la qualité de leurs eaux usées traitées.

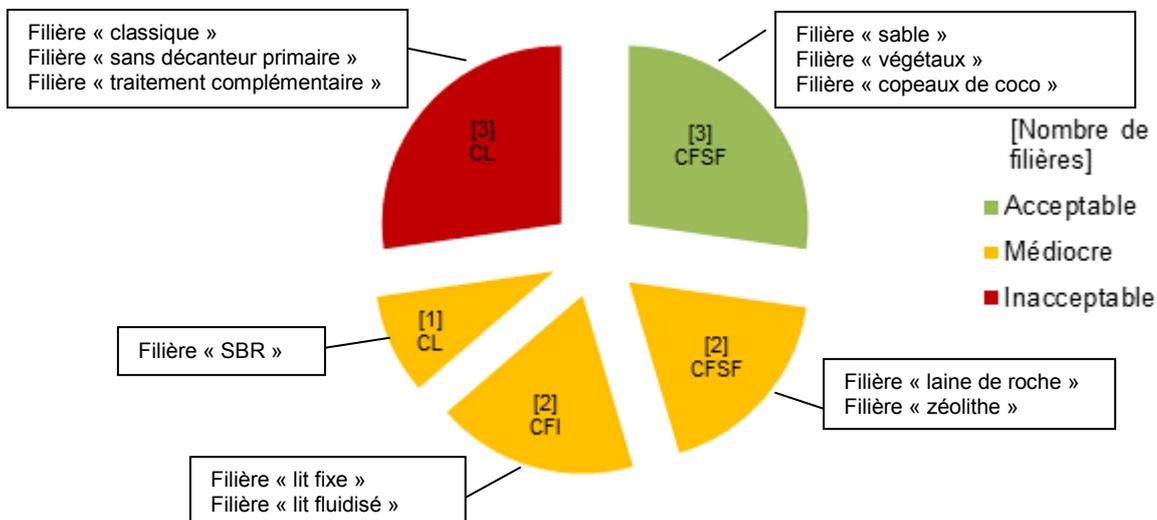


Figure 2 : Nombre de filières par famille et par classe de qualité globale

3 filières de la famille des CFSF délivrent une eau usée traitée de qualité globale « acceptable », 3 filières de la famille des CL délivrent une eau usée traitée de qualité globale « inacceptable » et 5 filières classées parmi les 3 familles délivrent une eau usée traitée de qualité globale « médiocre ».

Qualités chimiques des eaux usées traitées à l'échelle des dispositifs

Dispositifs de la famille CFSF

En comparant les distributions statistiques des paramètres chimiques à l'échelle des dispositifs de chaque filière dans la famille des CFSF, l'outil identifie des impacts statistiquement significatifs :

- des deux dispositifs⁶ de la filière « sable »,
- des deux dispositifs de la filière « copeaux de coco »,
- des deux dispositifs de la filière « zéolithe »,
- des deux dispositifs de la filière « laine de roche »,

sur la distribution des paramètres azotés pour les trois premières filières citées et sur la distribution du paramètre MES pour la dernière.

L'âge est parfois un facteur identifié statistiquement avec une évolution favorable dans le temps de la qualité des eaux usées traitées (dispositif « copeaux de coco » et paramètre DCO) ou défavorable (« laine de roche » et paramètres azotés).

Le taux de charge est assez fréquemment un facteur d'influence alors que le type de prélèvement n'est jamais identifié comme un facteur statistiquement significatif.

⁴ Ce classement en familles (ou filières) peut recouvrir des hétérogénéités dans les classes de qualité d'eaux usées traitées issues des filières et des dispositifs.

⁵ C'est-à-dire strictement supérieur à 12 valeurs ou strictement supérieur à 3 installations.

Parmi les huit dispositifs de la famille des CFSF dont le nombre de prélèvements ou d'installations⁷ sont suffisants :

- 3 délivrent une eau usée traitée de qualité globale « acceptable » : ce sont les filtres à sable (Aa1), les filtres plantés de roseaux (Ab) et le dispositif à copeaux de coco (Ad2) dont la surface de filtration est proche de 0,80 m²/EH. A titre d'exemple, les concentrations du 80^{ème} percentile en MES sont respectivement de 19, 14 et 28 mg/L.
- 1 délivre une eau usée traitée de qualité globale « inacceptable » : c'est l'un des dispositifs (Ac1) de la filière « zéolithe ». C'est alors la concentration du 80^{ème} percentile en MES qui entraîne ce classement avec une valeur de 111 mg/L.
- 4 délivrent une eau usée traitée de qualité globale « médiocre ». C'est la concentration du 80^{ème} percentile en MES qui entraîne ce classement pour deux dispositifs (Ad1 et Ac2) des deux filières « copeaux de coco » et « zéolithe » avec respectivement une valeur de 43 et 62 mg/L. Pour l'un des deux dispositifs (Ae2) de la filière « laine de roche », c'est la classe du 20^{ème} percentile en paramètres azotés qui entraîne ce classement ; pour l'autre dispositif de cette même filière (Ae1), les quatre percentiles sont dans la classe « médiocre ».

Dispositifs de la famille CFI

En comparant les distributions statistiques des paramètres chimiques à l'échelle des dispositifs de la filière « lit fixe » dans la famille des CFI, l'outil identifie des impacts statistiquement significatifs des dispositifs. Sur la distribution des paramètres carbonés, ni l'âge, ni le type de prélèvement, ni le taux de charge ne sont des facteurs explicatifs. Sur la distribution des paramètres azotés, le taux de charge est un facteur d'influence alors que ni le type de prélèvement, ni l'âge ne sont des facteurs statistiquement significatifs.

Des six dispositifs de la filière « lit fixe » dont les effectifs sont suffisants, la médiane des paramètres chimiques caractéristiques de la matière carbonée des eaux usées traitées par le dispositif Ba1 est la plus faible, suivie de celles des dispositifs Ba4, Ba6, Ba7 et Ba9 équivalents.

Parmi les sept dispositifs de la famille des CFI dont le nombre de prélèvement ou d'installations⁸ sont suffisants :

- 2 délivrent une eau usée traitée de qualité globale « acceptable » et ce sont les dispositifs Ba1 et Ba9. A titre d'exemple, les concentrations du 80^{ème} percentile en MES sont respectivement de 8 et 29 mg/L.
- 1 délivre une eau usée traitée de qualité globale « inacceptable » : c'est le dispositif Ba3. C'est la concentration du 80^{ème} percentile en DBO₅ qui entraîne ce classement avec une valeur de 78 mg/L.
- 4 délivrent une eau usée traitée de qualité globale « médiocre ». C'est la concentration du 80^{ème} percentile en MES qui entraîne ce classement pour deux dispositifs : Ba6 et Ba7 avec respectivement une valeur de 58 et 56 mg/L. Pour le dispositif Ba4, ce sont les concentrations du 80^{ème} percentile en MES et en DCO (respectivement de 59 et 233 mg/L) qui entraînent ce classement ; pour le dispositif Bb, ce sont les concentrations du 80^{ème} percentile en MES et la classe des paramètres azotés (respectivement de 84,6 mg/L et médiocre) qui entraînent ce classement.

⁶ Les résultats du dispositif Aa 3 sont obtenus sur une seule installation ; de ce fait, ce dispositif n'est pas maintenu dans la synthèse générale.

⁷ C'est-à-dire strictement supérieur à 12 valeurs ou strictement supérieur à 3 installations.

⁸ C'est-à-dire strictement supérieur à 12 valeurs ou strictement supérieur à 3 installations.

Dispositifs de la famille CL

La comparaison des distributions statistiques des paramètres chimiques à l'échelle de la filière « SBR » de la famille CL n'identifie aucun facteur d'influence, excepté la charge vis-à-vis du paramètre NK.

Parmi les six dispositifs de la famille des CL dont le nombre de prélèvement ou d'installations⁹ sont suffisants :

- 3 délivrent une eau usée traitée de qualité globale « médiocre » et ce sont les trois dispositifs Cd1, Cd2 et Cd3 de la filière « SBR ». C'est la concentration du 80^{ème} percentile en MES qui entraîne ce classement pour ces trois dispositifs avec respectivement une valeur de 56, 49 et 34 mg/L.
- 3 délivrent une eau usée traitée de qualité globale « inacceptable ». C'est la concentration du 80^{ème} percentile en MES qui entraîne ce classement pour l'unique dispositif Cc de la filière « traitement complémentaire » avec respectivement une valeur de 136 mg/L. Pour le dispositif Cb1 de la filière « classique », ce sont les concentrations du 80^{ème} percentile en MES et en DBO₅ (respectivement de 129 et 82 mg/L) qui entraînent ce classement ; pour le dispositif Ca1 de la filière « sans décanteur primaire », ce sont les concentrations du 80^{ème} percentile en MES, DCO et DBO₅ (respectivement de 288, 673 et 103 mg/L) qui entraînent ce classement.

Qualité globale des eaux usées traitées par les dispositifs étudiés

La Figure 3 résume la qualité globale des eaux usées traitées pour 21 dispositifs, les autres n'ayant pas un effectif suffisant¹⁰. 13 dispositifs ont été identifiés par l'outil comme ayant un impact statistiquement significatif.

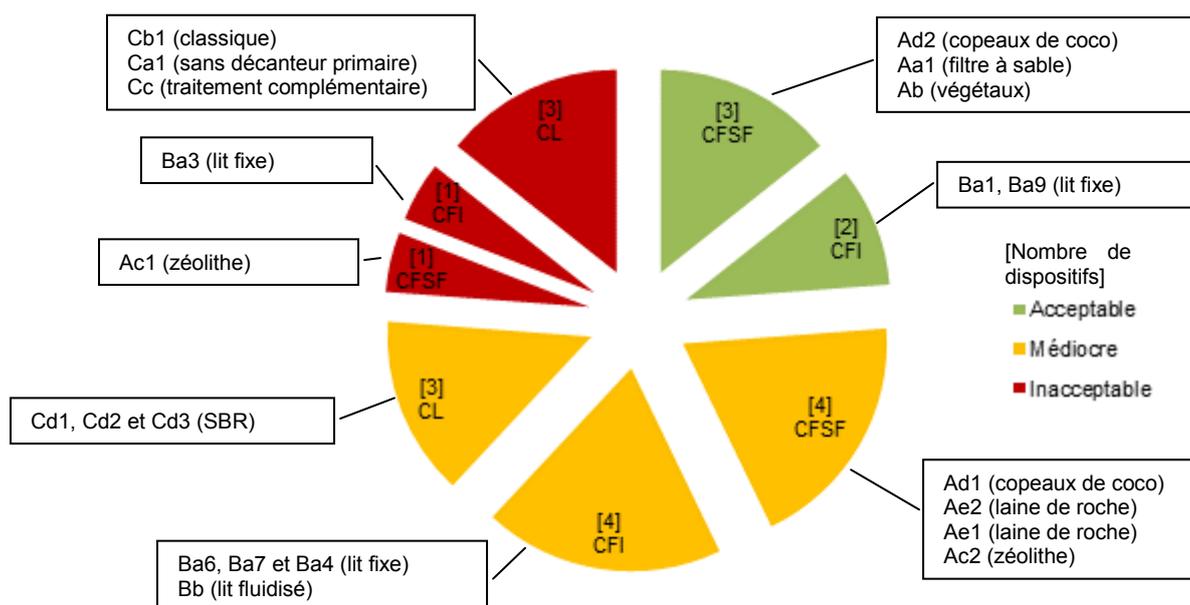


Figure 3 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de qualité globale

⁹ C'est-à-dire strictement supérieur à 12 valeurs ou strictement supérieur à 3 installations.

¹⁰ C'est-à-dire strictement supérieur à 12 valeurs ou strictement supérieur à 2 installations.

Cette analyse porte sur 20 dispositifs agréés et un dispositif traditionnel : le filtre à sable vertical. 4 dispositifs agréés et le dispositif traditionnel délivrent une eau usée traitée de qualité globale « acceptable ».

20 % des dispositifs d'épuration agréés étudiés délivrent une eau usée de qualité « acceptable ».

80 % des dispositifs agréés étudiés délivrent une eau usée traitée de qualité « médiocre » à « inacceptable ».

Analyse de l'entretien « curatif »

L'analyse des commentaires à l'aide de l'outil FISPRO de « logique floue » a été conduite pour les opérations d'entretien « curatif ». L'outil, qui transforme le langage courant en un langage mathématiques, rend possible le traitement des données.

En se positionnant à la place du propriétaire, conscient que l'entretien de son installation d'ANC est nécessaire, des règles élaborées, à dire d'expert, définissent trois niveaux d'acceptabilité de fréquences des opérations d'entretien « curatif ». Ainsi, un particulier trouve « acceptable » de réaliser une opération d'entretien « curatif » lorsque son installation est strictement âgée de plus de 5 ans. Volontairement en absence de lien avec d'éventuelles garanties commerciales, ce sont sur ces bases, étendues à d'autres classes d'âge et d'autres fréquences d'opération que l'outil fournit des notes en lien avec les gammes d'acceptabilité définies (Tableau 3). Les notes ne sont pas calculées lorsque l'analyse porte sur moins de trois installations.

Tableau 3 : Définition des trois classes de d'acceptabilité des fréquences d'entretien « curatif » selon les notes

	Acceptable	Médiocre	Inacceptable
Note	≥ 8,5	7 - 8,5	≤ 7

Les principales opérations réalisées et répertoriées sur les 183 installations sont :

- des changements de matériels (par exemple des diffuseurs, des sondes, des pompes à air, matériaux de remplissage, pompes de reprise des eaux usées traitées...),
- des adaptations de matériels (par exemple : ajout d'une plaque, réglage d'une pompe, modification d'un tuyau,...),
- des réglages dans la programmation,
- des réglages d'ordre hydraulique (par exemple débouchage de canalisation, pente d'écoulement,...).

L'âge médian des installations, dont les opérations d'entretien « curatif » ont été analysées, est proche de 3 ans. Bien que les dispositifs soient jeunes, 62 opérations d'entretien « curatif » ont été recensées.

Analyse de l'entretien « curatif » par familles de traitement

La note obtenue par la famille des CFSF de 9,1 qualifie la fréquence des opérations d'entretien « curatif » d'« acceptable », celles pour les familles des CFI et des CL respectivement de 8,1 et de 7,2 identifient des fréquences d'entretien « curatif » qualifiées de « médiocre ».

Analyse de l'entretien « curatif » par filières

On retrouve ce même classement au niveau des 11 filières :

- 4 des 5 filières de la famille des CFSF ont une note supérieure à 8,5 qualifiant ainsi la fréquence d'entretien « curatif » d'« acceptable », la dernière note de 8,3 correspond à une qualité « médiocre ».
- 2 de 3 filières de la famille des CFI ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée de « médiocre », la dernière note de 6,7 est « inacceptable ».
- 2 des 3 filières de la famille des CL ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« inacceptable », la dernière note de 7,8 est « médiocre ».

Analyse de l'entretien « curatif » par dispositifs

A l'échelle des dispositifs, l'amplitude de variation des notes est large et s'étend de 10 (dispositifs Ac2, Ae2 et Ba4) à 3,9 (dispositif Cb1). La Figure 4 illustre les notes d'entretien « curatif » calculées pour 19 dispositifs d'effectif d'installations suffisant.

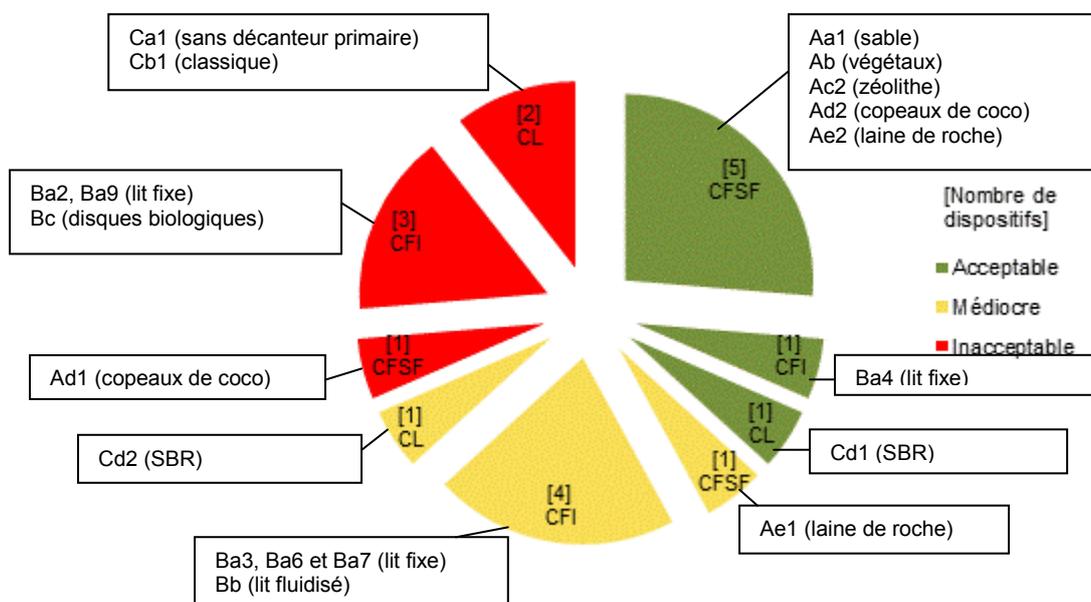


Figure 4 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de fréquence d'entretien

Parmi les 19 dispositifs qualifiés :

- 7 des dispositifs ont une fréquence d'entretien « curatif » « acceptable » soit 37 %.
- 6 des dispositifs ont une fréquence d'entretien « curatif » « médiocre » soit 31,5 %.
- 6 des dispositifs une fréquence d'entretien « curatif » « inacceptable » soit 31,5 %.

C'est la famille des CFSF qui présente la plus grande proportion de dispositifs de fréquence d'entretien « curatif » acceptable. En effet, 70 % des dispositifs étudiés et qualifiés de la famille des CFSF ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« acceptable ».

Dans la famille des CFI, seul 1 des 8 dispositifs qualifiés (soit 13 %) présente une fréquence d'entretien « curatif » « acceptable ». 50 % des dispositifs qualifiés de la famille des CFI ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée de « médiocre » et 37 % ont une fréquence d'entretien qualifiée d'« inacceptable » ;

Dans la famille des CL, seul 1 des 4 dispositifs qualifiés (soit 25 %) présente une fréquence d'entretien « curatif » « acceptable », 25 % des dispositifs qualifiés de cette famille ont une fréquence d'entretien « curatif » « médiocre » et 50 % ont une fréquence d'entretien qualifiée d'« inacceptable ».

La technicité nécessaire au fonctionnement des dispositifs des familles des CFI et des CL génère le plus souvent une surveillance accrue et des opérations d'entretien « curatif » dont la fréquence est qualifiée de « médiocre » à « inacceptable » vis-à-vis de la référence fixée à dire d'expert (absence d'opération pendant 5 années consécutives).

La Figure 5 résume la qualité globale des eaux usées traitées et l'acceptabilité de l'entretien « curatif » pour 18 dispositifs pour lesquels les deux qualificatifs de qualité des eaux usées traitées et d'entretien « curatif » sont disponibles.

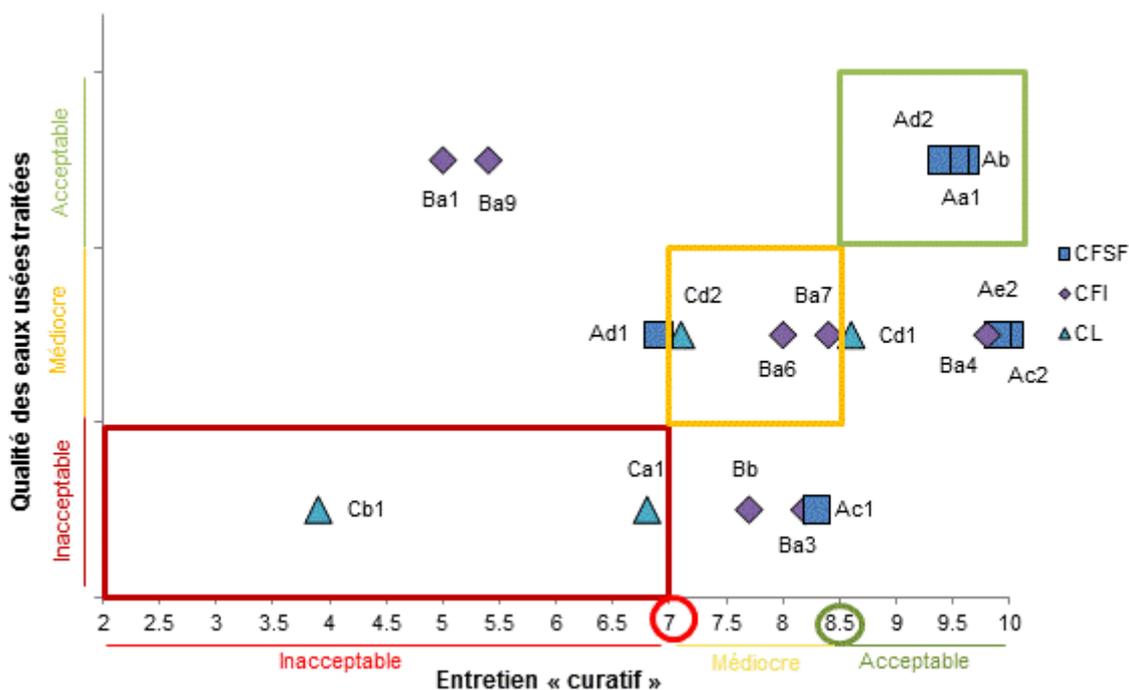


Figure 5 : Analyse conjointe de la qualité des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » des 18 dispositifs

Les dispositifs, qui obtiennent une classe de qualité des eaux usées traitées et de la fréquence d'entretien « curatif », toutes deux « acceptables », sont trois dispositifs de la famille CFSF :

- Le filtre à sable traditionnel de la filière « sable ».
- Le dispositif étudié de la filière « végétaux ».
- L'un des deux dispositifs étudiés de la filière « copeaux de coco ».

Suivent deux dispositifs de la filière « lit fixe » de la famille CFI : qualité « acceptable » mais fréquence d'entretien « curatif » « inacceptable ». Ces 5 dispositifs sont les seuls à délivrer une eau usée traitée de qualité acceptable.

Sur la base des critères retenus, 12 % des dispositifs agréés étudiés répondent au qualificatif d'« acceptable » à la fois vis-à-vis de la qualité des eaux usées traitées et de la fréquence d'entretien « curatif ».

À travers cette étude d'un coût global sur 7 ans de 1 479 500 € HT, le groupe national public « suivi *in situ* des installations d'assainissement non collectif » fournit des informations objectives sur la qualité des eaux usées traitées et l'entretien « curatif » de près d'une vingtaine de dispositifs d'ANC dans leurs conditions réelles de fonctionnement, qu'ils soient de type « agréé » ou « traditionnel ».

Cette étude donne un éclairage scientifique et technique destiné à alimenter la réflexion des responsables des politiques publiques exerçant une action de soutien auprès des citoyens concernés par l'assainissement non collectif. Cette étude, mise en ligne sur le site public d'Irstea par le lien <http://cemadoc.irstea.fr/cemoa/PUB00054553>, est accessible à tous acteurs et toute personne intéressée par l'ANC.

Sommaire

1. Introduction	19
1.1. Présentation du projet et des critères de choix des installations suivies ...	20
1.2. Définitions	21
1.3. Quels acteurs, territoires et installations ?	22
1.3.1. <i>Les acteurs du Groupe National Public</i>	22
1.3.2. <i>Les territoires</i>	25
1.3.3. <i>Les installations suivies (techniques, dates de mise en service et capacités)</i>	26
2. Méthodologie	31
2.1. Recueil des données	31
2.1.1. <i>Méthodologie de recherche d'installations</i>	31
2.1.2. <i>Fiches descriptives et fiches de visite-prélèvement</i>	31
2.1.3. <i>Méthodes de prélèvement des eaux usées traitées</i>	32
2.1.4. <i>Analyse chimique des prélèvements d'eaux usées traitées</i>	33
2.2. Validation des données	34
2.2.1. <i>Visites et prélèvements</i>	34
2.2.2. <i>Identification des prélèvements non validés</i>	34
2.2.3. <i>Harmonisation des données analytiques par rapport aux limites de quantification</i>	36
2.2.4. <i>Données commentées</i>	37
2.3. Hétérogénéité des données analytiques : modes d'acquisition, dispositifs d'épuration et nombre de prélèvements	39
2.3.1. <i>Modes d'acquisition des données analytiques</i>	39
2.3.2. <i>Dispositifs d'épuration</i>	39
2.3.3. <i>Nombre de prélèvements par installations</i>	40
2.4. Estimation de la charge organique à traiter (DCO)	40
2.5. Traitement statistique des données chiffrées des prélèvements	43
2.5.1. <i>Statistiques descriptives</i>	44
2.5.2. <i>Analyse de la distribution des données et création d'un modèle « log linéaire généralisé »</i>	47
2.6. Traitement des données commentées des installations	52
2.6.1. <i>Variables d'entrée</i>	53
2.6.2. <i>Partitionnement des variables d'entrée</i>	53
2.6.3. <i>Création des règles floues</i>	54
2.6.4. <i>Résultats obtenus</i>	57
3. Analyse statistique de la qualité chimique des eaux usées traitées	58
3.1. Paramètres MES, DCO et DBO5, caractéristiques de la matière organique	58
3.1.1. <i>Vue d'ensemble de la qualité des eaux usées traitées</i>	59
3.1.2. <i>Qualité des eaux usées traitées pour la famille des Cultures Fixées sur Support Fin</i>	68
3.1.3. <i>Qualité des eaux usées traitées de la famille des Cultures Fixées Immergées</i>	79
3.1.4. <i>Qualité des eaux usées traitées de la famille des Cultures Libres</i>	87
3.2. Paramètres azotés : nitrification ou nitrification-dénitrification	96
3.2.1. <i>Qualité des eaux usées traitées des filières nitrifiantes</i>	97
3.2.2. <i>Qualité des rejets des prélèvements des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants</i>	111
3.3. Qualité globale des eaux usées traitées	124

3.3.1.	Qualité globale des eaux usées traitées, à l'échelle des 3 familles	125
3.3.2.	Qualité globale des eaux usées traitées, à l'échelle des 13 filières	130
3.3.3.	Qualité globale des eaux usées traitées, à l'échelle des 33 dispositifs	137
4.	Analyse de l'entretien « curatif »	147
4.1.	Analyse des opérations d'entretien « curatif » de chaque famille	149
4.2.	Analyse des opérations d'entretien « curatif » de chaque filière	151
4.3.	Analyse de l'entretien « curatif » de chaque dispositif	153
5.	Analyse conjointe de la qualité des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif »	157
5.1.	Par famille	157
5.2.	Par filière	158
5.3.	Par dispositif	160
6.	Les coûts de l'étude	166
6.1.	Estimation du coût de l'étude	166
6.2.	Evaluation des coûts d'une éventuelle poursuite d'étude	168
7.	Conclusion	169
8.	Glossaire	174
9.	Sigles & Abréviations	175
10.	Bibliographie	177
11.	Table des illustrations	178
12.	Annexes	

Annexe 1 : Schémas descriptifs des 33 dispositifs

Annexe 2 : Fiche descriptive pour les CFSF

Annexe 3 : Fiche de visite et de prélèvement pour les Cultures Fixées sur Support Fin

Annexe 4 : Estimation de la charge réelle à traiter par l'estimation de la charge organique (DCO) journalière

Annexe 5 : Méthodes d'analyse et limites de quantifications des 18 laboratoires par paramètre

Annexe 6 : Nombre de valeurs de chaque paramètre chimique par facteurs explicatifs

Annexe 7 : Proportion de chaque dispositif parmi les 1286 prélèvements validés

Annexe 8 : Proportion de chaque dispositif parmi les 231 installations

Annexe 9 : Aide à l'interprétation des principaux paramètres de qualité de traitement mesurés dans le suivi in situ

Annexe 10 : Ordres de grandeur des concentrations des eaux usées brutes en assainissement domestique des petites collectivités ou en ANC pour un foyer

Annexe 11 : Résultats de l'analyse statistique des installations pour les paramètres MES, DCO et DBO5

Annexe 12 : Influence du facteur « type de prélèvement » sur la variation de la qualité des eaux usées traitées pour les filières de la famille des CFI

Annexe 13 : Qualité globale des eaux usées traitées

Annexe 14 : Résultats pour les 12 dispositifs dont le nombre de données est restreint

Annexe 15 : Analyse des opérations de vidange

1. Introduction

Près de 5 millions d'installations d'Assainissement Non Collectif (ANC) sont répertoriées en France, ce qui représente environ 15 à 20 % de la population nationale (Ayphassorho H. et al., 2014).

Les évolutions récentes de la réglementation ont permis la mise sur le marché de nouveaux dispositifs agréés par l'Etat. Effectivement, l'arrêté du 7 septembre 2009, modifié par l'arrêté du 7 mars 2012, fixe 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 (Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours). Cet arrêté met en place une procédure d'agrément des dispositifs de traitement de moins de 20 équivalents-habitants et modifie largement les possibilités techniques offertes à tout propriétaire ayant besoin de s'équiper ou de réhabiliter une installation d'épuration en domaine privé. Ces modifications étaient nécessaires pour que la réglementation française soit conforme au règlement n°305/2011 du parlement européen et du conseil du 9 mars 2011, établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction.

A la date du 31 décembre 2016, 650 agréments ont été attribués à 63 constructeurs sur la base d'un avis formulé par les organismes notifiés français, c'est-à-dire le CERIB¹¹ et le CSTB¹², principalement à partir d'essais sur plateforme. Les usagers et les services publics d'ANC (SPANC), chargés du contrôle, ont ainsi observé une offre technique de plus en plus large et diversifiée.

L'objectif de ce suivi est de caractériser, sur site, la qualité des eaux usées traitées par des installations afin de fournir un avis objectif sur les différentes filières, qu'elles soient de type « agréées »¹³ ou « traditionnelles »¹⁴. Au démarrage de cette étude, en 2011, très peu de données publiques existaient sur le fonctionnement des installations d'ANC en conditions réelles (*in situ*), notamment pour les filières récentes apparues après 2009. Depuis, des constructeurs réalisent également des suivis en conditions réelles de fonctionnement.

Les premières démarches de suivi *in situ* en ANC résultent, en France, de la volonté des financeurs publics de s'assurer des performances des installations d'ANC soutenues dans le cadre d'une politique d'aide à la réhabilitation. En 2011, le Conseil Départemental du Rhône, aidé par Irstea et l'Onema (Office national de l'eau et des milieux aquatiques) devenu AFB (Agence française pour la biodiversité), lance une étude de terrain d'une trentaine d'installations utilisant des dispositifs traditionnels ou agréés. En parallèle, l'Agence de l'eau Loire-Bretagne anime cette démarche auprès des SPANC et des Conseils Départementaux de son bassin. Les nouvelles filières autorisées étant très nombreuses, il a très vite été nécessaire de mutualiser les forces des services publics en charge de l'assainissement non collectif, afin d'uniformiser le recueil des données et pouvoir traiter les résultats au niveau national.

Dans ce contexte, s'est créé le Groupe National Public (GNP). Cette structure regroupe les acteurs publics investis dans le suivi *in situ* des installations d'ANC, dont le but partagé est de s'assurer de la pérennité des installations dans leurs conditions réelles de vie. Le comité de pilotage du GNP oriente et pilote les travaux du suivi *in situ* public des installations d'ANC.

En 2014, le plan d'action national pour l'assainissement non collectif (PANANC 2014-2019) a inscrit, dans ses priorités, le déploiement du suivi *in situ* à l'échelle nationale, suivi porté scientifiquement par Irstea, tel que proposé par les conclusions de la mission d'évaluation réalisée en 2013-2014 (Ayphassorho H. et al., 2014).

¹¹ Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton.

¹² Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

¹³ Articles 7 et 8 de l'arrêté du 7 septembre 2009, modifié par l'arrêté du 7 mars 2012, 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.

1.1. Présentation du projet et des critères de choix des installations suivies

L'objectif principal vise à étudier le fonctionnement des installations d'ANC chez les particuliers et de s'assurer de l'adaptation des dispositifs dans les conditions réelles de vie et d'usage des ouvrages.

Le suivi doit également permettre d'identifier les éventuels dysfonctionnements et leurs origines (conditions d'entretien, vieillissement des ouvrages, conception, ...).

La collecte des données, au niveau national, permet principalement, par les visites des installations et les analyses chimiques des eaux usées domestiques traitées, d'évaluer la qualité de ces eaux usées traitées, en conditions réelles de fonctionnement, en fonction du dispositif installé, mais également de son âge et du taux de charge reçu.

Les installations, objet de ce suivi, sont assujetties à un certain nombre de critères de choix. L'étude n'a pas l'ambition d'être représentative de l'ensemble du parc national d'installations d'ANC ; les critères de choix des installations, listés ci-après, ont permis d'étudier le panel le plus large possible de dispositifs disponibles au moment de l'étude.

Cinq critères de choix ont été imposés :

- l'installation doit être conforme à la réglementation, après l'achèvement des travaux, selon l'avis du SPANC dans son rapport de contrôle de bonne exécution ; les filières non drainées sont exclues ;
- l'installation doit être mise en œuvre pour une résidence principale, les résidences secondaires étant donc volontairement exclues de l'étude ;
- les eaux usées à traiter sont exclusivement d'origine domestique ; les installations acceptant des eaux issues d'activités agricoles, par exemple, sont volontairement exclues ;
- le propriétaire doit être volontaire, et ce pour la durée minimale de l'étude, fixée par la collectivité territoriale et établie par conventionnement ;
- le rejet d'eaux usées traitées doit être accessible par les agents préleveurs pour la constitution de l'échantillon.

De plus, ont été privilégiées les installations recevant un taux de charge théorique¹⁵ minimum supérieur à 50 %.

Le traitement statistique des données, qui impose un effectif minimum de chaque sous échantillon a été envisagé dès 2011 et fixé à 30 unités¹⁶. De même, l'échéance de fin d'études, connue de longue date, a fixé le calendrier des dernières visites en décembre 2016. Pour répondre à cette double problématique d'effectif minimum et de calendrier, la programmation des visites en 2015 et 2016 :

- a écarté le suivi de dispositifs répondant à une réglementation postérieure au 31 décembre 2014,
- a orienté le recueil de données vers des dispositifs dont l'effectif des visites réalisées et/ou programmées était inférieur mais proche du minimum de 30 unités.

Le suivi *in situ* porte donc uniquement sur des filières réglementaires et les installations suivies sont des filières « traditionnelles » (article 6 de l'arrêté du 7 mars 2012) ou des dispositifs ayant obtenu l'agrément français (articles 7 et 8) avant le 31 décembre 2014.

¹⁴ Article 6 de ce même arrêté.

¹⁵ Rapport entre « le nombre de personnes constituant la famille occupant le logement » et « la capacité nominale de l'installation ».

¹⁶ 30 unités est la plus petite taille d'échantillon répondant à la loi des grands nombres. Cette règle empirique est retenue unanimement par la communauté des statisticiens pour construire les plans d'expériences.

1.2. Définitions

Les installations suivies sont issues des trois grandes familles de traitement :

- les Cultures Fixées sur Support Fin (**CFSF**) : les micro-organismes sont fixés sur un support non immergé (sable, copeaux de coco, zéolithe, laine de roche, végétaux,...). Intègrent cette famille, les filières dites « traditionnelles » de l'article 6 de l'arrêté du 7 mars 2012 ainsi que les « filtres compacts agréés » et les « filtres plantés agréés » selon la terminologie en usage au sein des Ministères en charge de l'Environnement et de la Santé ;
- les Cultures Fixées Immergées (**CFI**) : les micro-organismes sont fixés sur un support immergé (libre ou fixe) et l'aération est forcée. Cette famille correspond aux « microstations à cultures fixées agréées » comprenant également les disques biologiques, selon la terminologie en usage au sein des Ministères en charge de l'Environnement et la Santé ;
- les Cultures Libres (**CL**) : les micro-organismes sont libres, en suspension dans un réacteur et l'aération est forcée. Cette famille correspond aux « microstations à cultures libres agréées » (boues activées et SBR (Sequencing Batch Reactor)) selon la terminologie en usage au sein des Ministères en charge de l'Environnement et de la Santé.

Tout au long de ce rapport les notions de famille, filière, dispositif et installation seront abordées, il est important de bien les distinguer (Figure 6).

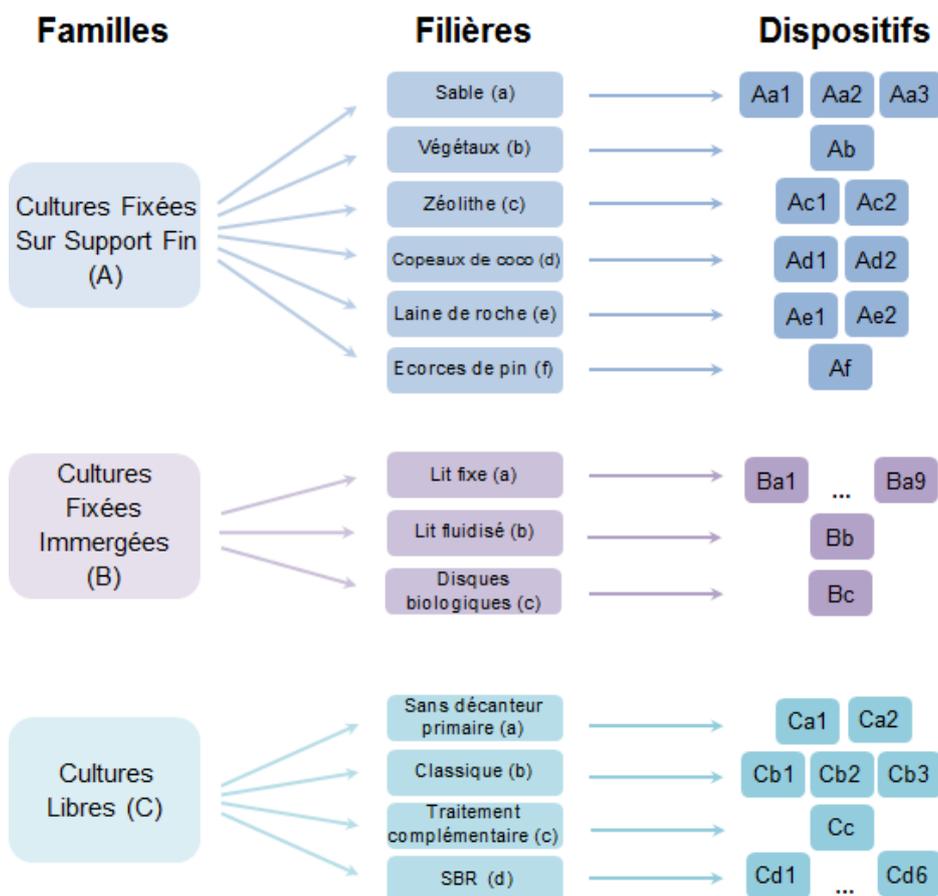


Figure 6 : Représentation schématique des définitions : familles, filières, dispositifs

Les trois **familles**¹⁷ de traitement en assainissement non collectif sont les CFSF, les CFI et les CL décrites précédemment.

Chaque famille regroupe différentes **filières**¹⁷. Ces filières sont déclinées selon des caractéristiques communes majeures de conception des installations d'épuration telles que le matériau de support pour les CFSF (sable, zéolithe, ...) ou la présence ou non de décanteur primaire pour les CL.

Le **dispositif** désigne la solution technique d'épuration telle que décrite en Annexe 1. Chaque dispositif est identifiable par un numéro d'agrément sauf s'il s'agit d'une filière « traditionnelle » décrite dans l'article 6 de l'arrêté du 7 mars 2012.

Enfin, l'**installation** définit l'ouvrage de traitement mis en œuvre chez le particulier.

Chaque installation a été visitée une ou plusieurs fois pendant le suivi par l'agent préleveur afin d'effectuer un ou plusieurs prélèvements d'eaux usées traitées au niveau du point de rejet identifié au préalable.

Une **visite** constitue l'action de se rendre sur le site de l'installation, de compléter des fiches d'information descriptives et de réaliser un prélèvement d'eau usée traitée. Il est possible que le prélèvement ne soit pas réalisé, notamment du fait d'une absence de rejet.

Un **prélèvement** est l'action de prélever, de transporter, de conserver et d'analyser en laboratoire un échantillon et d'obtenir un ensemble de résultats analytiques.

1.3. Quels acteurs, territoires et installations ?

1.3.1. Les acteurs du Groupe National Public

Le recueil des données a démarré en 2011 dans le département du Rhône, conventionné avec Irstea dans le cadre du projet SSAFIR (Suivi *in Situ* de l'Assainissement non collectif sur les Filières du Rhône). Dès 2012, les initiatives locales, notamment dans le bassin Loire-Bretagne, se sont multipliées sur la base d'une méthodologie commune à celle du Rhône (fiche descriptive, fiches de visite et de prélèvement). Animés par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, les acteurs publics se sont regroupés, afin de réaliser une étude nationale sur le suivi des installations d'ANC en conditions réelles. Le Groupe National Public « Suivi *in situ* en ANC » s'est ainsi constitué progressivement. Une note de cadrage, validée en comité de pilotage, a précisé le rôle de chaque acteur public de ce groupe.

Dès 2011, Irstea a fourni un appui méthodologique à l'aide d'un programme scientifique de suivi *in situ* financé par l'Onema devenu Agence française pour la biodiversité (AFB) en 2017. Ces travaux s'inscrivent également dans le cadre du PANANC 2014-2019.

¹⁷ Ce classement en familles (ou filières) peut recouvrir des hétérogénéités dans les classes de qualité d'eaux usées traitées issues des filières et des dispositifs.

Les partenaires du GNP sont :

- les SPANC en régie (hors délégataire) et associations ou représentants de SPANC,
- les Conseils Départementaux : leurs services ou émanations (Agence technique), SATAA (Service d'Assistance Technique à l'Assainissement Autonome), SATANC (Service d'Assistance Technique à l'Assainissement Non Collectif), SATESE (Service d'Assistance Technique aux Exploitants de Station d'Épuration) et les syndicats départementaux,
- le Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement),
- Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture),
- les Agences de l'eau,
- l'AFB (Agence française pour la biodiversité),
- le Ministère de la Transition écologique et solidaire,
- l'AMRF (Association des Maires Ruraux de France).

Les Agences de l'eau apportent un soutien financier aux Conseils Départementaux volontaires, dans le cadre de leurs programmes d'interventions. Elles financent la réhabilitation des installations d'ANC.

Les Conseils Départementaux sont contributeurs de ce suivi. Ils disposent d'une compétence technique en assainissement. Ils animent, pour certains, les réseaux départementaux de SPANC. En tant que propriétaires des routes départementales, ils peuvent délivrer des autorisations de rejet d'eaux usées traitées dans les fossés de leurs routes. Certains Conseils Départementaux ont une démarche financière incitative en subventionnant la réhabilitation des installations déclarées « non conformes ».

Dans le cadre de ce suivi *in situ*, les Conseils Départementaux ont assuré l'essentiel des visites, coordonné le suivi sur leur territoire et transmis les données aux animateurs de secteur. Ils ont apporté un soutien financier non négligeable au suivi *in situ* en complément de celui des Agences de l'eau.

Les SPANC ou leurs associations sont en contact direct avec les usagers et connaissent le parc des installations existantes. Acteurs locaux, ils sont engagés dans le suivi *in situ*, recherchent et proposent les installations à suivre. Certains SPANC assurent également les visites et produisent les données.

Les agents préleveurs (SPANC, Conseils Départementaux, Cerema, Irstea) réalisent les visites et les prélèvements sur les installations d'ANC, après avoir pris contact avec les propriétaires, également partenaires du GNP.

Afin de coordonner cette étude qui comptabilise 1448 visites dans 22 départements, quatre animateurs de secteurs ont été désignés au niveau national. Ce rôle est assuré, le plus souvent, par un Conseil Départemental qui prend la responsabilité d'animer le travail de l'ensemble des structures engagées dans le suivi *in situ* sur son secteur géographique déterminé spécifiquement pour cette étude. Les animateurs s'appuient notamment sur la procédure de mise en œuvre du suivi *in situ*, rédigée par le Groupe National Public. Ils s'assurent de l'application du cadre fixé, vérifient la bonne saisie des données et envoient les résultats à Irstea sous forme de base de données.

Irstea coordonne ce programme de suivi *in situ* financé en partie par l'AFB, auquel participe également le Cerema, à la demande du Ministère en charge de la Transition écologique et de l'AMRF. Il structure, exploite et rédige l'analyse de la qualité des eaux usées traitées et de l'entretien des installations.

Tous les membres du GNP, hormis les propriétaires des installations, attestent par un écrit signé et non daté, de leur absence de lien d'intérêts commerciaux dans le domaine de l'assainissement non collectif.

La Figure 7 illustre l'historique de la participation des différents acteurs au prorata des visites effectuées pendant toute la durée de l'étude.

Le Département du Rhône, étant le pionnier du suivi *in situ*, comptabilise la part la plus importante des visites, jusqu'en 2013. Irstea participe, depuis 2012, à l'acquisition des données et intervient dans les départements du Rhône et de la Saône et Loire. Dès 2012, le Conseil Départemental du Calvados, ainsi que celui de la Mayenne, démarrent également le suivi d'installations. Au total, 147 visites sont comptabilisées pour cette année-là.

Depuis 2013, le nombre de visites n'a cessé d'augmenter, grâce à l'investissement progressif de douze nouveaux départements dans le programme. En 2014, l'Ascomade¹⁸ se lance et réalise des visites dans 4 départements : le Doubs, le Jura, la Haute-Saône et le Territoire de Belfort.

Le Cerema réalise, en 2016, des prélèvements dans les départements de l'Eure-et-Loir, l'Indre-et-Loire, la Meurthe-et-Moselle et le Territoire de Belfort.

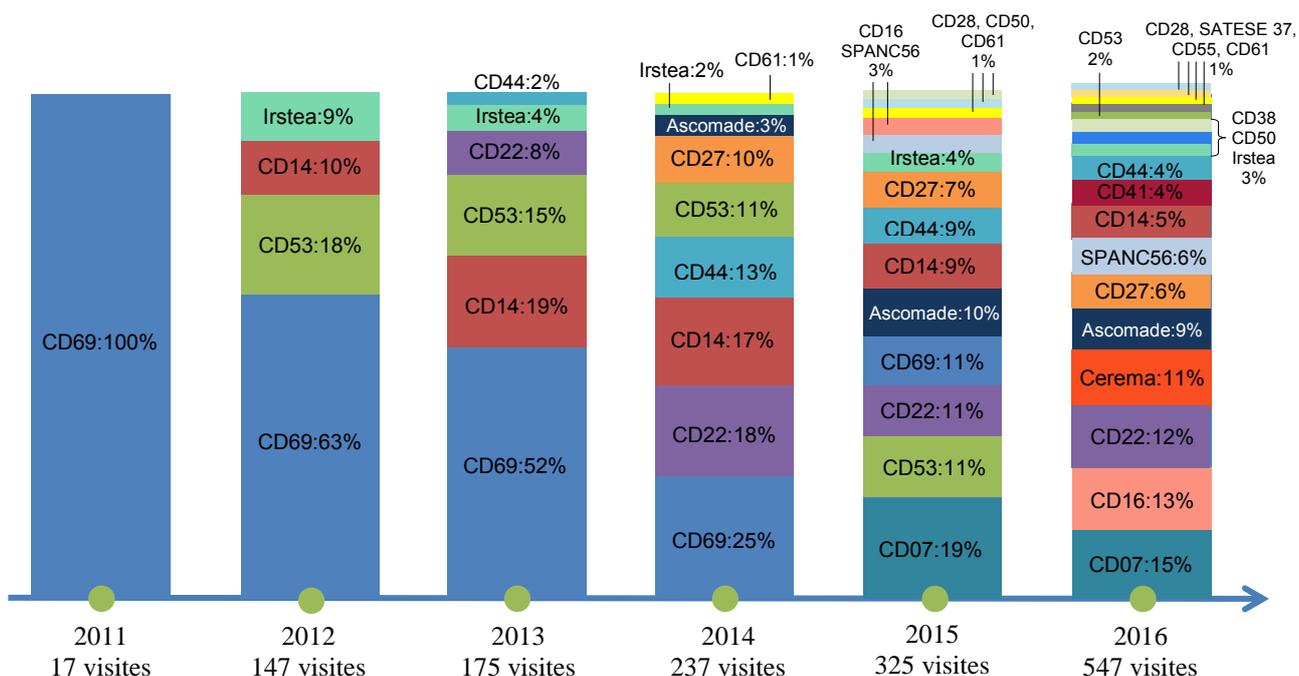


Figure 7 : Chronologie du nombre de visite par année et par acteur

Fin 2016, ce sont 19 acteurs :

- 15 Conseils Départementaux et SATESE : Ardèche, Calvados, Charente, Côtes-d'Armor, Eure, Eure-et-Loir, Indre et Loire, Isère, Loir-et-Cher, Loire-Atlantique, Manche, Mayenne, Meuse, Orne et Rhône,
- plusieurs SPANC,
- l'Ascomade,
- le Cerema et
- Irstea,

qui réalisent, au total, 1448 visites dans le cadre du suivi *in situ* public de l'ANC.

¹⁸ Ascomade = Association de Collectivités pour la Maîtrise des Déchets et de l'Environnement.

La Figure 8 permet de visualiser la participation des différents acteurs au prorata de la totalité des visites effectuées pendant la durée de l'étude.

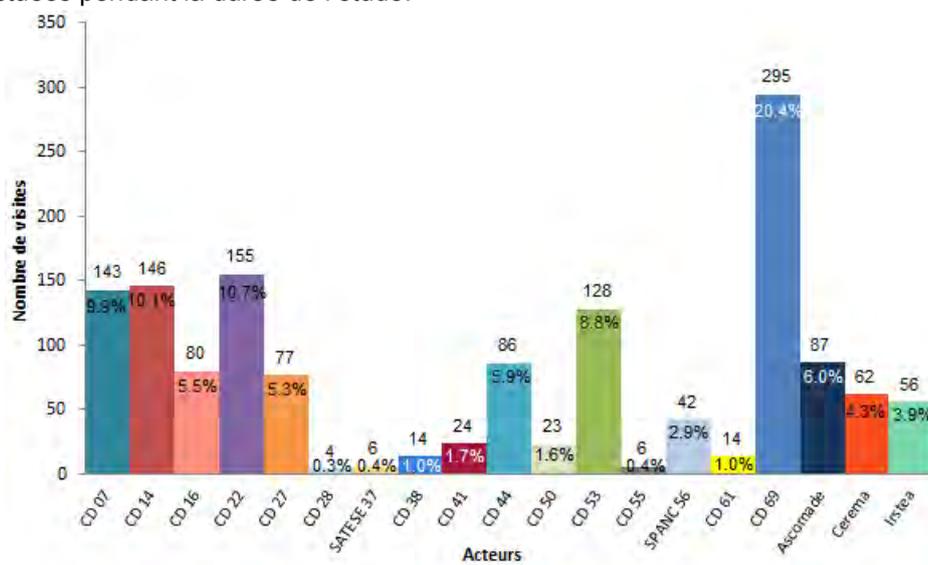


Figure 8 : Nombre de visites et pourcentages associés par acteur fin 2016

Le Conseil Départemental du Rhône (CD69) vient en tête avec près de 300 visites. Les Conseils Départementaux des Côtes-d'Armor (CD 22), du Calvados (CD14), de l'Ardèche (CD 07) et de la Mayenne (CD 53) ont réalisé plus de 125 visites chacun. L'Ascomade, le Conseil Départemental de Loire-Atlantique (CD 44), celui de la Charente (CD 16), celui de l'Eure (CD 27), le Cerema et Irstea ont réalisé chacun entre 50 à 90 visites. Sept conseils et syndicats départementaux : Loir-et-Cher (CD 41), Manche (CD 50), Orne (CD 61), Isère (CD 38), Meuse (CD 55), Indre et Loire (SATESE 37), Eure et Loire (CD 28) et plusieurs SPANC (SPANC 56) ont réalisé entre 4 et 42 visites chacun et totalisent ensemble environ 130 visites.

1.3.2. Les territoires

Fin 2016, le parc du suivi *in situ* comptabilise 246 installations réparties dans 22 départements. La Figure 9 représente le nombre d'installations suivies par département, ainsi que le pourcentage associé.

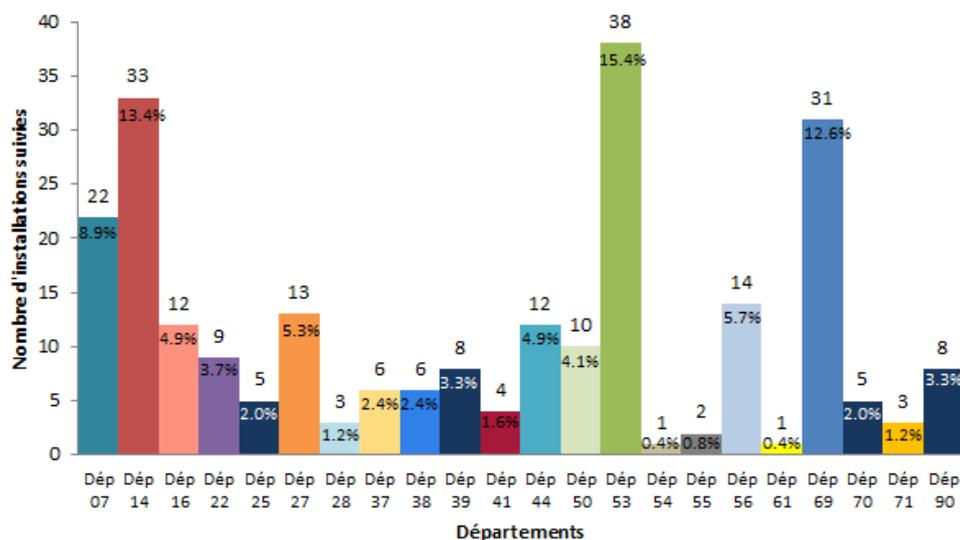


Figure 9 : Nombre d'installations suivies par département pendant l'étude et pourcentages associés

Les installations suivies se situent en majorité dans les départements du Calvados, de la Mayenne et du Rhône qui cumulent, à eux trois, plus de 40 % des installations visitées.

Dans les départements de l'Ardèche, de la Charente, de l'Eure, de la Loire-Atlantique, de la Manche et du Morbihan, le nombre d'installations suivies se situe entre 10 et 22.

Dans 13 départements, moins de 10 installations ont été suivies ; ils atteignent ensemble un effectif de 61 installations, soit presque 25 % du parc suivi.

1.3.3. Les installations suivies (techniques, dates de mise en service et capacités)

Le parc du suivi *in situ* comptabilise 246 installations, toutes familles confondues, sur les vingt-deux départements mentionnés précédemment. Les techniques suivies sont des filières « traditionnelles » ou des filières « agréées » avant le 31 décembre 2014. Ce sont toutes des techniques dont le rejet est en un point unique. Les filières non drainées sont exclues.

➤ Quelles techniques¹⁹ ?

La Figure 10 présente la répartition des différentes familles dans le suivi *in situ* ANC. La famille des « Cultures Fixées sur Support Fin (CFSF) » est majoritairement représentée et regroupe 45 % des installations suivies (110 installations), 34 % des installations (83 installations) sont des « Cultures Fixées Immergées (CFI) » et 21 % des installations (53 installations) sont des « Cultures Libres (CL) ».

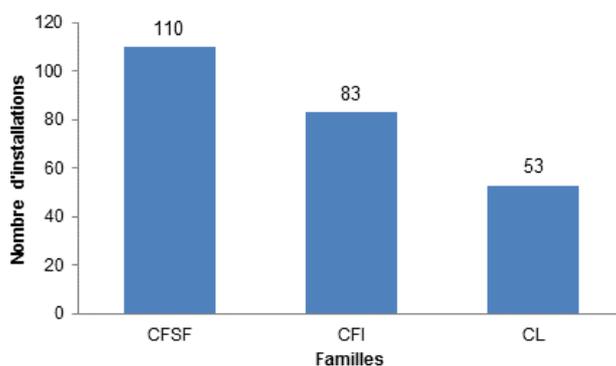


Figure 10 : Répartition des installations par famille de procédés

Les CFSF sont classées en 6 différentes filières, selon leur garnissage :

- les filtres garnis de sable,
- les filtres plantés de végétaux,
- les filtres à zéolithe,
- les filtres à copeaux de coco,
- les filtres à laine de roche,
- les filtres à écorces de pin.

Les CFI se distinguent entre elles par la mobilité ou non du support ; on parle de « lit fixe » pour les CFI avec support fixe et de « lit fluidisé » pour les CFI avec support mobile.

Un support est considéré comme mobile, lorsqu'il est réellement en mouvement dans la totalité de la cuve, pendant la phase d'aération. Le procédé par disques biologiques rotatifs relève d'une catégorie à part. Les CFI sont ainsi classées en 3 filières répondant respectivement aux 3 critères techniques :

- lit fixe,
- lit fluidisé,
- disques biologiques.

¹⁹ Ce classement en familles (ou filières) peut recouvrir des hétérogénéités dans les classes de qualité d'eaux usées traitées issues des filières et des dispositifs

Les CL sont classées en 4 filières répondant respectivement aux 4 critères techniques suivants :

- filière classique : décanteur primaire, réacteur biologique aéré, clarificateur dans des ouvrages séparés,
- filière classique sans décanteur primaire,
- filière classique avec traitement complémentaire,
- SBR : décanteur primaire, réacteur biologique aéré et clarificateur dans un ouvrage unique et en fonctionnement séquentiel.

Des schémas descriptifs des dispositifs suivis et répertoriés dans le Tableau 4 permettent de décrire chaque dispositif, selon ses caractéristiques techniques (Annexe 1).

Le Tableau 4 permet d'identifier le nombre d'installations et de visites selon les différentes familles, filières et dispositifs.

Tableau 4 : Nombre de visites et d'installations pour chaque dispositif suivi dans le cadre du suivi in situ

Familles	Filières	Dispositifs	Nombre de visites	Nombre d'installations
FAMILLE A Cultures Fixées sur Support Fin CFSF	Filtre garni de sable (a)	Aa1	132	22
		Aa2	7	2
		Aa3	44	2
	Filtre planté de végétaux (b)	Ab	146	19
	Filtre à zéolithe (c)	Ac1	44	11
		Ac2	121	19
	Filtre à copeaux de coco (d)	Ad1	34	7
		Ad2	90	10
	Filtre à laine de roche (e)	Ae1	40	10
		Ae2	70	7
	Filtre à écorces de pin (f)	Af	3	1
	FAMILLE B Cultures Fixées Immergées CFI	Lit fixe (a)	Ba1	37
Ba2			10	2
Ba3			52	9
Ba4			126	23
Ba5			6	2
Ba6			81	18
Ba7			16	5
Ba8			3	1
Ba9			45	8
Lit fluidisé (b)		Bb	14	4
Disques biologiques (c)	Bc	7	4	
Sans décanteur primaire (a)	Ca1	92	12	
	Ca2	3	1	

FAMILLE C	Filière classique (b)	Cb1	35	7
		Cb2	5	1
		Cb3	5	1
Cultures Libres	Traitement complémentaire (c)	Cc	26	3
CL	SBR (d)	Cd1	43	8
		Cd2	84	12
		Cd3	16	3
		Cd4	4	3
		Cd5	4	1
		Cd6	3	1

➤ **Quand ces techniques ont-elles été installées ?**

La Figure 11 représente l'effectif des installations suivies, en fonction de leur date de mise en service. La majorité des installations suivies a été mise en service entre 2011 et 2014, suite aux nouvelles dispositions définissant plus clairement la nécessité de réhabilitation des ouvrages (Arrêté du 27 avril 2012 relatif aux modalités de l'exécution de la mission de contrôle des installations d'ANC). En 2017, l'âge des installations suivies varie de moins d'un an (3 installations) à plus de dix ans (5 installations). Les filières les plus anciennes sont des filières « traditionnelles ».

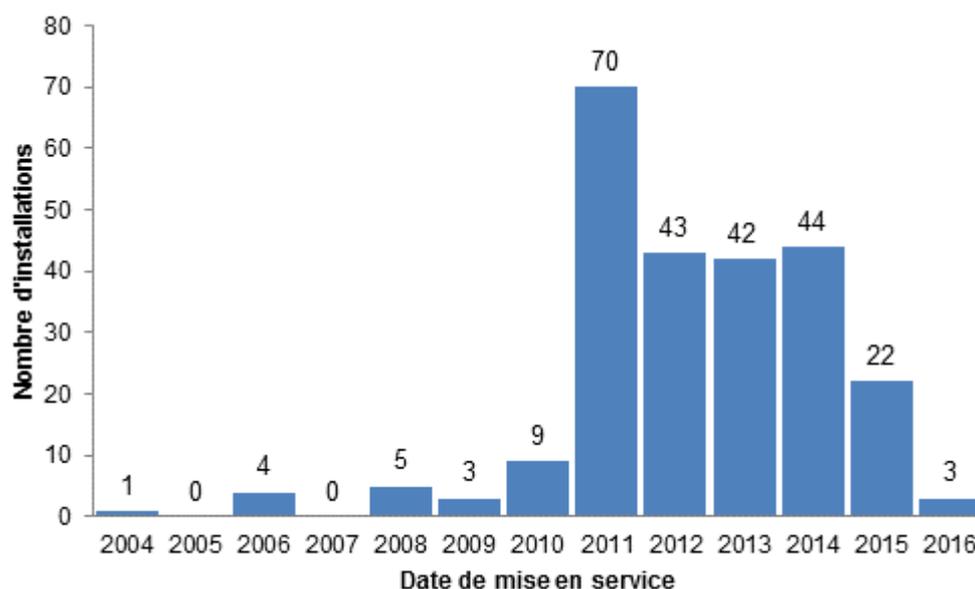


Figure 11 : Date de mise en service des installations suivies

La Figure 12 représente l'âge des installations lors de la visite.

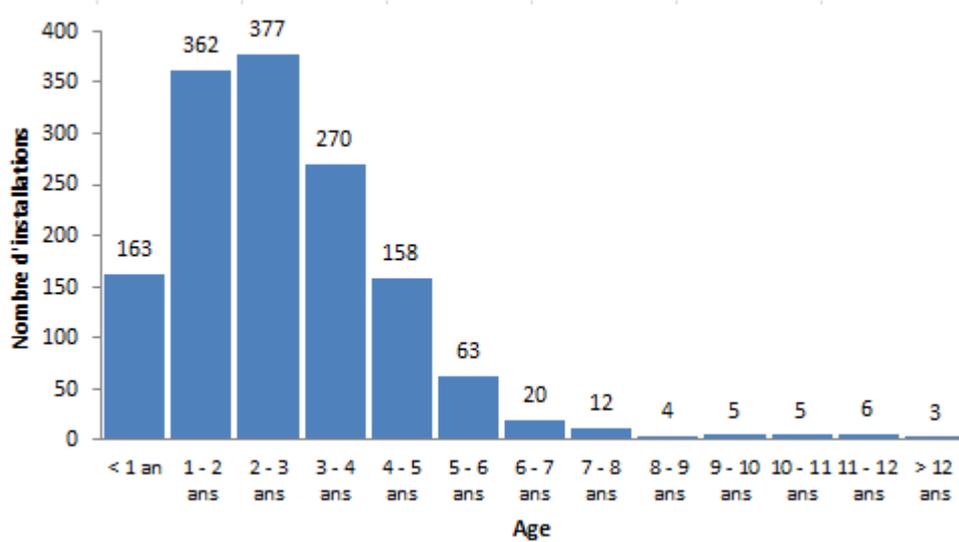


Figure 12 : Age des installations lors de la visite

La majorité des installations ont entre 1 et 4 ans lors de la visite et près de 90 % des installations ont moins de 5 ans lors des visites. Seulement 3 installations ont plus de 12 ans lors du prélèvement. Le parc suivi est relativement jeune.

➤ **Quelles sont les capacités de ces installations ?**

La capacité nominale des installations d'assainissement non collectif se calcule sur la base du nombre de pièces principales de l'habitation, transformé en nombre d'Equivalents-Habitants (arrêté du 7 mars 2012).

Une pièce principale, pièce de séjour et de sommeil, correspond à 1 EH c'est-à-dire, par définition, à une charge de pollution organique journalière de 60 g de DBO₅ (Directive européenne relative au traitement des eaux urbaines résiduaires, 1991).

La Figure 13 présente, pour chaque capacité nominale, l'effectif des installations suivies dans le cadre de cette étude.

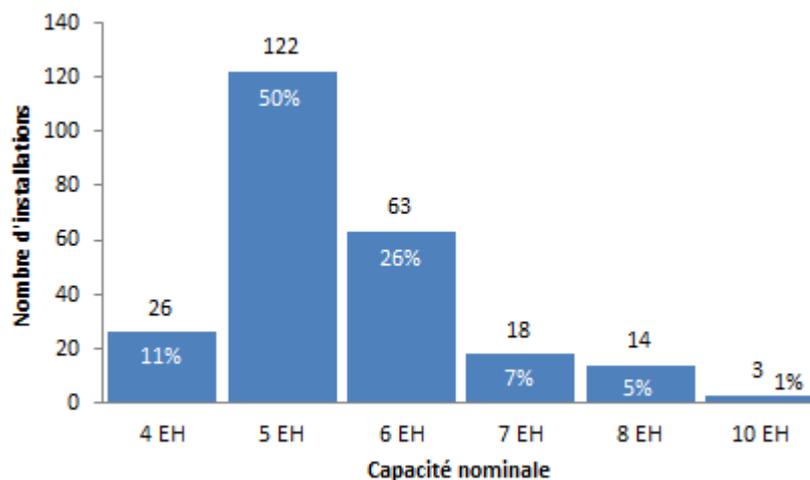


Figure 13 : Capacités nominales des installations suivies

La majorité des installations, soit un peu plus de 80 %, possède une capacité nominale comprise entre 4 et 6 EH ; la moitié des installations a une capacité de 5 EH. Cette gamme de capacité de traitement (en EH) est le reflet fidèle de la taille moyenne des habitations individuelles évaluée à 4,8 pièces principales en 2006 par l'Insee (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/1281267>).

Les habitations suivies sont essentiellement unifamiliales. Quelques rares rejets issus d'habitations regroupées ont été étudiés.

Il s'agit d'installations raccordées à :

- 2 ou 3 habitations principales occupées toute l'année,
- 1 habitation et 1 gîte touristique occupé toute l'année.

2. Méthodologie

2.1. Recueil des données

2.1.1. Méthodologie de recherche d'installations

La recherche des installations et la prise de contact avec les propriétaires ont été réalisées par les Conseils Départementaux (CD), les SPANC ou le Cerema.

Les partenaires de l'étude (CD ou SPANC selon les territoires) ont fait un recensement des installations, qui a permis de préciser la typologie de la résidence, la capacité nominale du dispositif et le nombre d'occupants d'un logement. Ce recensement a permis d'identifier les différents dispositifs installés sur leur territoire.

Parmi cette liste d'installations, seules celles répondant aux critères mentionnés par le GNP (cf. Chapitre 1.1) ont été retenues. Dans un deuxième temps, les propriétaires ont été contactés pour leur expliquer la démarche. En présence du propriétaire et de l'agent préleveur, une première visite de l'installation est organisée afin :

- d'accompagner les agents préleveurs pour les former,
- de vérifier l'accessibilité du rejet pour le prélèvement,
- d'identifier le point de prélèvement,
- de signer la convention d'engagement des particuliers.

2.1.2. Fiches descriptives et fiches de visite-prélèvement

Des documents de description des installations et de leurs visites, adaptés à toutes les filières, ainsi qu'un protocole de prélèvements ont été élaborés par le Groupe National Public et servent de base à la méthodologie commune partagée par tous les acteurs. Un exemple de fiche descriptive de la famille Cultures Fixées sur Support Fin, ainsi que la fiche de visite-prélèvement de cette même famille sont disponibles respectivement en Annexes 2 et 3.

➤ **Les fiches descriptives**

Chaque installation possède une fiche descriptive qui renseigne les caractéristiques techniques et nominales de l'installation. Cette fiche précise également l'occupation de l'habitation et les pratiques de ses habitants.

Il existe trois types de fiches descriptives, une par famille, qui présentent la même trame et se décomposent en trois parties :

- la partie « Renseignements généraux » précise la date de mise en service de l'installation et sa capacité nominale ;
- une deuxième partie « Caractéristiques de l'habitation et de ses habitants » identifie le nombre d'habitants et le détail de leur activité. Ces éléments permettent d'évaluer les charges polluantes reçues par l'installation. Le calcul du taux de charge estimé obtenu à partir de ces informations est détaillé dans le Chapitre 2.4 et en Annexe 4 ;
- la troisième partie « Caractéristiques techniques de la filière » est spécifique à chaque famille. Elle décrit l'installation, notamment la nature du prétraitement et du traitement, ses éléments constitutifs, ainsi que leurs dimensionnements.

Cette fiche indique également le mode d'évacuation des eaux usées traitées et la position précise du point de prélèvement.

➤ Les fiches de visite et de prélèvement

Lors de chaque visite, l'agent préleveur renseigne une fiche de visite et de prélèvement, qui décrit l'état de fonctionnement de l'installation au moment de la visite. Il existe trois fiches de visite et de prélèvement, adaptées aux trois familles de traitement.

Ces fiches sont construites à partir de questions et réponses fermées, avec la possibilité de mentionner des commentaires libres pour compléter les observations faites sur le terrain par l'agent préleveur. Les questions et réponses fermées ont pour but de réduire la subjectivité de l'agent mais aussi du particulier et de faciliter la validation des données.

Les fiches décrivent le contexte du prélèvement (date, heure, position du point de prélèvement, mode de prélèvement, volume prélevé, météorologie,...) et l'aspect de l'échantillon. Des premiers tests terrain peuvent être réalisés afin de relever le pH, la température, la hauteur de boues dans la fosse toutes eaux ou le décanteur primaire et d'estimer les concentrations des formes de l'azote (NH_4^+ , NO_3^-) grâce à des tests bandelettes.

L'état visuel et technique de l'installation est décrit dans les fiches, en distinguant le traitement primaire, du traitement secondaire et l'évacuation des eaux.

La partie « Questions à l'usager », commune à toutes les fiches, permet d'évaluer les charges entrantes au moment du prélèvement et la veille de la visite (nombre d'occupants).

La partie « Entretien » répertorie les dernières visites et opérations d'entretien effectuées avant la visite de l'agent préleveur et indique si le propriétaire possède un contrat d'entretien ou non.

L'universalité des fiches descriptives et des fiches de visite-prélèvement permet d'uniformiser le recueil des données pour une utilisation à vocation nationale.

Toutes les informations recueillies sur les fiches sont saisies par l'agent préleveur ou le Conseil Départemental dans des feuilles de calcul standardisées à l'échelle nationale et établies par famille. Ces feuilles sont ensuite complétées des résultats des analyses chimiques réalisées sur les prélèvements.

Une installation peut être visitée plusieurs fois par semaine ou par an, selon le mode de prélèvement choisi. Une visite correspond à une ligne du tableau de la feuille de calcul.

Les feuilles de calcul sont envoyées aux animateurs de secteur, afin qu'ils s'assurent de la bonne saisie des données départementales avant envoi à Irstea. Irstea regroupe les données dans une base nationale unique. Il valide les données et, en cas de doute sur la donnée, prend contact avec les animateurs qui relayent si besoin auprès des Conseils Départementaux et/ou des agents préleveurs.

2.1.3. Méthodes de prélèvement des eaux usées traitées

Pour déterminer la qualité physico-chimique des eaux usées traitées par les installations d'ANC, deux méthodes de prélèvement ont été mises en œuvre dans le cadre de ce suivi national :

- le prélèvement ponctuel : il consiste à prélever un échantillon directement au niveau du point de prélèvement à un instant déterminé de la journée. Cette méthode peut s'avérer longue sur les filières extensives, du fait des débits très faibles induits par des écoulements lissés dans le temps. La mise en place d'un réservoir de faible capacité quelques heures auparavant est possible. Dans ce cas, le réservoir est homogénéisé avant prélèvement afin que les matières en suspension ayant décanté au fond du réservoir soient bien prélevées.

Les prélèvements ponctuels sont faciles à réaliser, car ils nécessitent peu de matériel spécifique. Par contre, ils ne caractérisent le rejet qu'à un instant donné ;

- le bilan 24 heures (B24h) : il consiste à prélever un échantillon moyen pendant une période de 24 heures consécutives, à l'aide d'un préleveur automatique isotherme ou réfrigéré, et asservi au temps le plus souvent (ou au débit lorsque cela est possible). Le préleveur est programmé pour effectuer un minimum de 100 prélèvements de 50 ml chacun durant 24 heures. La réalisation des bilans 24 heures est techniquement complexe, mais ce type de prélèvement intégratif permet de représenter le fonctionnement de l'installation sur une journée.

Le prélèvement est généralement conduit à l'extrémité de la canalisation d'évacuation des eaux usées traitées, sauf si le constructeur mentionne un lieu de prélèvement autre, dédié. Quel qu'il soit, le lieu de prélèvement (boîte de prélèvement, canalisation,...) est préalablement nettoyé par l'agent préleveur.

2.1.4. Analyse chimique des prélèvements d'eaux usées traitées

Une fois le prélèvement réalisé chez le propriétaire, le ou les flacons sont acheminés, dans les plus brefs délais, en conditions réfrigérées, vers les laboratoires d'analyses, disposant d'une accréditation Cofrac ou justifiant d'un référentiel qualité équivalent, en application de la norme NF EN ISO/CEI 17025 et de la documentation du Cofrac associée aux analyses physico-chimiques des eaux. Dix-huit laboratoires différents (du Cerema, d'Irstea et des Conseils Départementaux) ont analysé les prélèvements réalisés. Les laboratoires peuvent utiliser une méthode d'analyse, des appareils de mesure ou des réactifs différents. L'Annexe 5 liste pour chaque laboratoire et pour chaque paramètre, la référence normative de la méthode d'analyse utilisée et la limite de quantification associée.

Depuis 2013, les paramètres analysés, a minima, en laboratoire sont :

- MES : Matières En Suspension en mg/L,
- DCO : Demande Chimique en Oxygène en mgO_2/L ,
- NK : Azote Kjeldhal en mgN/L,
- N-NH_4^+ : Azote ammoniacal en mgN/L,
- N-NO_3^- : Azote nitrique en mgN/L.

La pollution particulaire est quantifiée par la concentration en MES dans l'échantillon, la pollution carbonée (formes dissoute et particulaire) par les concentrations en DCO et la pollution azotée par les concentrations en NK (formes dissoute + particulaire), N-NH_4^+ (forme dissoute) et N-NO_3^- (forme dissoute). Les nitrates correspondent à une forme oxydée de l'azote, alors que l'ion ammonium et NK représentent des formes réduites de l'azote.

Au début du programme de suivi et sur certains territoires, l'analyse des formes azotées se limitait au paramètre N-NO_3^- . Les exigences d'analyser le paramètre NK, puis le paramètre N-NH_4^+ sont arrivées dans un second temps.

Plusieurs acteurs ont réalisé des analyses de la DBO_5 (Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours exprimée en mgO_2/L), en plus des paramètres à analyser a minima. Ce paramètre caractéristique de la pollution carbonée, lorsqu'il est disponible fait partie des variables interprétées.

2.2. Validation des données

Depuis 2011, 1448 visites ont été réalisées. Le recueil de données porte sur :

- 731 visites de la famille des Cultures Fixées sur Support Fin,
- 397 visites de la famille des Cultures Fixées Immergées,
- 320 visites de la famille des Cultures Libres.

2.2.1. Visites et prélèvements

Pour rappel, une visite constitue l'action de se rendre sur le site de l'installation, afin d'y réaliser un prélèvement des eaux usées traitées. Toutefois, il arrive que le prélèvement n'ait pas lieu en absence de rejet d'eau usée traitée, c'est pourquoi il peut y avoir un décalage entre le nombre de visites et de prélèvements.

Un prélèvement est l'action de prélever, de transporter, de conserver et d'analyser en laboratoire un échantillon et d'obtenir des valeurs chiffrées (concentrations).

Le Tableau 5 regroupe le nombre d'installations suivies, ainsi que le nombre de visites et de prélèvements réalisés par famille.

Tableau 5 : Nombre d'installations, de visites et de prélèvements par famille

Famille	CFSF	CFI	CL	TOTAL
Installations	110	83	53	246
Visites	731	397	320	1448
Prélèvements	704	396	307	1407
Nombre de prélèvements / installation [min-max]	[1 - 42]	[1 - 14]	[1 - 28]	

L'une des installations de la famille des CFSF a fait l'objet du plus grand nombre de prélèvements réalisés en bilans 24h pendant 7 jours consécutifs (42), soit 6 % du nombre de prélèvements dans cette famille. Dans la famille des CL, ce nombre maximum de prélèvements par installation est de 28 soit 9 % du nombre de prélèvement des CL. Il atteint 14 pour la famille des CFI soit 1 % du nombre total de prélèvement de cette famille.

Au total, du fait de l'absence d'écoulement, 41 prélèvements n'ont pas pu être effectués, ce qui représente près de 3 % des visites réalisées.

2.2.2. Identification des prélèvements non validés

Lors de la phase de validation des données, quatre situations de prélèvements non validés ont été répertoriées :

- non-respect des critères de choix de l'installation,
- absence de fiche de visite renseignée,
- problème lors du prélèvement,
- problème dans la chaîne de mesures analytiques.

i. Les installations ne répondant pas aux critères de choix, mentionnés au Chapitre 1.1 sont au nombre de sept :

- 3 installations sont raccordées à des habitations secondaires non occupées toute l'année,
- 2 installations sont non conformes à la réglementation en vigueur,
- 1 installation est un dispositif Cd6 qui a obtenu son agrément après décembre 2014.

Après suppression de ces 6 installations, 240 installations répondent aux critères imposés. Avec la suppression du dispositif Cd6 agréé après le 31 décembre 2014, le nombre total de dispositifs suivis est de 33.

ii. L'absence des fiches de visite entraîne l'invalidité de la donnée. En effet, la fiche de visite renseigne sur les conditions de prélèvement et les éventuelles modifications ou contraintes survenues lors du prélèvement ; sans cette fiche, la donnée ne peut être interprétée correctement.

Pour ces deux cas i) et ii), la totalité de la donnée, qu'elle soit chiffrée (résultats analytiques) ou commentée (données saisies sur la fiche de visite et de prélèvement), est supprimée.

iii. La suppression de données du fait de problèmes lors du prélèvement correspond à au moins l'une des trois situations suivantes :

- le point de prélèvement n'est pas le point habituel défini au préalable dans la fiche de visite, c'est-à-dire soit en sortie du dispositif de traitement (au niveau du fossé, en sortie du filtre pour les CFSF ou du clarificateur pour les CL et les CFI), soit dans la boîte de prélèvements prévue par le constructeur ;
- le prélèvement du rejet est dilué, en temps de pluie, par de l'eau pluviale, car les canalisations d'eaux pluviales et de rejet de l'installation d'ANC débouchent dans le même regard ou exutoire ;
- le prélèvement semble contaminé par la présence des dépôts dans les regards de visite ou canalisations, et ce, malgré les précautions de nettoyage préalable.

Pour ce cas iii), la donnée chiffrée (données analytiques) est supprimée, mais la donnée commentée est conservée.

iv. Les difficultés relatives à la chaîne de mesures analytiques correspondent à :

- des temps de transport trop longs par rapport aux exigences qualité,
- des temps de conservation au laboratoire trop longs par rapport aux exigences qualité,
- des résultats d'analyse incohérents.

Un résultat est jugé incohérent en cas de doute sur la ou les valeurs, en raison d'une, i) suspicion d'une absence d'homogénéisation du prélèvement, ii) suspicion d'inversion entre deux valeurs, iii) suspicion d'expression de la concentration en nitrate (ou en ammonium) plutôt qu'en azote nitrique (ou en azote ammoniacal).

Si, en intégrant les incertitudes de mesure fournies par le laboratoire, la concentration en azote ammoniacal est supérieure à celle de l'azote Kjeldhal, les deux concentrations sont supprimées.

Pour ce cas iv), les données commentées sont conservées et les données chiffrées (données analytiques) supprimées dans leur globalité, sauf dans le cas des erreurs liées aux paramètres azotés, où seules ces dernières sont supprimées.

Le Tableau 6 mentionne l'origine de la suppression des données, après l'analyse des commentaires et des paramètres chimiques pour l'ensemble des 1407 prélèvements. Les situations ii), iii), et iv) conduisent ensemble à supprimer 9 installations.

Tableau 6 : Origine de l'absence de validation des données par famille parmi 1407 prélèvements

		CFSF	CFI	CL	TOTAL
Non-respect des critères de choix des installations	nombre	14	0	10	24
	%	1,0 %		0,7 %	1,7 %
Absence de fiche de visite renseignée	nombre	0	0	8	8
	%			0,6 %	0,6 %
Problème lors du prélèvement	nombre	73	6	2	81
	%	5,2 %	0,4 %	0,1 %	5,7 %
Chaîne de mesures analytiques	nombre	5	2	1	8
	%	0,4 %	0,1 %	0,1 %	0,6 %

Au total, 121 prélèvements non validés ont été supprimés soit 8,6 % des données.

Ainsi, en tenant compte de l'absence de prélèvement et des prélèvements non validés, 88,8 % des visites génèrent le jeu de données qui constitue la base de l'analyse qui suit.

Le Tableau 7 distingue par famille le nombre d'installations conformes, de visites réalisées, de prélèvements réalisés et de prélèvements validés.

Tableau 7 : Nombre d'installations, visites et prélèvements par familles et ensemble

En nombre		CFSF	CFI	CL	TOTAL
Installations conformes		98	83	50	231
Visites		731	397	320	1448
Prélèvements	totaux	704	396	307	1407
	validés	612	388	286	1286

Le jeu de données validées concerne donc 231 installations et 1286 prélèvements.

2.2.3. Harmonisation des données analytiques par rapport aux limites de quantification

Une partie des données analytiques (données chiffrées) a dû être homogénéisée : il s'agit des limites de quantification (LQ) fournies par les différents laboratoires d'analyse. La LQ indique le seuil en dessous duquel la grandeur mesurée n'est plus quantifiable.

Pour tous les paramètres (DCO, MES, DBO₅, NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻), il a été décidé d'harmoniser les valeurs basses. Effectivement, chaque laboratoire annonce les LQ propres à sa méthodologie analytique, et ce pour chaque paramètre ; de ce fait, les LQ peuvent différer entre laboratoires. Pour le traitement des données recueillies, une unique LQ par paramètre est retenue et correspond à la LQ la plus haute, tous laboratoires confondus. Les valeurs inférieures à cette LQ la plus haute sont donc toutes modifiées. Par exemple, pour les MES, la LQ la plus haute, tous laboratoires confondus, est 2,0 mg/L. Toutes les données inférieures à 2,0 mg/L sont donc relevées à cette valeur.

Le Tableau 8 présente les LQ retenues pour les six paramètres analytiques étudiés et l'annexe 5 présente les différentes LQ pour chacun des 6 paramètres analysés par les 18 laboratoires.

Tableau 8 : Limites de quantification retenues

Paramètres	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Unité	mg/L	mgO ₂ /L		mgN/L		
Limite de quantification (LQ)	2	30	5	1	1	0,68

Le nombre de données harmonisées par famille et par paramètres est répertorié dans le Tableau 9. Ce nombre comprend non seulement les valeurs modifiées mais aussi celles exprimées par le laboratoire sous la forme : < LQ modifiées en la valeur LQ.

Tableau 9 : Nombre de données harmonisées

Paramètres		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Nombre de données	harmonisées à la LQ la plus haute	68	93	248	27	308	183
	total	1279	1281	709	1040	1197	1269
Taux d'harmonisation en %		5 %	7 %	35 %	3 %	26 %	14 %

Le taux d'harmonisation est variable selon les paramètres. Ce sont les paramètres DBO₅ et N-NH₄⁺ qui sont les plus concernés par cette harmonisation. Effectivement, seul un faible nombre de laboratoire utilise les hautes LQ retenues pour l'harmonisation de ces deux paramètres (2 laboratoires sur 11 pour la DBO₅ et 3 sur 18 pour le N-NH₄⁺).

2.2.4. Données commentées

Les données commentées recueillies lors des visites sont très nombreuses. Il s'agit d'éléments descriptifs cochés, commentés ou datés, renseignés dans les fiches de visite, à l'occasion des prélèvements d'eau usée traitée (cf. Annexe 3). Seules les données commentées en lien avec l'entretien de l'installation sont analysées dans cette étude.

Les données commentées désignent les opérations d'entretien réalisées sur les installations suivies. Suite à une lecture attentive des commentaires, ces opérations ont été classées, manuellement, en trois catégories :

- Les opérations d'entretien « curatif » : ce sont des opérations réalisées de façon obligatoire pour éviter les nuisances. Ces opérations regroupent des opérations de réparation, de remplacement de matériel (y compris le média filtrant), de réglages, d'adaptations et de modifications pour assurer le bon fonctionnement des ouvrages,...
- Les opérations d'entretien « courant » : ce sont des opérations de nettoyage, de surveillance avec ou sans intervention spécifique sur les ouvrages.
- Les opérations de vidange : ces opérations consistent à extraire des sous-produits issus du traitement, dont les qualificatifs diffèrent selon les dispositifs. On parle :
 - de boues pour des dispositifs de la famille des CFI et des CL.
 - de matières de vidange, lorsque les sous-produits sont extraits de fosses toutes eaux.
 - de dépôt de surface pour les boues déposées en surface du 1er étage de filtres plantés.

Les opérations d'entretien « courant » qui sont souvent des opérations de nettoyage, de surveillance avec ou sans intervention spécifique sur l'installation, n'ont pas été intégrées dans le traitement des données commentées.

En effet, l'information recueillie sur l'entretien « courant » lors des visites est peu fournie et ne permet pas d'analyser l'entretien « courant » réalisé sur les installations suivies. Le traitement des données ne concerne que les opérations curatives et les opérations de vidange.

➤ Méthodologie de validation

L'analyse des données commentées est réalisée par installation, c'est-à-dire que toutes les opérations d'entretien répertoriées dans les fiches lors de chaque visite sont ajoutées pour n'obtenir qu'une information par installation.

Une installation aura donc deux informations :

- le nombre d'opérations d'entretien « curatif » réalisées,
- le nombre de vidanges réalisées sur l'installation.

Le nombre d'opération est transformé en une fréquence en la rapportant à une unité de temps définie. Cette dernière correspond à la période complète et continue depuis la date de mise en service de l'installation jusqu'à la dernière visite du suivi pour laquelle on dispose d'une information sur l'opération.

Il est donc nécessaire de s'assurer de disposer de la totalité des informations liées aux opérations sur une période donnée.

En général, les installations ne sont pas suivies depuis leur date de mise en service. Dans ce cas, deux situations sont possibles :

- Les informations présentes dans la base mentionnent les opérations d'entretien réalisées avant le suivi *in situ* : toutes les informations recueillies sont alors conservées²⁰.
- Les opérations d'entretien antérieures au suivi ne sont pas connues : l'hypothèse est faite que sur cette période antérieure, aucune opération n'a été réalisée, la totalité de la période est ainsi retenue.

Il arrive également que certaines informations soient manquantes sur une période donnée. Dans ce cas, les commentaires postérieurs à cette période sont supprimés et l'analyse ne porte que sur le début du suivi de cette installation. La période d'analyse s'arrête à l'âge de l'installation au moment de la visite pour laquelle les informations sont disponibles. Ces périodes peuvent donc être différentes entre les deux types d'opérations. Elles sont éventuellement différentes de l'âge de l'installation en fin de suivi.

Le Tableau 10 explique à l'aide d'un exemple, comment la période de suivi est calculée dans les cas particuliers où des informations sont manquantes. L'installation a eu une première vidange en janvier 2013 puis une deuxième vidange en juillet 2014. Malheureusement, entre ces deux dates, le questionnaire est non renseigné (na).

De ce fait, seule la première vidange de janvier 2013 est conservée, elle s'applique à une période de 2 ans.

Tableau 10 : Exemple de calcul de la période de suivi de l'entretien d'une installation

Informations recueillies				Informations conservées
mise en service	date	visite	vidange	
		opération	date	
01/01/2010	01/01/2013	oui	01/01/2012	oui
	01/07/2013	na ²¹		non
	01/01/2014			
	01/07/2014	oui	01/06/2014	

²⁰ Cette hypothèse minimise le nombre d'opérations d'entretien.

²¹ Na = non renseigné c'est-à-dire absence d'information. C'est différent de l'absence d'opération, qui est comptabilisée.

Le Tableau 11 renseigne le nombre d'installation pour lesquelles les informations relatives, soit à l'entretien « curatif », soit à la vidange sont connues. Les opérations de vidange, plus facilement identifiables que les opérations d'entretien « curatif », sont davantage renseignées d'où la différence de nombre d'installation pour ces deux catégories.

Tableau 11 : Nombre d'installations analysées pour l'entretien « curatif » et la vidange

		Entretien « curatif »	Vidange
nombre d'installation dont l'information	est connue	183	219
	n'est pas connue	56	20

L'analyse de l'entretien « curatif » est réalisée sur 183 installations et l'analyse de la vidange sur 219 installations, toutes familles confondues.

2.3. Hétérogénéité des données analytiques : modes d'acquisition, dispositifs d'épuration et nombre de prélèvements

Les données analytiques répertoriées dans la base obtenues lors des 1286 prélèvements validés sont très hétérogènes. Cette hétérogénéité résulte des modes de prélèvements différents, des dispositifs d'épuration différents et du nombre variable de visites réalisées par installation.

2.3.1. Modes d'acquisition des données analytiques

La base est renseignée à partir de deux types de prélèvements : les prélèvements ponctuels et les bilans 24 heures. La base de données contient 508 bilans 24 heures et 778 prélèvements ponctuels. Pour chaque paramètre chimique, le nombre de données par type de prélèvement est disponible en annexe 5. Les données acquises lors des prélèvements ponctuels sont le reflet de la situation instantanée de l'installation de traitement. Les prélèvements pendant 24 heures consécutives sont le reflet d'une situation moyennée à la journée et intègrent donc des épisodes de qualité de rejets variables au cours d'une même journée. Ces deux types de prélèvements n'apportent donc pas la même information sur le fonctionnement des installations. Ils peuvent avoir une incidence sur les résultats des analyses.

2.3.2. Dispositifs d'épuration

Les trois familles de traitement sont étudiées dans le suivi *in situ*. Les 33 dispositifs de traitement des eaux suivis sont regroupés en 13 filières qui diffèrent notamment selon le matériau de support pour les CFSF, la mobilité du support bactérien pour les CFI ou le nombre de cuves pour les CL.

La famille CFSF représente presque la moitié des prélèvements validés (48 %) alors que les familles CFI et CL sont moins bien représentées et, représentent respectivement 30 % et 22 %. L'Annexe 7 visualise sous forme de pavés, la proportion de prélèvements validés par familles, filières et dispositifs par rapport aux 1286 prélèvements validés.

Par rapport au nombre d'installations suivies, les familles CFSF et CFI sont presque de taille équivalente et les plus représentées : 42 % pour la famille CFSF et 36 % pour la famille CFI. Le taux de représentation de la famille CL s'établit à 22 %. L'Annexe 8 visualise sous forme de pavés, la proportion d'installations suivies par familles, filières et dispositifs par rapport aux 231 installations suivies.

2.3.3. Nombre de prélèvements par installations

Le nombre de prélèvements réalisés par installation varie selon les campagnes organisées dans les différents départements et le type de prélèvement (bilan 24 heures ou prélèvement ponctuel). Ce nombre varie de 1 à 41 prélèvements pour une même installation. L'analyse d'un certain nombre de prélèvements effectués sur une installation unique n'aura pas la même signification que celle de ce même nombre de prélèvements effectués sur plusieurs installations.

L'analyse des données est ainsi également conduite par installation. Ce travail est présenté en Annexe 11.

2.4. Estimation de la charge organique à traiter (DCO)

Le taux de charge organique fait partie des variables explicatives de la qualité des eaux usées traitées : le taux de charge est en effet le reflet du degré de sollicitation du dispositif. A titre d'exemple, si une installation reçoit une charge de pollution supérieure à la capacité nominale du dispositif, on peut s'attendre à obtenir une qualité de traitement dégradée. Sachant qu'aucun prélèvement d'eaux usées brutes, ni de mesure de débits n'ont été réalisés à l'entrée des installations, on doit donc essayer d'évaluer le plus précisément possible la pollution entrante. La charge réelle est ainsi estimée à partir d'une méthodologie décrite en Annexe 4.

Il est fait le choix d'estimer une charge moyenne annuelle par habitation pour la matière organique caractérisée par le paramètre DCO. Cette charge va varier en fonction :

- du nombre et du type (enfant/adulte) de personnes vivant ou ayant une activité au sein de l'habitation,
- de l'activité de ces personnes.

Les notions de capacité nominale, taux de charge théorique et taux de charge estimé sont rappelés dans le glossaire.

De très nombreuses situations liées aux activités des personnes du domicile (Tableau 12) vont faire varier la pollution à traiter par l'installation de l'habitation.

Pour une personne retraitée, il a été considéré que l'ensemble des eaux usées sont émises au sein de l'habitation. Cette charge émise constitue la référence, parfois dénommée « standard » dans ce texte. Par contre, pour les adultes ayant une activité professionnelle, la période d'activité à l'extérieur du domicile conduit à diminuer la pollution émise dans l'habitation. Il en est de même pour l'activité scolaire des enfants avec une réduction de pollution émise variable selon qu'ils sont externes, demi-pensionnaires ou internes.

Il existe quelques rares cas où la pollution émise au sein de l'habitation est accrue :

- du fait d'une activité professionnelle à domicile salissante (par exemple, agriculteur),
- du fait d'une activité induisant un retour périodique à domicile d'une personne supplémentaire (enfant interne) avec des tâches ménagères plus fortes sur cette période.

Par ailleurs, certaines habitations sont le lieu d'une activité professionnelle conduisant à une présence humaine supplémentaire :

- activité agricole avec des ouvriers agricoles saisonniers,
- activité touristique avec des hôtes à domicile,
- activité d'assistante maternelle avec de très jeunes enfants à domicile.

Tableau 12 : Activités des personnes générant les eaux usées à traiter par l'installation de l'habitation

Activités dans une famille engendrant des pollutions différentes		
Adulte		retraité
		travaillant à l'extérieur
		avec activité professionnelle salissante à domicile (ex : agriculteur)
Enfant	> 12 ans	externe
		en demi-pension
		interne
	< 12 ans	externe
		en demi-pension
Activités supplémentaires dans l'habitation		
Adulte supplémentaire		employé travaillant au domicile (ex : ouvrier agricole)
		client touristique (ex : gîte, maison d'hôte)
Enfant supplémentaire	< 12 ans	en accueil dans l'habitation (ex : activité d'assistante maternelle à domicile)

Pour chacune de ces situations, il s'agit d'évaluer la charge de pollution moyenne annuelle et ce, pour la matière organique caractérisée par le paramètre DCO.

Pour réaliser cette évaluation, les paramètres suivant sont déterminés :

j_s : le nombre total annuel de jours de présence « standard » au domicile,
 ch_s : la charge de pollution « standard » journalière émise dans l'habitation par type de personne (adulte, enfant de plus de 12 ans, enfant de moins de 12 ans),
 j_a : le nombre total annuel de jours de chaque activité,
 ch_a : la charge de pollution journalière émise dans l'habitation pour chaque situation énoncée au Tableau 12.

Par définition :

- un jour de présence « standard » à domicile est un jour complet passé au domicile (ex : WE, jour non travaillé, jour non scolarisé),
- une charge de pollution « standard » journalière est la pollution émise dans l'habitation par personne, un jour de présence « standard » à domicile.

Pour déterminer la charge journalière organique moyenne ($ch_{moy\ journ}$), une pondération par rapport au nombre de jours selon la formule est effectué :

$$ch_{moy\ journ} = \frac{j_s * ch_s + j_a * ch_a}{365}$$

Les calculs, élaborés à dire d'expert sur la base d'éléments bibliographiques, sont détaillés en Annexe 4. Le Tableau 13 résume les facteurs correctifs liés à une activité spécifique au sein du domicile, rapportés à un adulte présent en permanence chez lui, par exemple un retraité. Ces facteurs correctifs seront utilisés pour l'analyse des données afin de déterminer les taux de charge des installations suivies.

Tableau 13 : Détermination du facteur correctif de charge

			Activités spécifiques		Présence « standard »		Facteur correctif de charge
			nombre de jours	facteur correctif	nombre de jours	facteur correctif	
Adulte	retraité		0	-	365	1	1
	travaillant à l'extérieur	à 100 %	210	0,77	155	1	0,87
		à 80 %	168		197		0,90
		à 50 %	105		260		0,93
activité salissante à domicile (ex : agriculteur)		365	1,05			1,05	
Enfant	> 12 ans	externe	180	1	185	1	1
		demi-pension	180	0,77	185		0,89
		interne	72	1,30	113		0,57
	< 12 ans	externe	180	0,67	185	0,675	0,67
demi-pension		180	0,67	185	0,52	0,60	
Employé saisonnier agricole			selon	0,28			
Client touristique			temps de	0,77			
Enfant en nourrice			présence	0,16			

Ces facteurs correctifs sont utilisés pour modifier l'unité « habitant », c'est-à-dire le nombre de personnes vivant ou ayant une activité au sein de l'habitation. Ainsi les facteurs correctifs de charge, le plus souvent inférieurs à 1, diminuent les taux de charge, et ce, principalement pour les jeunes enfants puisque les facteurs correctifs avoisinent 0,6.

Un adulte travaillant à plein temps à l'extérieur génère à son domicile une pollution réduite de 13 % par rapport à une situation où il serait en permanence chez lui (et il correspond alors à 0,87 hab.) Cette réduction modeste est le reflet des hypothèses retenues, favorisant la réduction la plus faible : aucune période de vacances hors du domicile n'est décomptée et la majorité de la pollution émise sur une journée se fait à l'intérieur de l'habitation.

Le Tableau 14 et la Figure 14 illustrent les modifications apportées par ces estimations aux taux de charge de l'ensemble des données validées. Les taux de charges initiaux montrent une grande amplitude de variation avec un maximum à 140 %.

Le taux de charge médian, initialement de 60 % diminue de 7,8 % pour s'approcher, après estimation, de 50 %.

Tableau 14 : Taux de charge théorique et le taux de charge estimé (% de la capacité nominale)

	Taux de charge	
	théorique	estimé
Moyenne	62,5	54,6
Médiane	60,0	52,2
Minimum	12,5	4,7
Maximum	140,0	123,8
Effectif	1286	1284

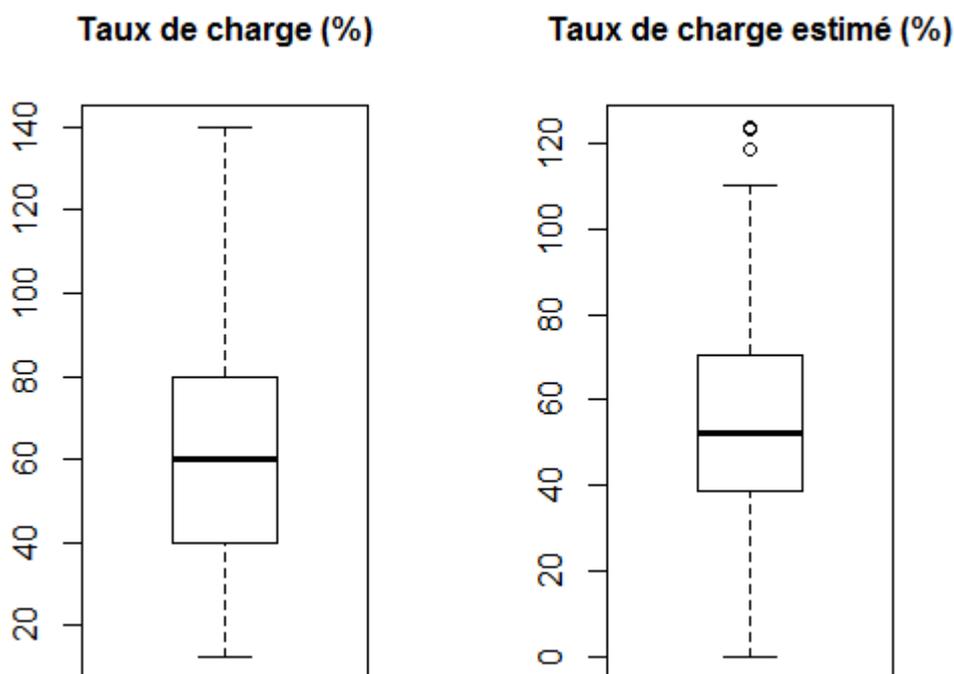


Figure 14 : Description statistique du taux de charge théorique (à gauche) et du taux de charge estimé (à droite) en pourcentage

22 valeurs de taux de charge estimés sont supérieures à 100 %. Ces taux sont ceux de six installations : 4 dans la famille CFI et 2 dans la famille CL.

2.5. Traitement statistique des données chiffrées des prélèvements

L'objectif de cette analyse statistique est de présenter les résultats analytiques obtenus dans le cadre du suivi *in situ* pour chaque famille, chaque filière et chaque dispositif. Les résultats analytiques sont ensuite comparés à des valeurs seuil de pollution définissant trois classes de qualité: « acceptable », « médiocre » et « inacceptable » définis au Chapitre 3 et Annexe 9. Les performances des familles, filières et dispositifs, en conditions réelles de fonctionnement sont ainsi établies au regard de ces trois classes de qualité.

Les résultats analytiques obtenus par famille, filière et dispositif sont présentés à partir de statistiques descriptives en calculant la moyenne et la médiane par exemple. Cette analyse statistique descriptive n'est cependant pas adaptée pour mener une comparaison entre les familles, entre les filières et entre les dispositifs car le jeu de données recueillies est très hétérogène : les mesures ont en effet été réalisées à partir d'un prélèvement ponctuel ou d'un bilan 24h sur des installations aux profils très variés (différents procédés de traitement, diversité d'âge et de taux de charge).

Pour permettre une exploitation robuste de ces données hétérogènes, des outils statistiques adaptés doivent être utilisés.

L'objectif du traitement statistique adapté est l'analyse et l'interprétation des données permettant de mettre en évidence leurs caractéristiques propres, ainsi que des liens entre elles. Par exemple, l'objectif pourra être de montrer de manière fiable le lien existant entre la qualité des eaux usées traitées et l'âge de l'installation et/ou son taux de charge... mais aussi de déterminer l'influence du mode de prélèvement sur les résultats analytiques, et ceci, en traitant l'ensemble du jeu de données. Pour cela, les données ont été classées par familles ou par filières ou par dispositifs.

Ce jeu de données est constitué de variables :

- dépendantes (dénommées Y par la suite). Elles sont au nombre de 6 et correspondent aux valeurs des concentrations des paramètres chimiques analysés :
 - MES,
 - DCO,
 - DBO₅,
 - NK,
 - N-NH₄⁺ et
 - N-NO₃⁻.
- explicatives (dénommées X par la suite) qui sont :
 - le type de prélèvement (prélèvement ponctuel ou bilan 24h),
 - les dispositifs de traitement, classés en filières ou en familles,
 - l'âge des installations au moment du prélèvement et
 - leur taux de charge au moment du prélèvement.

Le traitement statistique est réalisé sur un jeu de prélèvements validés constitué de :

- 1279 données pour les MES,
- 1281 données pour la DCO,
- 709 données pour la DBO₅,
- 1040 données pour NK,
- 1197 données pour N-NH₄⁺ et
- 1269 données pour N-NO₃⁻.

En Annexe 6 sont consignés les nombres de données par paramètres chimiques pour les 2 types de prélèvements, les 3 classes d'âge et les 3 classes de taux de charge.

Le traitement de données est réalisé avec le logiciel de statistiques R version 3.3.3, développé par Robert Gentleman and Ross Ihaka au début des années 90 (R Development Core Team, 2010). Il utilise plusieurs outils :

- les statistiques descriptives « classiques » qui décrivent chaque variable dépendante (amplitude de variation, valeurs extrêmes, moyenne...);
- un modèle de distribution des données (nommé « log népérien linéaire généralisé » et utilisé habituellement dans le milieu médical), qui permet d'identifier les effets des variables explicatives sur chaque variable dépendante. C'est donc avec cet outil qu'est comparée la qualité des eaux usées traitées des installations d'épuration aux différentes échelles : familles, filières et dispositifs en identifiant les effets des variables explicatives sur chaque variable dépendante.

Ces deux outils sont détaillés ci-après.

2.5.1. Statistiques descriptives

Les statistiques descriptives définissent différentes mesures statistiques telles que : moyenne, médiane, écart-type,... Une représentation graphique de la distribution complète, par son aspect visuel, les tableaux chiffrés de résultats. Dans ce document, la représentation visuelle retenue est la « boîte à moustaches » (ou boxplot) dont les éléments de lecture sont décrits ci-après.

Une boîte à moustaches visualise la dispersion des données en faisant figurer la médiane, les deux quartiles (Q1 et Q3), l'écart interquartile (EI) et les vibrisses.

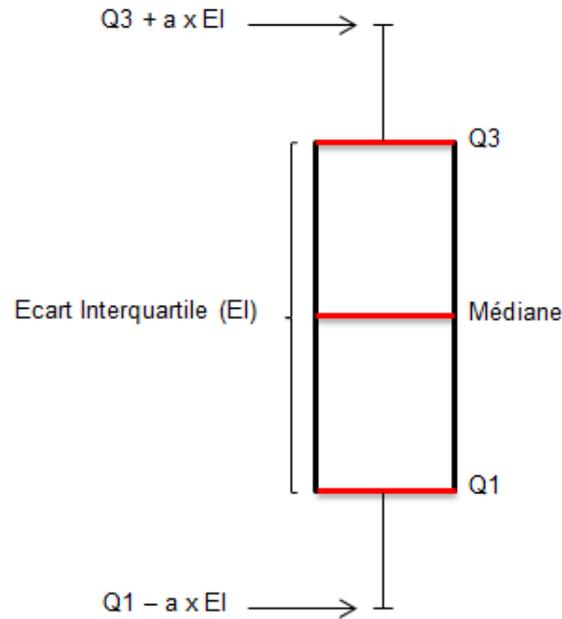


Figure 15 : Représentation graphique des statistiques descriptives par une boîte à moustaches

La médiane coupe l'échantillon en deux effectifs identiques. Q1 et Q3 sont respectivement le 1^{er} quartile (25 % des données sont inférieures à Q1) et le 3^{ème} quartile (75 % des données sont supérieures à Q3). L'écart interquartile ($EI = Q3 - Q1$) couvre donc 50 % des données.

Les extrémités de la boîte à moustaches, appelées « vibrisses » sont calculées selon les formules :

$$\begin{aligned} \text{Vibrisse inférieure} &: Q1 - a \times EI \\ \text{Vibrisse supérieure} &: Q3 + a \times EI \end{aligned}$$

Le coefficient a est variable. La valeur retenue pour ce coefficient, de 1,5 et est la plus utilisée. Dans le cas d'une distribution normale (ou Gaussienne) des données, 99,3 % des données se situent à l'intérieur des deux vibrisses. Les valeurs dépassant les vibrisses sont alors qualifiées d'« aberrantes » par les statisticiens.

A titre d'exemple, la Figure 16 présente sous forme de boîte à moustaches les données d'une enquête de l'Insee²² représentant le nombre d'heures journalières passées devant la télévision.

La représentation signale donc la médiane (trait plein noir), les deux quartiles délimitant le pavé grisé central, les deux vibrisses et toutes les valeurs « aberrantes » individuelles (petits cercles vides). A cela, la valeur de la moyenne est ajoutée manuellement.

Dans cet exemple, sont fixées de façon totalement arbitraire une valeur « acceptable » à 0,8 h et une valeur « inacceptable » à 5,5 h. Ces deux valeurs sont retranscrites respectivement de couleur verte et de couleur rouge sur l'axe des ordonnées.

A côté des accolades ajoutées à gauche de la boîte à moustaches sont mentionnés, en nombre et en pourcentage, les effectifs des données se positionnant :

- en deçà de la valeur seuil « acceptable »,
- entre les deux valeurs seuils,
- au-delà de la valeur seuil « inacceptable ».

²² A partir de « Histoire de vie – Construction des identités », 2003.

En abscisse, l'effectif global de l'échantillon est mentionné entre crochet. La valeur de 23 h écrase la représentation graphique ; pour mieux visualiser la majorité des données, un zoom est créé d'une échelle restreinte (de 0 à 8 h).

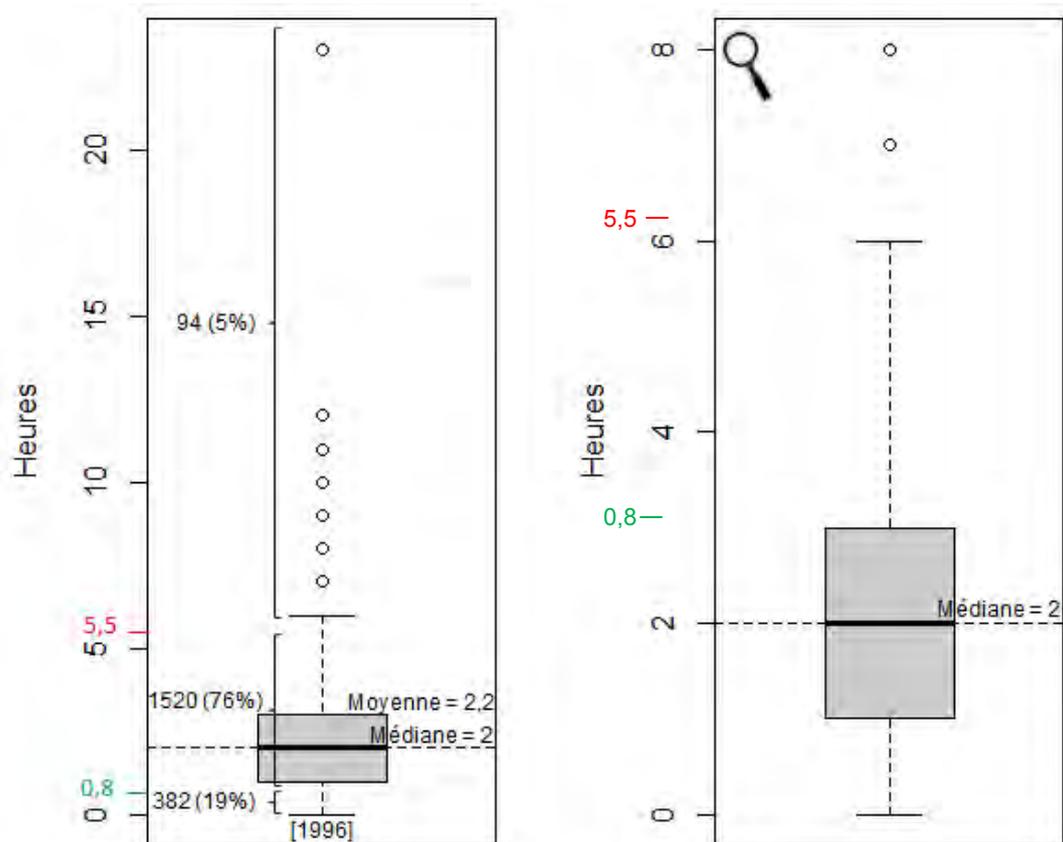


Figure 16 : Description de la distribution du nombre d'heures passées devant la télévision par jour (à gauche) et zoom de 0 à 8 h (à droite)

Ces deux représentations graphiques fournissent donc les informations (Tableau 15) suivantes :

Tableau 15 : Mesures statistiques fournies par la représentation graphique en boîte à moustaches et analyse de la dispersion

		Nombre d'heures	Nombre	%	
	Médiane	2,0	-	-	
	Moyenne	2,2	-	-	
	Quartile	1 ^{er} (25 %)	1,0	-	-
		3 ^{ème} (75 %)	3,0	-	-
	Vibrisse	Inférieure	0,0	-	-
Supérieure		6,0	-	-	
Valeur seuil	Acceptable	0,8	-	-	
	Inacceptable	5,5	-	-	
Nombre de valeurs	en deçà de la valeur « acceptable »	-	382	19 %	
	entre les deux valeurs seuil	-	1520	76 %	
	au-dessus de la valeur « inacceptable »	-	94	5 %	
	« aberrantes »	-	94	5 %	
	total	-	1996	100 %	

Cette représentation permet de comparer visuellement les données entre elles, de fournir des tendances mais ne permet pas de conclure si ces différences sont significatives d'un point de vue statistique.

Les résultats des statistiques descriptives seront tous représentés sous cette forme graphique.

2.5.2. Analyse de la distribution des données et création d'un modèle « log linéaire généralisé »

Il s'agit de visualiser les données, d'identifier leur distribution et de les transformer selon des règles strictes dans le but de permettre une comparaison rigoureuse, par les outils statistiques adéquats, des différents jeux de données.

➤ La distribution suit-elle une loi « normale » ?

Une visualisation graphique de l'ajustement d'une distribution donnée à un modèle théorique « normal » est réalisée à l'aide du diagramme Quantile-Quantile (QQ plot).

L'axe des ordonnées correspond aux données observées. L'axe des abscisses correspond à une distribution normale centrée réduite de moyenne 0 et d'écart-type 1 (d'où l'échelle entre -3 et 3). La droite rouge représente la distribution théorique de données suivant une loi normale.

La Figure 17 illustre la distribution de la variable dépendante MES.

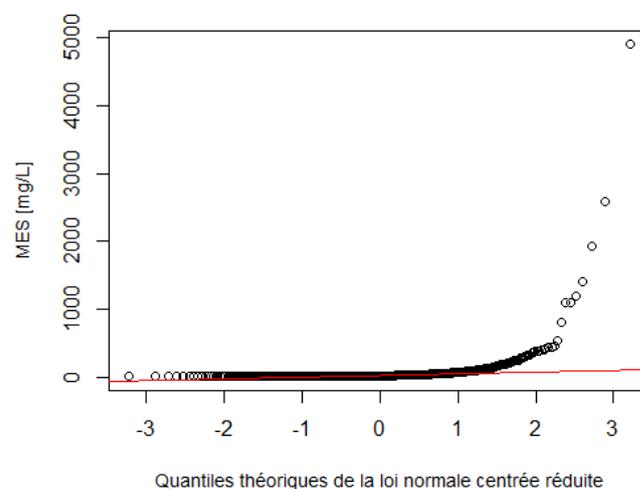


Figure 17 : Comparaison de la distribution empirique des MES à une loi normale centrée réduite

Cette représentation graphique confirme le fait que la distribution du jeu de données ne suit pas une distribution de type : loi normale. Les valeurs extrêmes hautes modifient l'allure générale de la représentation des données. Une transformation logarithmique devrait atténuer le poids de ces valeurs hautes. De plus, cette transformation logarithmique est adaptée aux données, toutes systématiquement positives²³ puisque ce sont des concentrations.

➤ La distribution suit-elle une loi « log-normale » ?

Les données sont transformées en logarithme népérien. Pour la variable dépendante MES, la représentation à l'aide du diagramme Quantile-Quantile (QQ plot) est la suivante (Figure 18) :

²³ Une transformation en log de données négatives est mathématiquement impossible.

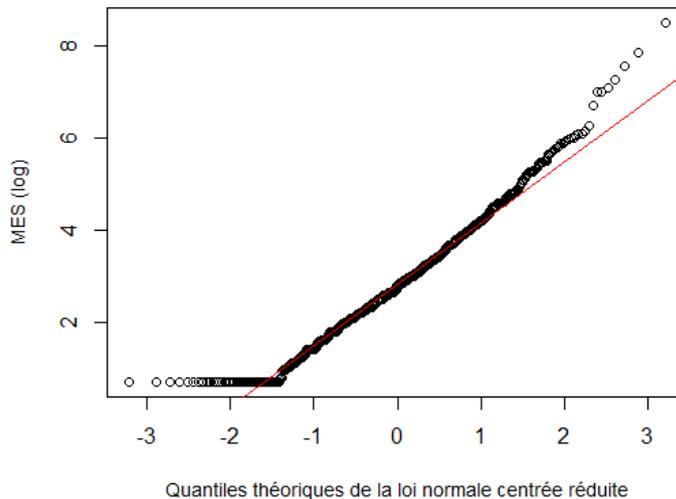


Figure 18 : Comparaison de la distribution empirique des MES (en ln) à une loi normale

Cette transformation logarithmique permet d'atténuer l'effet des valeurs extrêmes hautes. Cependant, l'effet d'un ensemble de données basses persiste ; il s'agit des valeurs correspondant à la Limite de Quantification (LQ), c'est-à-dire un seuil en-dessous duquel la technique analytique ne peut définir de valeur. Pour rappel, la LQ des MES est de 2,0 mg/L, soit 0,7 pour la valeur transformée en log népérien. Les outils statistiques parlent alors de « données censurées », ce concept permet de prendre en compte les valeurs inférieures aux LQ au même titre que les autres valeurs, en mettant en œuvre des méthodologies adaptées pour s'approcher d'une loi de distribution connue dans un cadre théorique ajusté.

➤ **Création du modèle « log-linéaire généralisé » adapté à l'existence de données censurées**

La censure, dans le langage des statisticiens, est un concept théorique permettant de transformer les données basses tout en les maintenant dans le jeu de données.

Les outils statistiques utilisés pour l'analyse des données censurées ont été développés, en grande majorité, pour la médecine et l'épidémiologie (Catherine Hill, 2009). Cependant, les concepts et méthodes ont une portée générale et peuvent être utilisés dans d'autres domaines.

Il existe trois types de censures : la censure à gauche, la censure à droite et la censure par intervalle. Les données sont dites « censurées à gauche » lorsqu'elles se trouvent en dessous d'un seuil défini. Les données « censurées à droite » sont supérieures à un seuil fixé, et les données « censurées par intervalle » se trouvent comprises entre une borne inférieure et une borne supérieure.

Ici, les données « censurées à gauche » sont celles inférieures à la LQ, et toutes les données inférieures à la LQ sont remplacées par un intervalle : [0 ; LQ].

Le modèle log-linéaire généralisé, s'écrit :

$$\text{Ln}(Y) = \mu + s * \omega$$

où :

- Y est la variable dépendante,
- μ est la droite de régression ($\beta_0 + \beta_1.X_1 + \dots$) dans laquelle les X_i sont des variables explicatives et les paramètres β_i quantifient leur effet sur la médiane de $\text{Ln}(Y)$,
- s est un paramètre de dispersion et
- ω est un résidu de loi normal $N(0,1)$.

Les coefficients (β_1, β_2, \dots) sont les effets des variables explicatives (X_1, X_2, X_3, \dots) sur la médiane de la variable dépendante (Y). Le calage du modèle log-linéaire consiste à chercher les coefficients ($\beta_1, \beta_2, \dots ; s$) qui maximisent la fonction de vraisemblance, i.e. le plus vraisemblable au regard des observations, en réduisant $s * \omega$.

Une fois calés, les coefficients (β_1, β_2, \dots) estimés par le modèle permettent de calculer les médianes. Ils permettent aussi de calculer des facteurs d'accroissement ou de diminution ($e^{\beta_1}, e^{\beta_2}, \dots$) exprimés en pourcentage (vis-à-vis de l'ensemble de référence expliqué ci-après).

C'est ce modèle log-linéaire généralisé qui a été appliqué au jeu de données.

➤ **Application des modèles « log-linéaire généralisés » aux données du suivi *in situ***

Ces modèles permettent de comparer un ensemble de données (Y) en identifiant les effets des différentes variables explicatives :

- le type de prélèvement (prélèvements ponctuels ou bilans 24h),
- les 33 dispositifs de traitement classés en 13 filières et 3 familles,
- l'âge des installations au moment du prélèvement réparti en 3 classes :
 - < 2 ans,
 - entre 2 et 4 ans,
 - 4 ans et plus.
- leur taux de charge au moment du prélèvement réparti en 3 classes :
 - < 30 %,
 - entre 30 % et 70 %,
 - > 70%.

Pour identifier l'effet de chaque variable explicative, celle-ci doit être codée. Le codage pour un **prélèvement ponctuel** réalisé sur le rejet d'un dispositif de **la famille A**, âgé **de plus de 4 ans** et d'un **taux de charge < 30 %** est présenté à titre d'exemple au Tableau 16.

Tableau 16 : Exemple de codage des variables explicatives par des variables indicatrices

Y	Prélèvement	Bilan 24h	0
		Ponctuel	1
	Famille	A	1
		B	0
		C	0
	Âge	< 2 ans	0
		2 ans – 4 ans	0
		> 4 ans	1
	Charge	< 30%	1
		30% – 70%	0
		> 70%	0

Le modèle créé compare un ensemble de référence aux autres variables explicatives. Cet ensemble pris en référence (Tableau 17) se compose de l'effectif observé le plus élevé, parmi l'un des deux choix de prélèvement, l'une des trois familles, l'une des trois classes d'âge et l'une des trois classes de taux de charge. Ensuite, les effets des autres variables explicatives par rapport à cet ensemble de référence seront testés et donneront les coefficients correspondants ($\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \dots$).

Tableau 17 : Exemple d'un ensemble de référence et des variables explicatives testées

		Ensemble de référence	Variables explicatives	Coefficients associés
Prélèvement	Bilan 24h Ponctuel	Oui	X_1	β_1
Famille	A	Oui	X_2	β_2
	B		X_3	β_3
	C			
Age	< 2 ans	Oui	X_4	β_4
	2 ans – 4 ans		X_5	β_5
	> 4 ans			
Charge	< 30 %	Oui	X_6	β_6
	30 % – 70 %		X_7	β_7
	> 70 %			

Le test d'hypothèse de différence significative pour les 7 variables explicatives est alors réalisé :

$$\diamond H_0 : \text{« il n'y a pas de différence entre les échantillons »}$$

Ce test calcule la probabilité p (appelée p -valeur) de se tromper en rejetant à tort l'hypothèse nulle H_0 . Si l'hypothèse est retenue, alors l'effet est considéré comme « non significatif ». Cette hypothèse n'est pas acceptée si la p -valeur est inférieure au seuil de significativité α ; l'effet est alors considéré comme significatif. Par convention, ce seuil de significativité est communément fixé à 5 % (MBENGUE, 2010). Dans le cadre de cette étude, la valeur retenue pour α est volontairement faible (0,1 %) et démontre la robustesse du test (PY, 1999).

Lors du 1^{er} test, le modèle identifie, selon les variables explicatives, des effets significatifs et des effets non significatifs. Après réintroduction dans l'ensemble de référence des variables explicatives avec des effets non significatifs, le modèle est relancé. Il le sera tant que des effets restent non significatifs, et c'est ainsi que le résultat final ne montre que les effets significatifs.

Tableau 18 : Exemple de 2 tests successifs permettant d'identifier les effets significatifs et non significatifs des variables explicatives

Ensemble ²⁴ de référence du 1 ^{er} test	
Prélèvement	Bilan 24h
Famille	B
Age	2 ans – 4 ans
Charge	> 70%

1 ^{er} test	Variable explicatives		Résultats du test d'hypothèse		
	Prélèvement	Ponctuel	X_1	$p > 0,1 \%$	non significatif
Famille	A	X_2	$p < 0,1 \%$	significatif	
	C	X_3	$p > 0,1 \%$	non significatif	
Age	< 2 ans	X_4	$p > 0,1 \%$	non significatif	
	> 4 ans	X_5	$p < 0,1 \%$	significatif	
Charge	< 30%	X_6	$p > 0,1 \%$	non significatif	
	30% – 70%	X_7	$p < 0,1 \%$	significatif	

²⁴ L'ensemble de référence retenu est systématiquement constitué des sous-ensembles d'effectif maximum de chaque variable explicative.

Ensemble de référence du 2 nd test			
Prélèvement	Bilan 24h	et	ponctuel
Famille	B	et	C
Age	2 ans – 4 ans	et	< 2 ans
Charge	> 70 %	et	< 30 %

2 nd test	Variables explicatives			Résultats du test d'hypothèse	
	Famille	A	X ₁	p < 0,1 %	significatif
	Age	> 4 ans	X ₂	p < 0,1 %	significatif
	Charge	30 % – 70 %	X ₃	p < 0,1 %	significatif

A partir de cet exemple (Tableau 18), les conclusions sont les suivantes :

- le mode de prélèvement n'a pas d'effet sur la variable dépendante Y, et les deux types de prélèvement sont semblables,
- pour les familles,
 - la famille A n'est pas semblable à la famille B,
 - la famille C est semblable à la famille B.
- pour les classes d'âge,
 - les dispositifs mis récemment en service (moins de 4 ans) ne sont pas semblables aux dispositifs mis en service depuis plus de 4 ans,
 - il n'y a pas d'effet de l'âge du dispositif sur la variable dépendante Y dès lors que le dispositif a moins de 4 ans.
- pour le taux de charge,
 - les dispositifs moyennement chargés (30 % – 70 %) ne sont pas semblables aux dispositifs faiblement (< 30 %) ou fortement (> 70 %) chargés,
 - Il n'y a pas d'effet de charge sur la variable dépendante Y dès lors que le dispositif est soit faiblement (< 30 %), soit fortement (> 70 %) chargé.

Enfin, un test du Khi 2 doit être effectué afin de tester si l'effet d'une variable explicative est significatif ou pas (par exemple, les familles A et C dans le test précédent). Ce test permet donc de tester l'indépendance ou non entre deux variables.

Lorsque les effets des variables explicatives sont déterminés, le modèle permet d'obtenir les médianes de chaque ensemble par rapport à la variable dépendante :

$$Y = e^{\mu}$$

De plus, les coefficients β_1, β_2, \dots déterminent des facteurs quantifiant l'influence (positive ou négative) attachés à chaque variable explicative X_1, X_2, \dots par rapport à la référence. Ils se calculent ainsi :

- si β est positif, le facteur de modification est $e^{\beta} - 1$. Par exemple :
Pour $\beta = 1,5$, le facteur est $e^{1,5} - 1$, soit 3,48 ou + 348 %.
- si β est négatif, le facteur de modification est $1 - e^{\beta}$. Par exemple :
Pour $\beta = -1,5$, le facteur est $1 - e^{-1,5}$, soit 0,77 ou - 77 %.

Cette démarche est alors appliquée à toutes les variables dépendantes (MES, DCO, DBO₅, NK, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻). De plus, les variables explicatives sont toujours les mêmes, exceptées pour les descriptifs techniques des dispositifs, où ceux-ci sont déclinés en trois familles, puis en treize filières puis en trente-trois dispositifs.

2.6. Traitement des données commentées des installations

Un ensemble d'informations complémentaires aux résultats analytiques décrivent les conditions de fonctionnement des installations ainsi que leur entretien. Ces informations, recueillies lors des visites chez les particuliers, ont été transposées dans la base de données sous formes de commentaires ou d'éléments datés ; en ce sens, ils ne sont pas chiffrés et ne peuvent être synthétisés par des statistiques comme le sont les paramètres chimiques.

En l'absence du particulier, l'information sur l'entretien n'est pas renseignée sur toutes les installations.

Les informations recueillies pour une même installation sont donc la totalité des éléments répertoriés pendant une période qui couvre la mise en route de l'installation jusqu'à la fin du suivi. S'il existe une ou plusieurs périodes non renseignées, la période retenue se réduit à celle du recueil d'informations consécutives disponibles depuis la mise en route (cf. Chapitre 2.2.4).

Enfin, il a été constaté que le passage de l'agent préleveur permet de détecter des situations de dysfonctionnement et ainsi de déclencher une intervention, comme par exemple rebrancher un tuyau, ou déclencher une opération d'entretien. Ce suivi conduit à décompter un nombre d'opérations difficilement identifiables par le propriétaire, plus important qu'en absence de suivi. Dans certains cas, au contraire, le technicien a pu limiter le nombre de vidange, en raison de mesures de boues démontrant un niveau de hauteur de boues inférieur au seuil de vidange.

Seuls les commentaires en lien avec l'entretien des installations sont analysés. Pour rappel, les opérations liées à l'entretien analysées dans cette partie sont découpées en 2 catégories :

- Les opérations d'entretien « curatif » dont la définition est en Chapitre 2.2.4.,
- Les opérations de vidange.

La validation des données commentées permet l'analyse de l'entretien « curatif » de 183 installations et l'analyse de la vidange de 219 installations (Tableau 19). La base de données comporte 180 installations pour lesquelles ces deux types d'informations sont disponibles.

Tableau 19 : Rappel du nombre d'installations validées pour le traitement des données commentées

		Entretien « curatif »	Vidange
nombre d'installations dont l'information	est connue	183	219
	n'est pas connue	56	20

Parmi les 183 installations dont l'entretien « curatif » est renseigné :

- 136 installations n'ont eu aucune opération d'entretien « curatif »,
- 47 installations ont eu entre 1 à 5 opérations d'entretien « curatif ».

Au total, ce sont 62 opérations d'entretien « curatif » qui ont été répertoriées.

En ce qui concerne la vidange, parmi les 219 installations dont les opérations de vidange sont renseignées :

- 156 installations n'ont jamais été vidangées,
- 63 installations ont eu entre 1 à 6 vidanges.

Au total, 82 opérations de vidanges ont été répertoriées.

L'objectif de l'analyse des données commentées consiste à identifier et quantifier les opérations d'entretien « curatif » et de vidange réalisées depuis la mise en service de l'installation jusqu'à la fin du suivi. Cette analyse est réalisée d'abord sur l'entretien « curatif » selon les familles, les filières puis les dispositifs. Dans un deuxième temps, l'analyse de la vidange est réalisée également par familles, filières et dispositifs.

L'analyse des données commentées est réalisée par la logique floue dont la méthodologie est développée dans la suite de ce chapitre.

La logique floue permet de transposer le langage naturel en modèle mathématique par le biais de règles floues, décrites dans les paragraphes qui suivent. Le logiciel FisPro (Guillaume et al, 2011), développé par Irstea et l'Inra, est un logiciel open-source permettant de traiter des données par des systèmes d'inférence floue.

2.6.1. Variables d'entrée

Les variables d'entrée constituent les éléments descriptifs recueillis pour chacun des systèmes lors des visites.

Le nombre cumulé d'opérations réalisées sur une installation pendant toute la période précédant et couvrant le suivi *in situ* est la variable la plus importante.

Les opérations sont analysées au regard de l'âge de l'installation en fin de suivi pour les deux systèmes (entretien « curatif » et vidange des boues). Pour le système « opérations de vidange des boues », est ajouté le taux de charge moyen de l'installation. Ce taux de charge est exactement le taux de charge organique estimé (Chapitre 2.5) de l'installation lorsque celui-ci est constant au cours de la vie de l'installation.

Si ce taux de charge a évolué au cours du temps, entre deux visites par exemple, le taux de charge moyen est calculé à partir des taux de charge organique estimés (Chapitre 2.5) en intégrant une pondération par rapport au temps.

Pour chacun des deux systèmes étudiés, les variables d'entrée sont identifiées comme suit (Tableau 20).

Tableau 20 : Variables d'entrée des deux systèmes étudiés

Systemes	Variables d'entrée
Opérations d'entretien « curatif »	Nombre cumulé d'opérations réalisées Age de l'installation en fin de suivi
Opérations de vidange des boues	Nombre cumulé d'opérations réalisées Age de l'installation en fin de suivi Taux de charge moyen de l'installation

2.6.2. Partitionnement des variables d'entrée

Les variables d'entrée ont ensuite été partitionnées en plusieurs classes. Pour l'âge des installations, par exemple, il a été choisi de qualifier de :

- « jeune » : une installation âgée de moins de 1 an (< 12 mois) en fin de suivi,
- « moyen » : une installation âgée entre 3 et 5 ans (entre 36 et 60 mois) en fin de suivi et
- « âgé » : une installation âgée de plus de 7 ans (> 84 mois) en fin de suivi.

Les âges intermédiaires appartiendront à plusieurs classes à la fois. Par exemple, de 12 à 35 mois, l'âge de l'installation sera de moins en moins « jeune » et de plus en plus « moyen ». Cette représentation par ensembles flous se fait en définissant les bornes des classes sous FisPro en se basant sur les connaissances expertes disponibles.

La Figure 19 représente les trois ensembles flous des trois classes « jeune », « moyen », « âgé ». L'axe des abscisses correspond à l'âge des installations (en mois) et l'axe des ordonnées correspond au degré d'appartenance (entre 0 et 1). Le degré d'appartenance de 1 est attribué aux affirmations mentionnées ci-dessus, c'est-à-dire une installation de moins de 12 mois aura un degré d'appartenance de 1 à la classe « jeune » et celle de plus de 84 mois, un degré d'appartenance de 1 à la classe « âgé ».

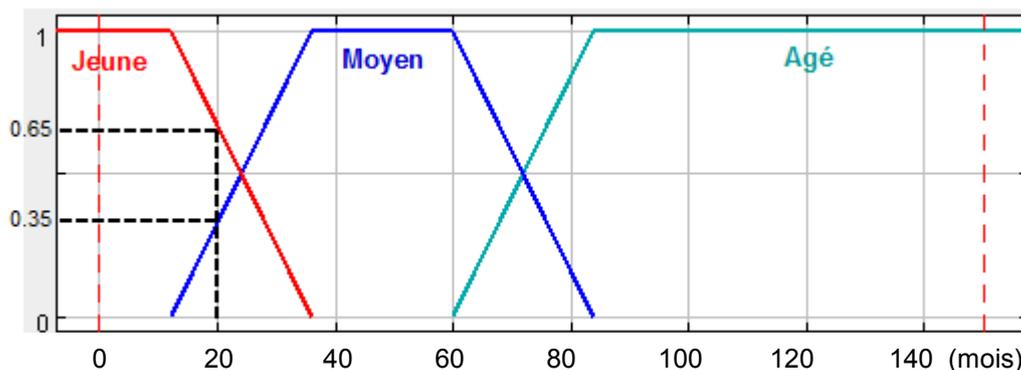


Figure 19 : Partitionnement de la variable d'entrée « âge de l'installation en fin de suivi »

La relation entre les classes (« jeune », « moyen », « âgé ») et les valeurs numériques (en mois) se fait par les degrés d'appartenance aux ensembles flous. Par exemple, une installation âgée de 20 mois est considérée comme jeune avec un degré d'appartenance de 0,65 et comme moyenne avec un degré d'appartenance de 0,35. Elle n'est pas considérée comme âgée.

La partition du taux de charge est également créée avec des classes de :

- « faible » : pour un taux de charge moyen inférieur à 20 % (degré d'appartenance égal à 1),
- « moyen » : pour un taux de charge moyen compris entre 40 et 60 % (degré d'appartenance égal à 1),
- « élevé » : pour un taux de charge moyen supérieur à 80 % (degré d'appartenance égal à 1).

Les opérations d'entretien « curatif » et de vidange réalisées ont été réparties en trois classes, selon un nombre croissant d'opérations:

- 0 opération d'entretien «curatif» ou de vidange,
- 1 opération d'entretien «curatif» ou de vidange,
- 2 opérations ou plus d'entretien «curatif» ou de vidange.

Le Tableau 21 mentionne les partitions pour chacun des trois systèmes.

Tableau 21 : Partition des variables d'entrée pour les deux systèmes

Opérations d'entretien « curatif »	Nombre cumulé d'opérations réalisées	0 opération	1 opération	2 opérations ou plus		
	Age de l'installation	Jeune < 1 an	<i>flou</i>	Moyen 3 – 5 ans	<i>flou</i>	Agé > 7 ans
Opérations de vidange des boues	Nombre cumulé d'opérations réalisées	0 opération	1 opération	2 opérations ou plus		
	Age de l'installation	Jeune < 1 an	<i>flou</i>	Moyen 3 – 5 ans	<i>flou</i>	Agé > 7 ans
	Taux de charge	Faible < 20%	<i>flou</i>	Moyen 40 % - 60 %	<i>flou</i>	Elevé > 80 %

2.6.3. Création des règles floues

L'ensemble des règles est créé, à dire d'expert, en se positionnant à la place du propriétaire de l'installation qui a conscience que l'entretien est nécessaire et qu'un minimum d'opérations doit être effectué.

Le principe de ce traitement de données est de créer un ensemble de règles qui permet de décrire toutes les situations possibles selon les différents systèmes.

Les règles sont exprimées sous la forme :

SI condition 1 **ET** condition 2 ... **ALORS** action 1

Les conditions (1, 2,...) correspondent aux variables d'entrée et l'action 1 correspond à la variable de sortie. Pour les trois systèmes, la variable de sortie est définie par un critère d'acceptation de la fréquence des opérations d'entretien. Les critères d'acceptation sont définis à dire d'expert à l'aide des notions suivantes : « inacceptable », « médiocre » et « acceptable » qui sont ensuite transformées chacune en valeurs numériques : 0, 5 et 10 afin d'associer un critère chiffré à chaque système.

➤ **Règles du système « opération d'entretien curatif »**

Les règles sont définies selon les prédicats suivants :

- le propriétaire trouve acceptable de réaliser une opération d'entretien « curatif » lorsque l'installation est strictement âgée de plus de 5 ans,
- le propriétaire ne trouve pas acceptable de réaliser plus d'une opération d'entretien « curatif » tous les 5 ans.

La variable de sortie est le critère d'acceptation de la fréquence des opérations d'entretien «curatif». Il est de trois niveaux d'acceptabilité : « inacceptable », « médiocre » et « acceptable » respectivement aux trois notes de 0, 5 et 10.

Un exemple de règle est :

SI l'installation est « âgée » à la fin du suivi,
ET qu'une seule opération d'entretien «curatif» a été réalisée,
ALORS la fréquence d'entretien «curatif» est « acceptable ».

Le Tableau 22 présente les règles créées.

Tableau 22 : Règles « floues » pour le degré d'acceptabilité des fréquences des opérations d'entretien « curatif »

Age - Nb d'opérations d'entretien « curatif »	Jeune (< 1 an)	Moyen (3 ans - 5 ans)	Agé (> 7 ans)
0 opération	Acceptable (10)	Acceptable (10)	Acceptable (10)
1 opération	Inacceptable (0)	Médiocre (5)	Acceptable (10)
2 opérations ou plus	Inacceptable (0)	Inacceptable (0)	Médiocre (5)

➤ **Règles du système « opération de vidange des boues »**

Les règles sont définies selon les prédicats suivants :

Pour une installation ayant un taux de charge élevé (> 80 %) :

- le propriétaire trouve acceptable de réaliser une opération de vidange tous les 4 ans,
- le propriétaire ne trouve pas acceptable de réaliser,
 - plus d'une opération de vidange tous les 4 ans (fréquence trop forte),
 - moins d'une opération de vidange tous les 4 ans (fréquence trop faible).

Ces affirmations donnent le même degré d'acceptabilité aux fréquences trop rares qu'aux fréquences trop importantes. Une analyse plus fine, réalisée dans un deuxième temps permet de distinguer les deux situations.

La variable de sortie est le critère d'acceptation de la fréquence des opérations de vidange. Il est de trois niveaux d'acceptabilité : « inacceptable », « médiocre » et « acceptable », correspondant respectivement aux trois notes de 0, 5 et 10.

Un exemple de règle est :

SI l'âge de l'installation à la fin du suivi est « moyen »,
ET que son taux de charge est « élevé »,
ET qu'une seule vidange a été réalisée,
ALORS la fréquence de vidange des boues est « acceptable ».

Le Tableau 23 présente les règles créées et se lisent ainsi : par exemple, si une installation a un taux de charge de 50 %, qu'elle a 3 ans à la fin du suivi et qu'il a été réalisé une opération de vidange alors le degré d'acceptation est « médiocre » correspondant à une note de 5.

Pour les installations classées comme ayant une fréquence de vidange « médiocre », deux cas sont possibles :

- elles n'ont pas été assez vidangées (dans ce cas, la case est colorée en jaune clair) ou
- elles ont été trop vidangées (la case est colorée en jaune foncé).

Il en va de même pour les installations dont la fréquence de vidange est « inacceptable » : les cases sont colorées en bleu clair pour les installations pas assez vidangées et en bleu foncé pour les installations trop vidangées.

Tableau 23 : Règles « floues » pour le degré d'acceptabilité des fréquences des opérations de vidange selon les trois classes du taux de charge

Taux de charge élevé (> 80 %)	Age - Nb d'opérations de vidange	Jeune (< 1 an)	Moyen (3 ans – 5 ans)	Elevé (> 7 ans)
	0 opération	Acceptable (10)	Médiocre (5)	Inacceptable (0)
	1 opération	Médiocre (5)	Acceptable (10)	Médiocre (5)
	2 opérations ou plus	Inacceptable (0)	Médiocre (5)	Acceptable (10)
Taux de charge moyen (40% - 60 %)	Age - Nb d'opérations de vidange	Jeune (< 1 an)	Moyen (3 ans – 5 ans)	Elevé (> 7 ans)
	0 opération	Acceptable (10)	Acceptable (10)	Médiocre (5)
	1 opération	Inacceptable (0)	Médiocre (5)	Acceptable (10)
	2 opérations ou plus	Inacceptable (0)	Médiocre (5)	Médiocre (5)
Taux de charge faible (< 20 %)	Age - Nb d'opérations de vidange	Jeune (< 1 an)	Moyen (3 ans – 5 ans)	Elevé (> 7 ans)
	0 opération	Acceptable (10)	Acceptable (10)	Acceptable (10)
	1 et 2 opérations ou plus	Inacceptable (0)	Inacceptable (0)	Médiocre (5)

2.6.4. Résultats obtenus

Pour un ensemble technique (famille, filière ou dispositif), l'entretien, dans ces différents aspects est chiffré. Effectivement, ces règles sont appliquées au jeu de données et attribuent à chaque installation deux types de notes :

- une note **inférée** correspondant exactement au calcul réalisé par l'outil tenant compte de toutes les règles activées en lien avec la situation de cette installation.
- une note **arrondie** qui a 3 valeurs possibles : 0, 5 ou 10 et qui correspond aux trois niveaux d'acceptabilité : « inacceptable », « médiocre » et « acceptable ».

Par exemple, les notes inférées et arrondies pour le dispositif D sont les suivantes (Tableau 24) :

Tableau 24 : Exemple des notes inférées et arrondies calculées par l'outil pour un dispositif

Dispositif	Note inférée	Note arrondie
D	6,5	5
D	7,2	5
D	8,9	10
D	2,3	0

Une note globale par famille, filière ou dispositif est calculée à partir de la moyenne des notes inférées et décrit l'appréciation de chaque système.

Dans l'exemple précédent, la note du dispositif D correspond à la moyenne de la colonne « Note inférée » et est égale à 6,2/10.

L'ensemble des notes « arrondies » permet de représenter le jeu de données sous forme d'histogrammes des proportions relatives aux trois niveaux d'acceptabilité.

3. Analyse statistique de la qualité chimique des eaux usées traitées

L'analyse des résultats est tout d'abord conduite vis-à-vis des paramètres chimiques caractéristiques de la matière organique : MES, DCO et DBO₅. Dans un deuxième temps, ces premiers résultats et conclusions sont complétés et affinés par l'exploitation des formes azotées présentes dans l'eau usée traitée.

Un classement de la qualité des eaux usées traitées par les ouvrages d'épuration classés en familles, puis en filières et en dispositifs, est ensuite proposé sur la base d'une exploitation conjointe des résultats relatifs aux concentrations caractéristiques de la matière organique et des formes azotées.

3.1. Paramètres MES, DCO et DBO₅, caractéristiques de la matière organique

En assainissement non collectif, l'Etat a fait le choix, par réglementation, d'autoriser la mise en œuvre des dispositifs qui ont fait leur preuve, notamment vis à vis de la qualité de l'eau usée traitée, sur plate-forme d'essais selon une procédure établie. Les agréments ainsi attribués correspondent alors à un « objectif de moyen ». Les critères de qualité de l'eau usée traitée attendue en situation réelle ne sont cependant pas définis. A contrario, en assainissement collectif, la réglementation fixe, pour certains paramètres, les objectifs à atteindre pour le rejet de la station d'épuration constituant ainsi un « objectif de résultats ». La réflexion conduite sur les deux modes d'assainissement (Tableau 25) permet, pour l'interprétation du suivi *in situ*, de proposer des valeurs seuils qualifiant la qualité des eaux usées traitées d'« acceptable » et « inacceptable » pour chacun des paramètres caractéristiques de la pollution organique : MES, DCO et DBO₅. Entre ces 2 valeurs seuils, la qualité est qualifiée de « médiocre ».

Tableau 25 : Concentrations réglementaires et concentrations retenues (en mg/L) pour le suivi *in situ*

	Prescriptions techniques				Valeurs retenues pour le suivi <i>in situ</i> des installations d'ANC	
	applicables ²⁵ aux installations d'ANC (pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO ₅) « Objectifs de moyen »		applicables ²⁶ aux systèmes d'AC et aux installations d'ANC (sauf charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO ₅) « Objectifs de résultats »			
	caractéristiques en sortie de l'installation	concentration maximale	concentration maximale à respecter	concentration rédhibitoire	Seuils des valeurs	
			moyenne journalière		concentrations acceptables	concentrations inacceptables
MES	30	85	-	85	≤ 30	≥ 85
DCO	-	-	200	400	< 200	≥ 400
DBO ₅	35	50	35	70	< 35	≥ 70

Il découle de ces valeurs une définition de classes de qualité (Tableau 26) pour ces trois paramètres.

Tableau 26 : Définition des trois classes de qualité en termes de concentration (en mg/L) par paramètre caractéristique de la matière organique

	Acceptable	Médiocre	Inacceptable
MES	≤ 30	30 - 85	≥ 85
DCO	< 200	200 - 400	≥ 400
DBO ₅	< 35	35 - 70	≥ 70

²⁵ 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 modifié.

²⁶ Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO₅.

Pour permettre une exploitation robuste des données hétérogènes recueillies *in situ*, des outils statistiques adaptés ont été utilisés (cf. Chapitre 2.5).

Ce chapitre fournit dans un premier temps une vue d'ensemble de la qualité de toutes les eaux usées traitées caractérisées *in situ*, paramètre par paramètre à l'aide de statistiques descriptives : amplitude de variation, valeurs extrêmes, médiane et moyenne.

Il présente ensuite l'influence des facteurs (types de prélèvement, dispositifs d'épuration, âge des installations et taux de charge) sur la qualité des eaux usées traitées, paramètre par paramètre, identifiée à l'aide des modèles « log-linéaire généralisé » (Chapitre 2.5) pour chaque distribution de variable dépendante.

Finalement, pour les influences identifiées, les principaux éléments de statistiques descriptives sont fournis soit sous forme de tableaux, soit sous forme de boîtes à moustaches. Une représentation en histogramme donne la répartition des données selon les classes de qualité prédéfinies.

3.1.1. Vue d'ensemble de la qualité des eaux usées traitées

➤ Statistiques descriptives de l'ensemble

La vision d'ensemble de la qualité des eaux usées traitées peut être présentée non seulement à partir de la totalité des prélèvements validés mais aussi, à partir des moyennes du jeu de données propre à chacune des installations. Le nombre de prélèvements réalisés pour chaque installation variant, il s'agit de s'affranchir de l'impact de cette variation et de donner exactement le même poids à chaque installation. Ils montrent que la vision d'ensemble (avec l'ensemble des données validées) est la même que celle fournie par les données moyennées pour chaque installation.

Les résultats présentés par la suite sont ceux issus de la totalité des prélèvements validés et ces résultats par installation sont présentés en Annexe 11.

L'âge moyen des installations au moment du prélèvement est de 2 ans et 8 mois. Il est important de garder à l'esprit que les résultats obtenus s'appliquent donc à un parc globalement jeune.

La capacité nominale moyenne des installations est de 5,5 EH et le taux de charge théorique moyen est de 62 %. Le taux de charge estimé moyen est de 55 %.

Le Tableau 27 fournit l'ensemble des médianes, moyennes, minima²⁷, maxima ainsi que le nombre de valeurs de l'échantillon du jeu de données validées des trois paramètres chimiques caractéristiques de la matière organique.

Tableau 27 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ en mg/L (vue d'ensemble)

en mg/L	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	60	143	22
Médiane	17	83	7
Minimum ³	2	30	5
Maximum	7230	7740	350
Nombre de valeurs	1279	1281	709

Pour les paramètres DBO₅ et DCO, les concentrations moyennes des rejets, respectivement de 22 mg/L et 143 mg/L indiquent une qualité « acceptable ». La qualité moyenne déterminée pour le paramètre MES (60 mg/L) est « médiocre ».

³ Les minima sont systématiquement les LQ. Hors commentaires particuliers, ils ne sont plus mentionnés par la suite.

Le Tableau 27 rapporte des maxima de concentrations particulièrement élevés. Des concentrations en DCO et MES supérieures à 7000 mg/L, caractérisant une même eau dont le paramètre DBO₅ n'a pas été analysé) sont très clairement le reflet d'un dysfonctionnement majeur en référence aux qualités d'eaux usées avant traitement (Annexe 10). Ces maxima expliquent les écarts importants entre la moyenne et la médiane.

Une présentation graphique (Figure 20 et Figure 21) sous forme de boîte à moustaches illustre, à titre d'exemple, deux paramètres. 12 à 13 % du nombre de valeurs, pour les MES et la DBO₅, respectivement, dépassent les vibrisses supérieures et sont qualifiés d'« aberrant ».

Les valeurs supérieures à la vibrisse supérieure correspondent dans le cas des MES à la classe de qualité « inacceptable », et pour la DBO₅, elles correspondent aux classes « médiocre » et « inacceptable ».

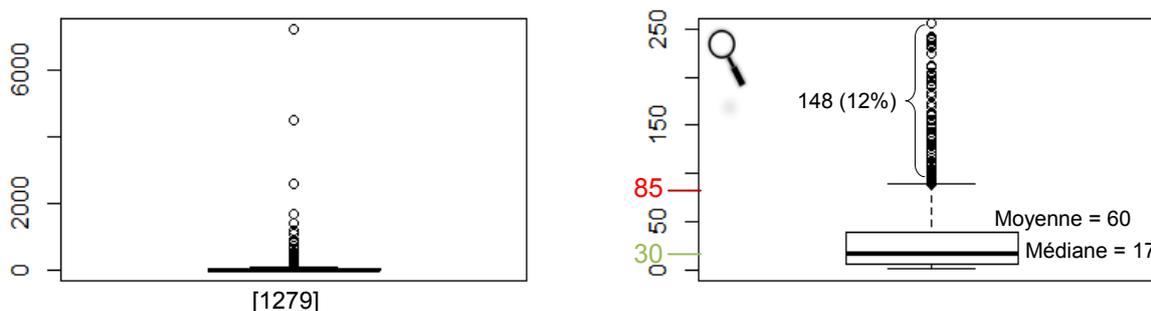


Figure 20 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre MES (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

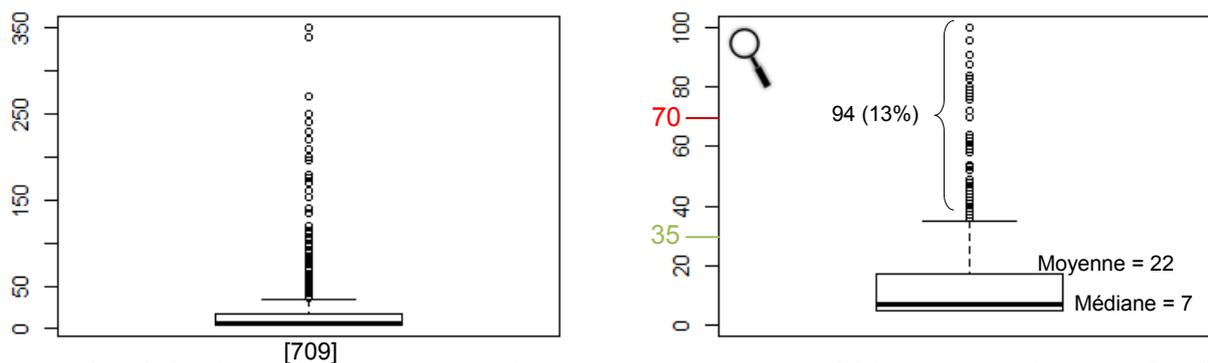


Figure 21 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

Il est possible de déterminer la qualité globale des eaux usées traitées vis-à-vis des valeurs seuils définies en introduction et la Figure 22 positionne ces proportions paramètre par paramètre.

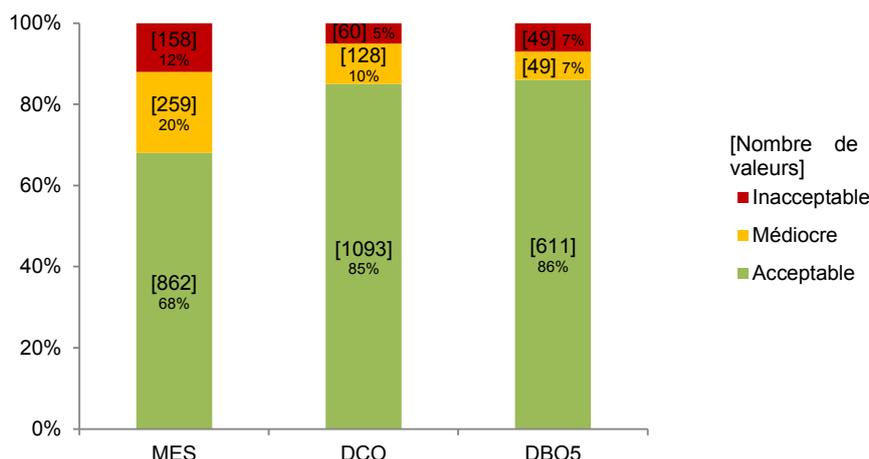


Figure 22 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO₅ (ensemble des données)

Vis-à-vis de la DCO et de la DBO₅, respectivement 85 % et 86 % des concentrations sont qualifiées d'« acceptables ». Par contre, ce taux se réduit sensiblement au regard du paramètre MES et atteint 68 %.

Respectivement pour la DCO et la DBO₅, 5 à 7 % du nombre de valeurs dépassent le seuil des valeurs « inacceptables » ; ce taux atteint 12 % lorsque l'analyse porte sur le paramètre MES.

176 prélèvements, soit 14 % de tous les prélèvements validés, pour lesquels le paramètre déclassant n'est pas systématiquement les MES, même si ce dernier est le plus fréquent, sont dans la classe de qualité « inacceptable ».

➤ **Identification des facteurs d'influence sur la variation de la qualité des eaux usées traitées par les familles de traitement**

A ce stade, l'analyse des facteurs d'influence sur la variation de la qualité des eaux usées traitées est réalisée au niveau de la famille sur les trois familles de dispositifs de traitement : CFSF, CFI et CL. Les résultats sont résumés dans le Tableau 28.

Tableau 28 : Identification des facteurs d'influence (dont famille) sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO₅

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non oui	MES, DCO DBO ₅
Famille	oui	MES, DCO, DBO ₅
Age	non	MES, DCO, DBO ₅
Taux de charge	oui, si > 70 % oui, si < 30 %	MES, DBO ₅ DCO

L'influence des facteurs sur la variation de la qualité des eaux usées traitées est la plus souvent commune à tous les paramètres :

- la famille est une variable expliquant les variations des concentrations,
- le taux de charge est une variable expliquant les variations des concentrations,
- l'âge, quelle que soit la classe d'âge, n'a jamais été identifié comme un facteur d'influence sur les variations de concentrations.

D'autres résultats varient selon les paramètres :

- le type de prélèvement, ponctuel ou bilan 24h, n'a pas d'influence, excepté pour le paramètre DBO₅.

Le modèle statistique permet de quantifier les influences identifiées sur les médianes (Tableau 29 à 31).

La DBO₅ est le seul paramètre chimique à être sensible aux modes de prélèvements ; cette sensibilité (Tableau 29) est mentionnée dans des proportions s'appliquant aux deux médianes décrites pour un taux de charge égal et dans une même famille. Le prélèvement ponctuel est ainsi associé à une concentration médiane en DBO₅ supérieure à celle du prélèvement bilan 24h.

Tableau 29 : Quantification de l'influence du type de prélèvement sur les médianes du paramètre DBO₅

	Prélèvement	
	Ponctuel	Bilan 24h
DBO ₅	+ 46 %	Référence

Vis-à-vis des familles, les trois paramètres fournissent des résultats équivalents : les médianes de la famille des CFSF, utilisées comme référence sont toujours les plus basses ; celles de la famille des CFI lui sont immédiatement supérieures et celles de la famille des CL lui sont encore supérieures.

Tableau 30 : Quantification de l'influence des familles sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO₅

	Famille		
	Famille CFSF	Famille CFI	Famille CL
MES	Référence ²⁸	+ 60 %	+ 297 %
DCO		+ 67 %	+ 111 %
DBO ₅		+ 75 %	+ 326 %

L'influence du facteur « taux de charge » est quantifié et résumé dans le Tableau 31. Les conclusions vont dans le même sens pour les trois paramètres. Indépendamment des familles, la qualité des eaux usées traitées est sensible :

- soit à un taux de charge supérieur à 70 %, avec une médiane supérieure à celle calculée pour les taux de charge inférieurs à 70 %,
- soit à un taux de charge inférieure à 30 % avec une médiane inférieure à celle calculée pour les taux de charge supérieurs à 30 %.

Tableau 31 : Quantification de l'influence du taux de charge sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO₅

	Taux de charge		
	< 30 %	30 % - 70 %	> 70 %
MES	=	Référence	+ 60 %
DCO	- 34 %		=
DBO ₅	=		+ 127 %

En résumé, les modèles « log-linéaire généralisé » concluent que les facteurs « famille » et « taux de charge » ont une influence significative, indépendamment l'un de l'autre, sur la qualité des eaux usées traitées décrites à partir des trois paramètres chimiques MES, DCO et DBO₅.

²⁸ En rappel, la référence retenue, tout au long de ce rapport, est toujours l'ensemble pour lequel l'effectif est le maximum.

De manière générale, les eaux usées traitées issues des installations de la famille des CFSF sont de meilleure qualité que celles de la famille des CFI, elles-mêmes de meilleure qualité que celles de la famille des CL.

Les trois familles fournissent des eaux usées traitées de meilleure qualité pour les taux de charge les plus faibles.

➤ **Statistiques descriptives associées aux facteurs d'influence identifiés par le modèle « log-linéaire généralisé » à l'échelle des trois familles**

Les facteurs explicatifs « famille » et « taux de charge » ayant une influence significative conjointe sur la qualité des eaux usées traitées, des tableaux descriptifs ont été réalisés pour les trois familles et les trois classes du taux de charge.

Le type de prélèvement réalisé a également une influence vis-à-vis de la distribution du paramètre DBO₅. Par la suite, des représentations graphiques en boîte à moustaches et histogrammes viennent étoffer ces descriptions numériques.

Le Tableau 32 indique via les moyennes et les médianes, des concentrations dans les eaux usées traitées systématiquement croissantes entre les trois familles CFSF, CFI et CL pour le paramètre MES et ce, pour les trois classes de charge estimées.

Les maxima de chaque classe de taux de charge sont des concentrations d'eaux usées traitées de la famille des CL.

A noter également que les minima correspondent aux limites de quantification analytique (LQ), excepté pour la famille des CL et la classe de taux de charge supérieur à 70 % (9 mg/L).

Tableau 32 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ (en mg/L) selon les familles et le taux de charge

en mg/L			Famille CFSF			Famille CFI			Famille CL		
			MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Taux de charge	inférieur à 30 %	Moyenne	11	57	8	22	101	18	49	110	19
		Médiane	9	56	6	13	89	7	18	66	6
		Minimum		LQ			LQ			LQ	
		Maximum	36	110	23	190	454	220	460	710	250
		Nombre de valeurs	24	24	14	53	53	33	43	43	24
	compris entre 30% et 70 %	Moyenne	23	85	9	36	135	18	192	295	43
		Médiane	10	59	5	18	98	8	46	110	17
		Minimum		LQ			LQ			LQ	
		Maximum	812	1372	154	820	1070	270	7230	7740	350
		Nombre de valeurs	368	367	217	242	242	146	211	213	120
	supérieur à 70 %	Moyenne	34	101	21	50	169	30	125	258	68
		Médiane	16	71	12	24	100	10	61	170	43
		Minimum		LQ		LQ	31	LQ	9	37	LQ
		Maximum	432	552	120	424	1300	230	1200	1092	340
		Nombre de valeurs	212	213	77	93	93	62	28	28	14

Les trois familles sont toutes trois sensibles aux taux de charge et les médianes, au sein d'une même famille, sont systématiquement croissantes lorsque le taux de charge croît aussi.

La comparaison des médianes de deux classes de charge extrêmes (< 30 % et > 70 %) montre des facteurs d'accroissement de 175 %, 185 % et 350 % respectivement pour les familles des CFSF, CFI et CL. Les maxima de chaque famille n'ont pas de lien direct avec le taux de charge puisqu'ils sont situés dans la classe de taux de charge intermédiaire (30% - 70%).

Pour la famille des CL, les concentrations supérieures à la vibrisse supérieure correspondent à un nombre de valeurs important (9 %) et présentent des amplitudes fortes (maximum : 7230 mg/L).

Ces valeurs impactent la moyenne (192 mg/L) de cette classe de charge (30 % - 70 %) de sorte à la rendre supérieure à la moyenne (125 mg/L) de la classe de charge supérieure (>70 %).

Pour le paramètre DBO₅, les médianes et les moyennes (Tableau 33) sont supérieures en cas d'un prélèvement ponctuel à celles correspondant à un prélèvement composite réalisé pendant 24h pour les familles des CFSF et des CFI.

Ce résultat s'inverse pour la famille des CL pour laquelle les valeurs s'accroissent pour des bilans 24h. Les maxima sont systématiquement plus élevés en cas de prélèvements ponctuels comparé aux modes de prélèvement en bilan 24h.

Tableau 33 : Concentrations du paramètre DBO₅ (en mg/L) selon les familles et le type de prélèvement

en mg/L		Famille CFSF	Famille CFI	Famille CL
Ponctuel	Moyenne	21	29	34
	Médiane	11	9	7
	Minimum	LQ	LQ	LQ
	Maximum	154	270	350
	Nombre de valeurs	84	108	45
Bilan 24h	Moyenne	9	15	45
	Médiane	5	7	19
	Minimum	LQ	LQ	LQ
	Maximum	76	220	250
	Nombre de valeurs	226	133	113

La Figure 23, dédiée au paramètre MES, illustre, à titre d'exemple ces différences conjointes entre familles et classes de taux de charge. Un autre mode de représentation des résultats (Figure 24) visualise les proportions d'effectif des 3 paramètres (MES, DCO et DBO₅) dans les trois classes de qualité définies, pour chacune des trois familles et chacun des trois taux de charge.

Les trois familles sont sensibles à l'accroissement de la charge. La proportion de qualité « acceptable » décroît de façon très sensible entre les situations de charges faibles et de charges fortes.

Les proportions de concentrations d'« inacceptables » pour le paramètre MES (Figure 24) et pour des taux de charges supérieurs à 70 %, sont de 7 % pour la famille des CFSF, de 16 % pour la famille des CFI et de 43 % pour la famille des CL.

Les proportions de concentrations qualifiées « acceptables » sont le plus souvent inférieures à 80 % sauf dans la famille des CFSF et pour les deux taux de charge les plus bas avec des valeurs à 92 % et 83 %.

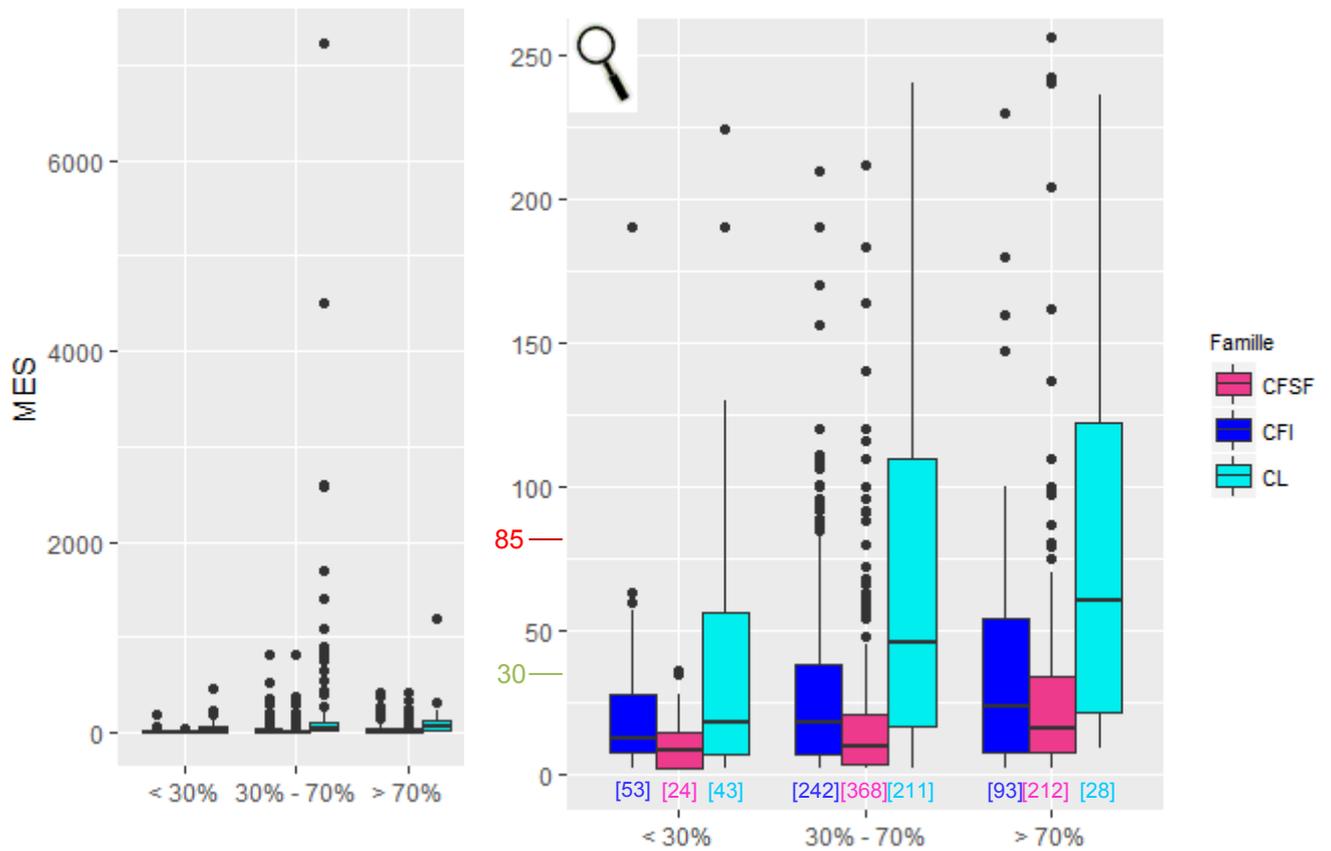


Figure 23 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon le taux de charge et par famille (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

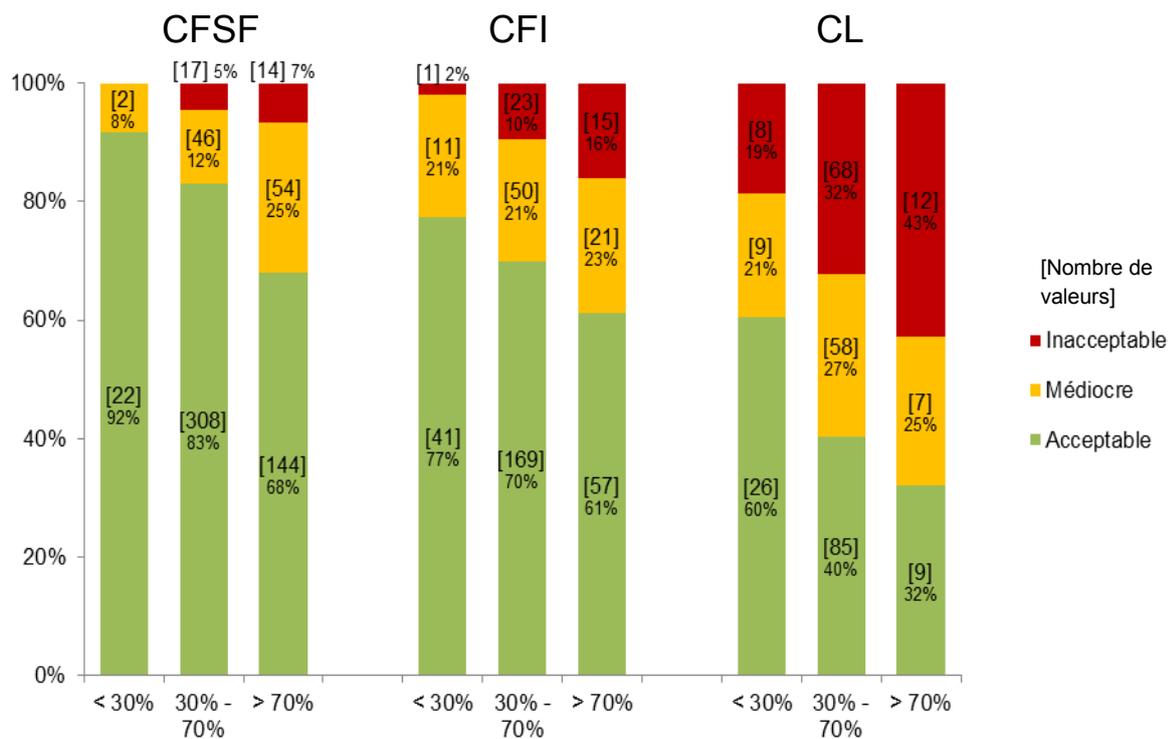


Figure 24 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon taux de charge et familles, du paramètre MES

Les résultats obtenus pour le paramètre DCO sont désormais présentés.

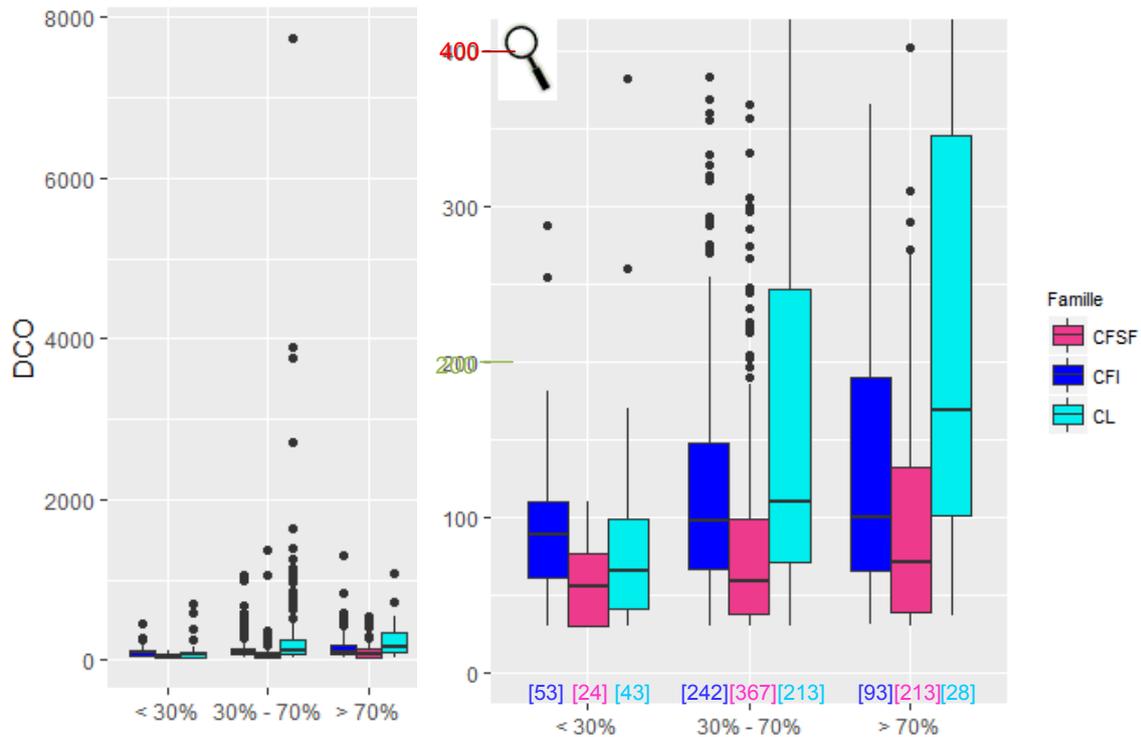


Figure 25 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon le taux de charge et par famille (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

Les proportions de concentrations qualifiées « inacceptables » pour le paramètre DCO (Figure 26) et pour des taux de charges supérieures à 70 %, sont de 2 % pour la famille des CFSF, de 10 % pour la famille des CFI et de 18 % pour la famille des CL. Les proportions de concentrations situées dans la classe « acceptable » sont le plus souvent supérieures à 80 % sauf dans la famille des CL et pour les deux taux de charge les plus hauts avec des valeurs de 69 % et 57 %.

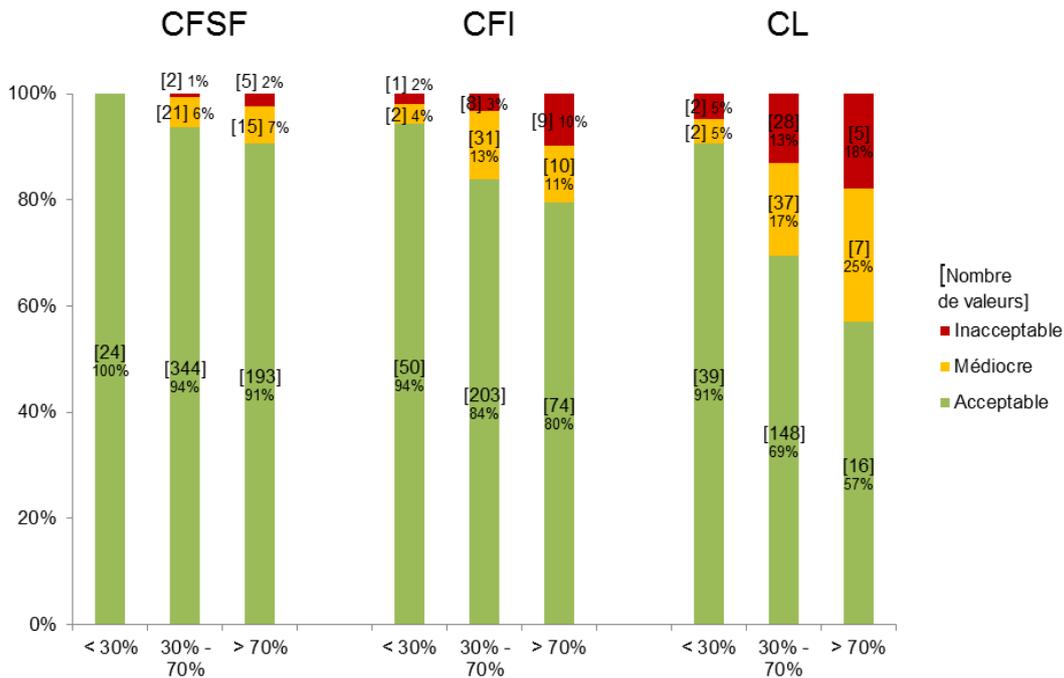


Figure 26 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon taux de charge et familles, du paramètre DCO

La dégradation de qualité liée à l'augmentation du taux de charge pour le paramètre DCO est importante essentiellement pour la famille des CL : pour la classe de taux charge intermédiaire (30 % - 70 %), seul 69 % du nombre de valeurs est dans la classe de qualité « acceptable » ; au-delà de 70 % de charge, cette proportion est de 57 %.

Pour les familles des CFSF et des CFI, la proportion de concentrations situées dans la classe « acceptable » est systématiquement supérieure à 80 %, indépendamment du taux de charge.

Les résultats obtenus pour le paramètre DBO₅ sont désormais présentés. La dégradation de qualité associée à l'augmentation du taux de charge pour le paramètre DBO₅ et par famille n'est pas présentée pour ce paramètre : effectivement, elle devrait l'être conjointement avec les deux types de prélèvement puisque ces trois facteurs ont été identifiés comme ayant des impacts statistiquement significatifs.

La Figure 27 souligne les impacts différenciés pour chaque famille du mode de prélèvement. Pour les familles des CFSF et des CFI, les concentrations des prélèvements ponctuels (Tableau 33) montrent une dispersion plus forte que les concentrations des prélèvements effectués par des bilans 24h. Les médianes sont plus faibles. Ce constat s'inverse complètement pour la famille des CL.

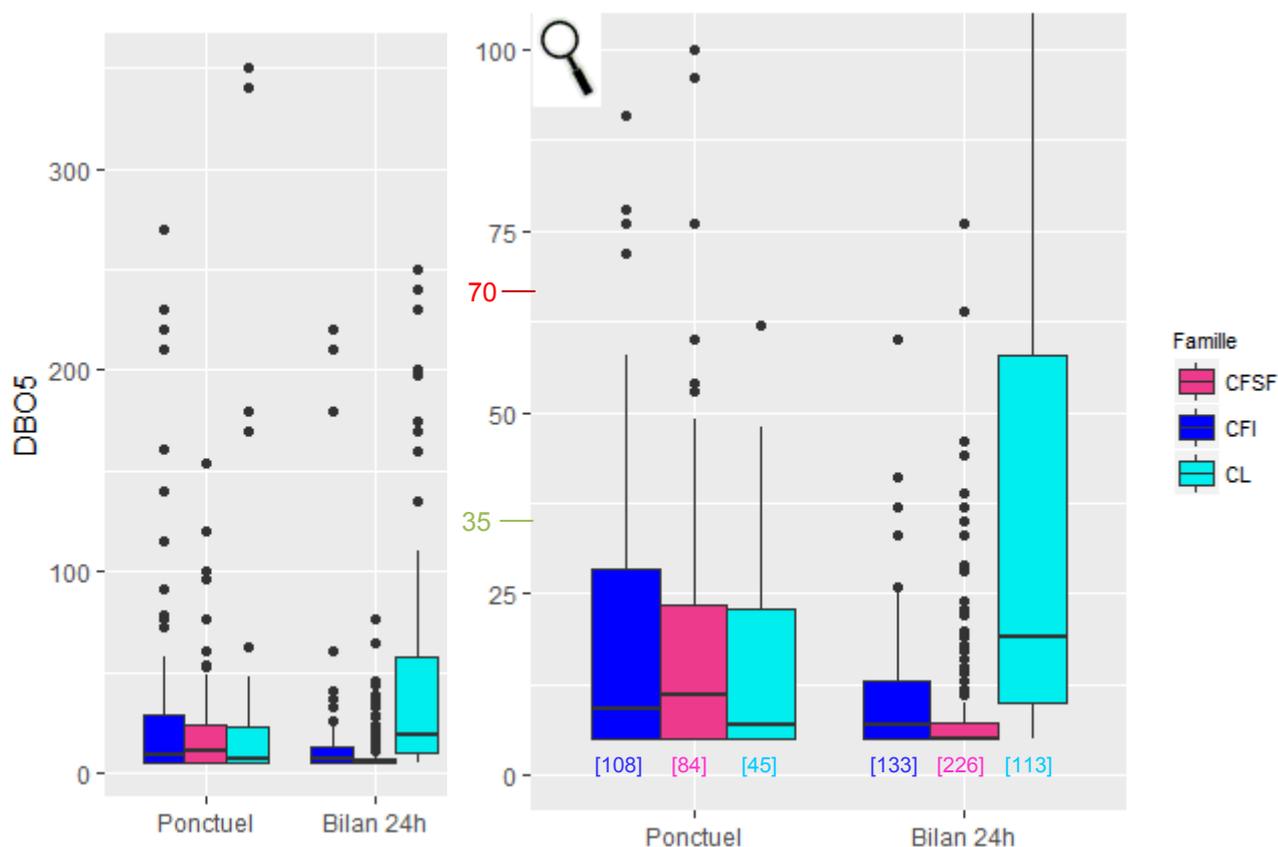


Figure 27 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon le type de prélèvement et par famille (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

➤ Conclusion à l'échelle des trois familles²⁹

L'analyse statistique a démontré que les trois familles délivrent des eaux usées traitées de qualité différente. Ainsi, la famille des CFSF produit des eaux usées traitées de meilleure qualité vis-à-vis des trois paramètres caractéristiques de la matière organique (MES, DCO, et DBO₅) que la famille des CFI. C'est la famille des CL qui produit des eaux usées traitées de la moins bonne qualité.

L'analyse statistique souligne la sensibilité de la qualité des eaux usées traitées pour les trois familles vis-à-vis de la charge à traiter : la qualité des eaux usées traitées, tous paramètres confondus, se dégrade lorsque la charge de pollution à traiter croît.

Statistiquement, l'âge de l'installation n'a pas d'effet significatif sur la qualité des eaux usées traitées.

3.1.2. Qualité des eaux usées traitées pour la famille des Cultures Fixées sur Support Fin

L'âge moyen des installations de la famille des CFSF au moment de la visite est de 2 ans et 10 mois. Cet âge moyen, très légèrement supérieur à celui de l'échantillon global (2 ans et 8 mois) montre la jeunesse du parc suivi qu'il est important de garder à l'esprit.

La capacité nominale moyenne des installations est de 5,4 EH et le taux de charge théorique moyen est de 68 %. Le taux de charge estimé moyen est de 58 %.

➤ Statistiques descriptives de la famille des CFSF

Le Tableau 34 fournit l'ensemble des médianes, moyennes, minima³⁰, maxima ainsi que le nombre de valeurs de l'échantillon pour chacun des 3 paramètres chimiques analysés.

Tableau 34 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ en mg/L (famille CFSF)

en mg/L	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	26	89	12
Médiane	12	64	5
Maximum	812	1372	154
Nombre de valeurs	606	606	310

Pour les paramètres caractéristiques de la matière organique (MES, DCO et DBO₅), les concentrations moyennes des eaux usées traitées, respectivement de 26 mg/L, 89 mg/L et 12 mg/L soulignent une qualité moyenne « acceptable » vis-à-vis des trois paramètres.

Le Tableau 34 rapporte des maxima relativement élevés. Des concentrations en MES et DCO, respectivement de l'ordre de 800 mg/L ou 1400 mg/L pourraient être celles d'eaux usées avant traitement (cf. Annexe 10). Ces maxima (obtenus sur le même prélèvement et en absence de mesure de la DBO₅) expliquent les écarts importants entre la moyenne et la médiane.

Une présentation graphique (Figure 28 et Figure 29) sous forme de boîte à moustaches visualise, à titre d'exemple, deux paramètres : MES et DBO₅.

Il est ainsi possible de déterminer la qualité globale des eaux usées traitées de la famille des CFSF vis-à-vis des valeurs seuils définies en introduction.

²⁹ Ce classement en familles (ou filières) peut recouvrir des hétérogénéités dans les classes de qualité d'eaux usées traitées issues des filières et des dispositifs

³⁰ Les minima sont les LQ, ils ne sont plus mentionnés par la suite.

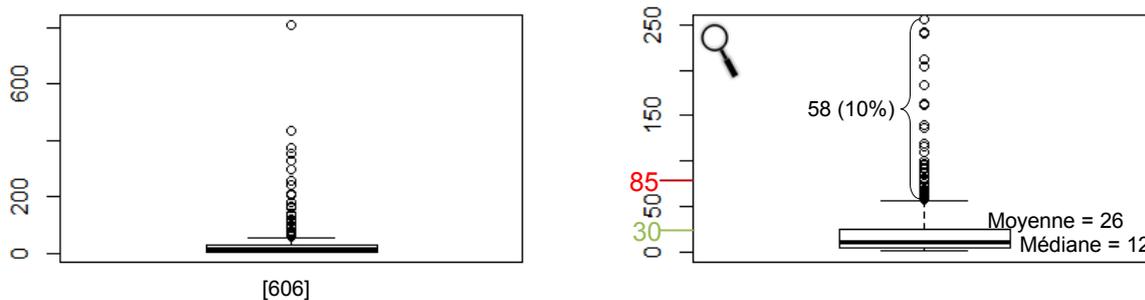


Figure 28 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES pour la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

Vis-à-vis de la DCO et de la DBO₅, plus de 93 % de l'effectif correspond à des concentrations de qualité « acceptable ». Ce taux se réduit au regard du paramètre MES et atteint seulement 78 %.

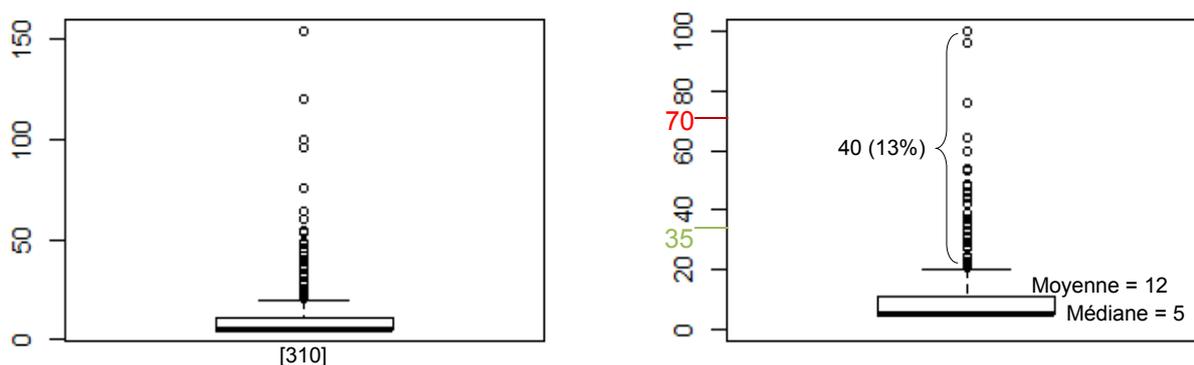


Figure 29 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ pour la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

Un autre mode de représentation des résultats (Figure 30) visualise les proportions d'effectif dans les trois classes de qualité définies, paramètre par paramètre.

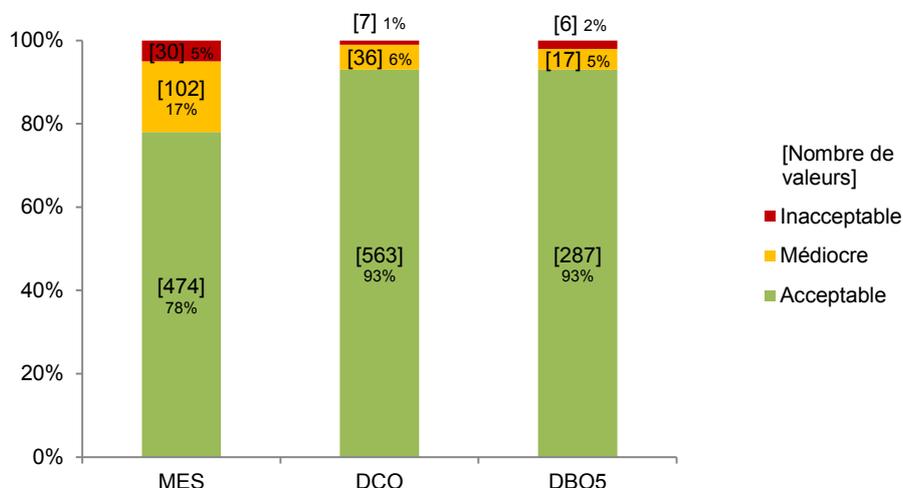


Figure 30 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO₅ (famille CFSF)

Pour la DCO et la DBO₅, 1 à 2 % du nombre de valeurs correspond à une concentration « inacceptable » ; ce taux atteint 5 % lorsque l'analyse porte sur le paramètre MES.

39 prélèvements, soit 6 % des prélèvements validés de la famille des CFSF, pour lesquels le paramètre déclassant n'est pas systématiquement les MES, même si ce dernier est le plus fréquent, sont dans la classe de qualité « inacceptable ».

➤ **Identification des facteurs d'influence sur la variation de la qualité des eaux usées traitées par la famille des CFSF**

❖ *Résultats par filière*

A ce stade, l'analyse relative aux filières de traitement se focalise sur les cinq filières de la famille des CFSF : « copeaux de coco », « laine de roche », « sable », « végétaux » et « zéolithe ». Les données relatives à la sixième filière (« écorce de pin »), d'un nombre restreint (3 prélèvements validés) ne sont pas maintenues à ce stade. Les résultats sont résumés dans le Tableau 35.

L'influence des facteurs sur la variation de la qualité des eaux usées traitées est commune à tous les paramètres :

- la filière est le seul facteur expliquant les variations des concentrations ;
- ni le type de prélèvements (ponctuel ou bilan 24h),
- ni l'âge, quelle que soit sa classe,
- ni le taux de charge, quelle que soit sa classe n'ont d'influence identifiée sur les variations de concentrations.

Tableau 35 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la famille CFSF) sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO₅

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	MES, DCO, DBO ₅
Filières de la famille CFSF	oui	MES, DCO, DBO ₅
Age	non	MES, DCO, DBO ₅
Taux de charge	non	MES, DCO, DBO ₅

Le modèle statistique permet de quantifier les influences identifiées de chaque filière sur les médianes des distributions des concentrations (Tableau 36).

Tableau 36 : Quantification de l'influence des cinq filières de la famille CFSF sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO₅

	Filière				
	Copeaux de coco	Laine de roche	Sable	Végétaux	Zéolithe
MES	+ 107 %	+ 222 %	Référence	=	+ 410 %
DCO	+ 62 %	+ 215 %		+ 62 %	+ 215 %
DBO ₅	=	+ 641 %		=	+ 317 %

En référence au paramètre MES, les filières « sable » et « végétaux » délivrent des eaux usées traitées de meilleure qualité, suivies de celles de la filière « copeaux de coco », puis celles de la filière « laine de roche » et enfin, celles de la filière « zéolithe ».

Les deux paramètres DCO et DBO₅ fournissent des résultats très proches : la filière « sable » vient en tête, suivie à égalité par les filières « végétaux » et « copeaux de coco ». Les filières « zéolithe » ou « laine de roche » viennent ensuite avec, pour la « laine de roche », une qualité la plus dégradée si l'analyse est faite vis-à-vis du paramètre DBO₅.

Pour les paramètres MES, DCO et DBO₅, l'ordre classant les filières selon la qualité décroissante des eaux usées traitées est équivalent pour les trois filières de tête : « sable », « végétaux » puis « copeaux de coco ».

Viennent ensuite la filière « laine de roche » et la filière « zéolithe » pour le paramètre MES. Pour ces deux dernières filières : « zéolithe » et « laine de roche », le classement s'inverse pour le paramètre DBO₅ et est équivalent pour le paramètre DCO.

❖ Résultats par dispositif de chaque filière

Après avoir identifié l'influence des filières, il s'agit désormais d'identifier d'éventuelles influences des dispositifs au sein d'une même filière. Ces influences sont recherchées lorsqu'il existe plusieurs dispositifs au sein d'une même filière ; c'est le cas pour les filières « sable », « zéolithe », « copeaux de coco » et « laine de roche ». La dernière filière « végétaux », constituée d'un seul dispositif n'est pas concernée par cette analyse.

- Dispositifs de la filière « sable »

A ce stade, l'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur deux dispositifs (Aa1 et Aa3) parmi les trois suivis, le nombre de valeurs associées au dispositif Aa2 n'étant pas suffisant (Tableau 37), il n'a pas été maintenu dans la comparaison.

Tableau 37 : Nombre de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO₅ selon les trois dispositifs de la filière « sable »

Dispositif	Aa1			Aa2			Aa3		
	Paramètre	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO
Nombre de valeurs	106	107	51	1	1	1	41	41	41

Le modèle statistique n'identifie aucune influence des facteurs au sein de la filière « sable ». Il n'est donc pas possible de discriminer statistiquement les différences de qualité des dispositifs entre eux. Les valeurs visualisées ultérieurement à l'aide des statistiques descriptives correspondent donc à des tendances non significatives statistiquement.

- Dispositifs de la filière « zéolithe »

A ce stade, l'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur les deux dispositifs suivis : Ac1 et Ac2 dont les nombres de valeurs pour chacun des trois paramètres sont présentés dans le Tableau 38.

Tableau 38 : Nombres de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO₅ selon les deux dispositifs de la filière « zéolithe »

Dispositif	Ac1			Ac2		
	Paramètre	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO
Nombre de valeurs	42	42	27	97	96	36

Le modèle n'identifie aucune influence de facteur explicatif au sein de la filière « zéolithe » pour les paramètres DCO, DBO₅ et MES. Il n'est donc pas possible de discriminer statistiquement les différences de qualité des eaux usées traitées des deux dispositifs pour ces trois paramètres. Les valeurs visualisées ultérieurement à l'aide des statistiques descriptives montreront éventuellement des différences, interprétées sous forme de tendances non significatives statistiquement.

- Dispositifs de la filière « copeaux de coco »

A ce stade, l'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur les deux dispositifs suivis : Ad1 et Ad2 dont les nombres de valeurs pour chacun des trois paramètres sont présentés dans le Tableau 39. L'effectif du dispositif Ad1 est insuffisant pour le paramètre DBO₅ et l'analyse ne concerne que les variables dépendantes MES et DCO.

Tableau 39 : Nombres de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO₅ selon les deux dispositifs de la filière « copeaux de coco »

Dispositif	Ad1			Ad2		
	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Nombre de valeurs	17	17	2	84	84	36

Tableau 40 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « copeaux de coco ») sur la concentration des paramètres MES et DCO

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	MES, DCO
Dispositifs de la filière « copeaux de coco »	non	MES, DCO
Age	non	MES
	oui, si > 4 ans	DCO
Taux de charge	non	MES, DCO

Le modèle identifie l'âge comme unique facteur explicatif du paramètre DCO (Tableau 41).

Tableau 41 : Quantification de l'influence de l'âge sur les médianes du paramètre DCO

	Age		
	< 2 ans	2 ans – 4 ans	> 4 ans
DCO	=	Référence	- 58 %

La qualité des eaux usées traitées vis-à-vis du paramètre DCO s'améliore avec le temps (Tableau 41). Un lessivage de plus en plus faible dans le temps des acides humiques constitue l'une des hypothèses de cette évolution favorable.

Il n'est pas possible de discriminer statistiquement les différences de qualité des eaux usées traitées des deux dispositifs pour ces trois paramètres. Les valeurs visualisées ultérieurement à l'aide des statistiques descriptives montreront éventuellement des différences, interprétées sous forme de tendances non significatives statistiquement.

- Dispositifs de la filière « laine de roche »

A ce stade, l'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur les deux dispositifs suivis : Ae1 et Ae2 dont les nombres de valeurs pour chacun des trois paramètres sont présentés dans le Tableau 42. L'effectif du dispositif Ae2 est insuffisant pour le paramètre DBO₅ et l'analyse ne concerne que les variables dépendantes MES et DCO.

Tableau 42 : Nombres de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO₅ selon les deux dispositifs de la filière « laine de roche »

Dispositif	Ae1			Ae2		
	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Nombre de valeurs	33	33	26	59	59	2

Le modèle identifie un seul facteur d'influence : « dispositif », lorsque l'analyse porte sur le paramètre MES (Tableau 43). Le modèle statistique permet de plus de quantifier l'influence de ce facteur « dispositif » sur les médianes des distributions (Tableau 44).

Tableau 43 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « laine de roche ») sur la concentration des paramètres MES et DCO

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	MES, DCO
Dispositifs de la filière « laine de roche »	oui	MES
Age	non	DCO
Taux de charge	non	MES, DCO

Tableau 44 : Quantification de l'influence des deux dispositifs de la filière « laine de roche » sur les médianes du paramètre MES

	Dispositif	
	Ae1	Ae2
MES	+ 135 %	Référence

En référence au paramètre MES, le dispositif Ae2 fournit une eau usée traitée de meilleure qualité que le dispositif Ae1.

L'outil statistique n'identifie pas d'influence significative que ce soit pour les deux dispositifs garnis de sable, ou ceux garnis de zéolithe, ou ceux garnis de copeaux de coco.

Par contre, les dispositifs « laine de roche » ont une influence discriminante pour le paramètre MES. Le dispositif Ae2 délivre une eau traitée de meilleure qualité que le dispositif Ae1 : la médiane des concentrations en MES est la plus faible pour le dispositif Ae2.

➤ **Statistiques descriptives associées aux facteurs d'influence identifiés : filières et dispositifs de la famille des CFSF par le modèle « log-linéaire généralisé »**

❖ Résultats par filière

Le facteur d'influence « filière » a été identifié comme étant le seul facteur ayant de l'influence significative sur la qualité des eaux usées traitées dans la famille des CFSF. Le Tableau 45 présente les moyennes, médianes, minima, maxima et nombre de valeurs des cinq filières pour les variables dépendantes MES, DCO et DBO₅.

Les moyennes des concentrations des eaux usées traitées en MES des 4 filières : « végétaux », « sable », « copeaux de coco » et « laine de roche » respectivement de 8 mg/L, 13 mg/L, 22 mg/L et 26 mg/L sont toutes qualifiées d'« acceptables ». Celle de la filière « zéolithe » bascule dans la qualité « médiocre » avec une valeur moyenne à 60 mg/L. Les paramètres DCO et DBO₅ sont moins discriminants que le paramètre MES et classent toutes les concentrations moyennes des eaux usées traitées dans la classe « acceptable ».

Tableau 45 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ (en mg/L) selon les cinq filières de la famille des CFSF

en mg/L		Sable	Végétaux	Copeaux de coco	Laine de roche	Zéolithe
MES	Moyenne	13	8	22	26	60
	Médiane	8	5	13	17	24
	Minimum	LQ	LQ	LQ	LQ	3
	Maximum	91	42	256	120	812
	Nombre de valeurs	148	126	101	92	139
DCO	Moyenne	48	62	76	134	139
	Médiane	34	51	67	111	94
	Minimum	LQ	LQ	LQ	39	LQ
	Maximum	267	271	255	523	1372
	Nombre de valeurs	149	126	101	92	138
DBO ₅	Moyenne	6	6	9	33	21
	Médiane	5	5	8	25	14
	Minimum	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ
	Maximum	33	64	28	120	154
	Nombre de valeurs	93	88	38	28	63

Des représentations graphiques en boîte à moustaches et histogramme (Figure 31 à Figure 36) paramètre par paramètre étoffent les descriptions numériques. Un code couleur (boîte à moustaches pleine ET histogramme encadré de noir) signale toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifié comme ayant un effet significatif sur les distributions statistiques des concentrations. Les histogrammes vides correspondent à des filières dont le nombre de valeurs est insuffisant.

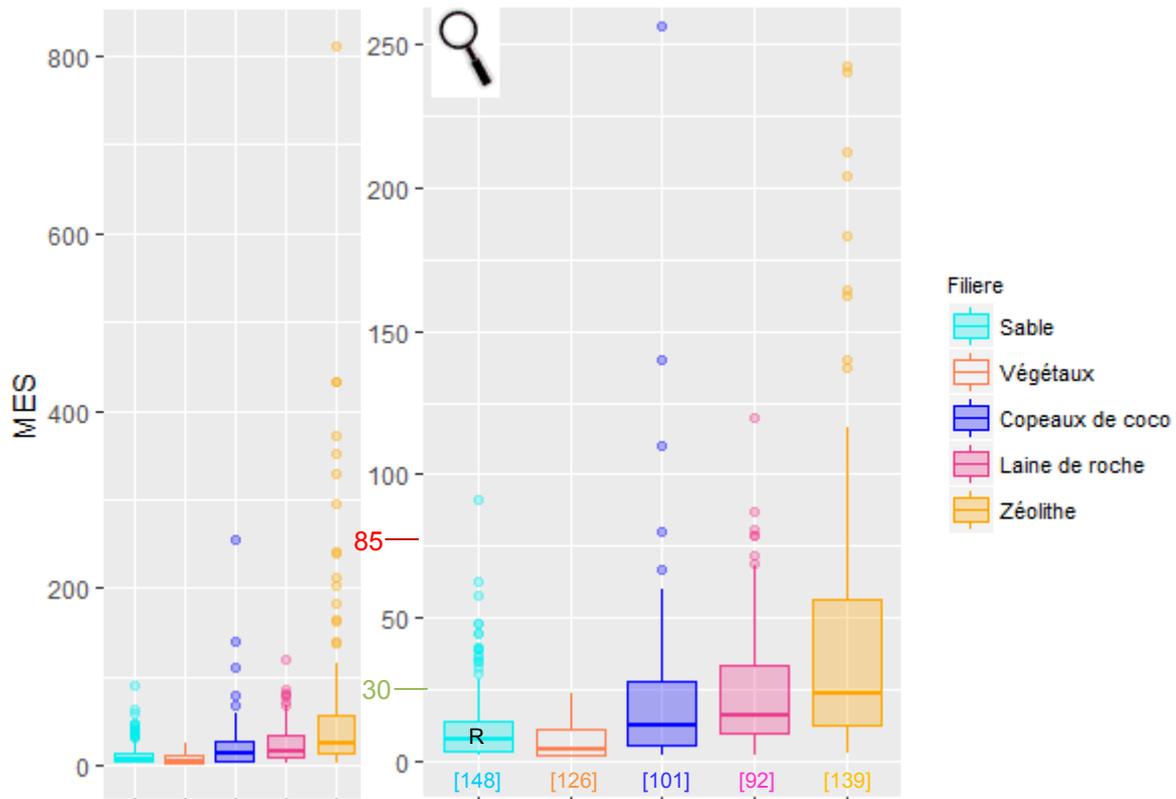


Figure 31 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les filières de la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

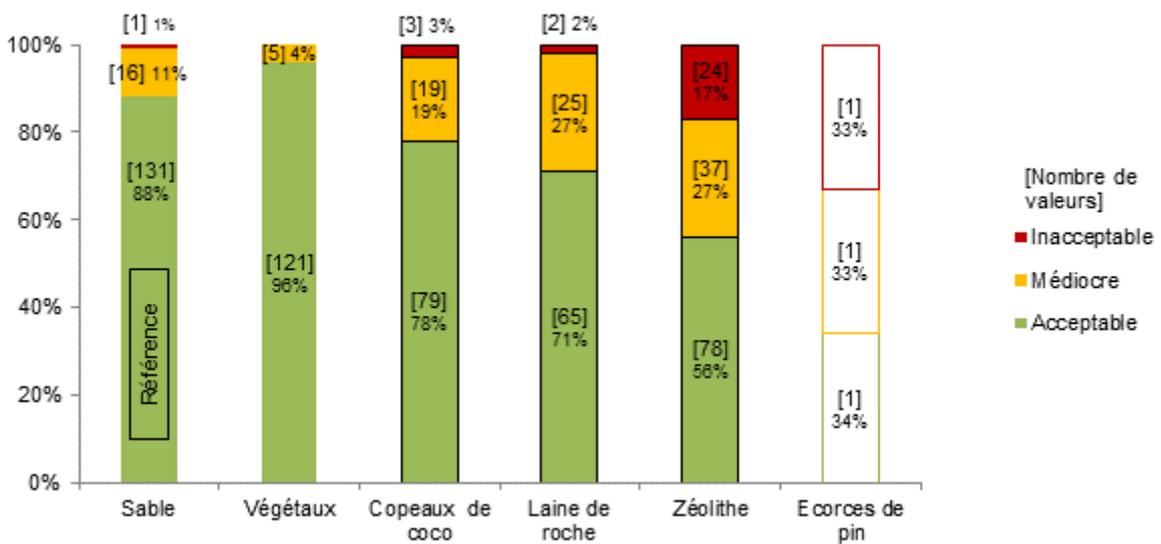


Figure 32 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFSF, du paramètre MES

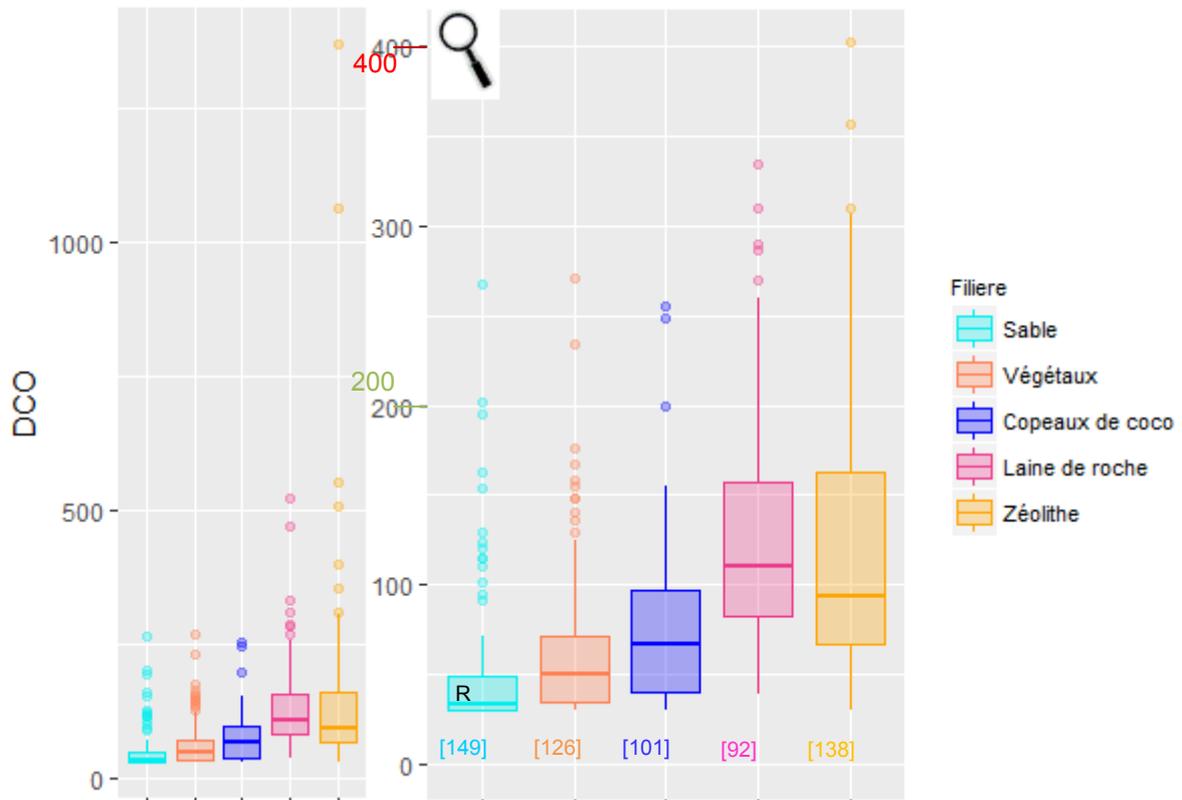


Figure 33 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les filières de la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

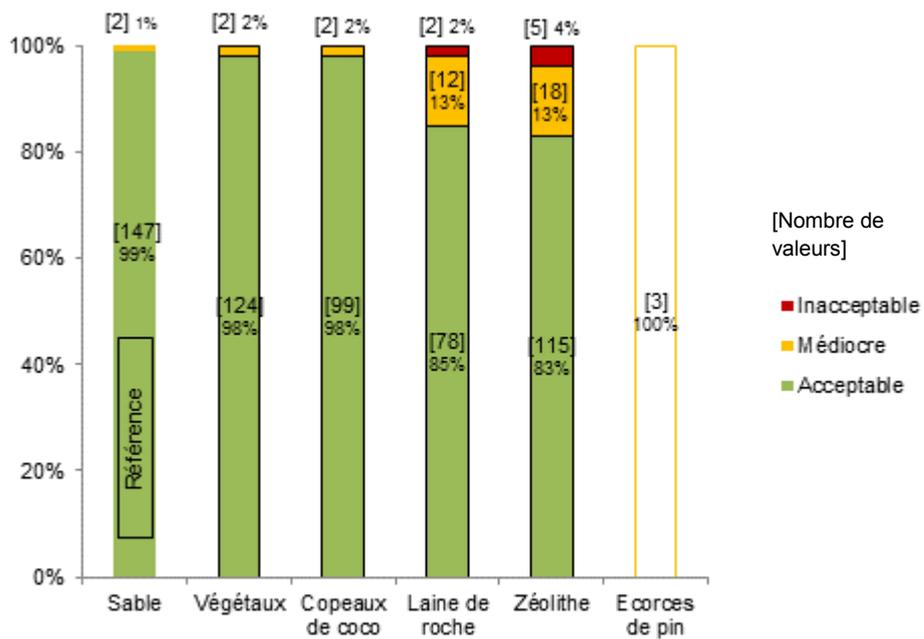


Figure 34 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFSF, du paramètre DCO

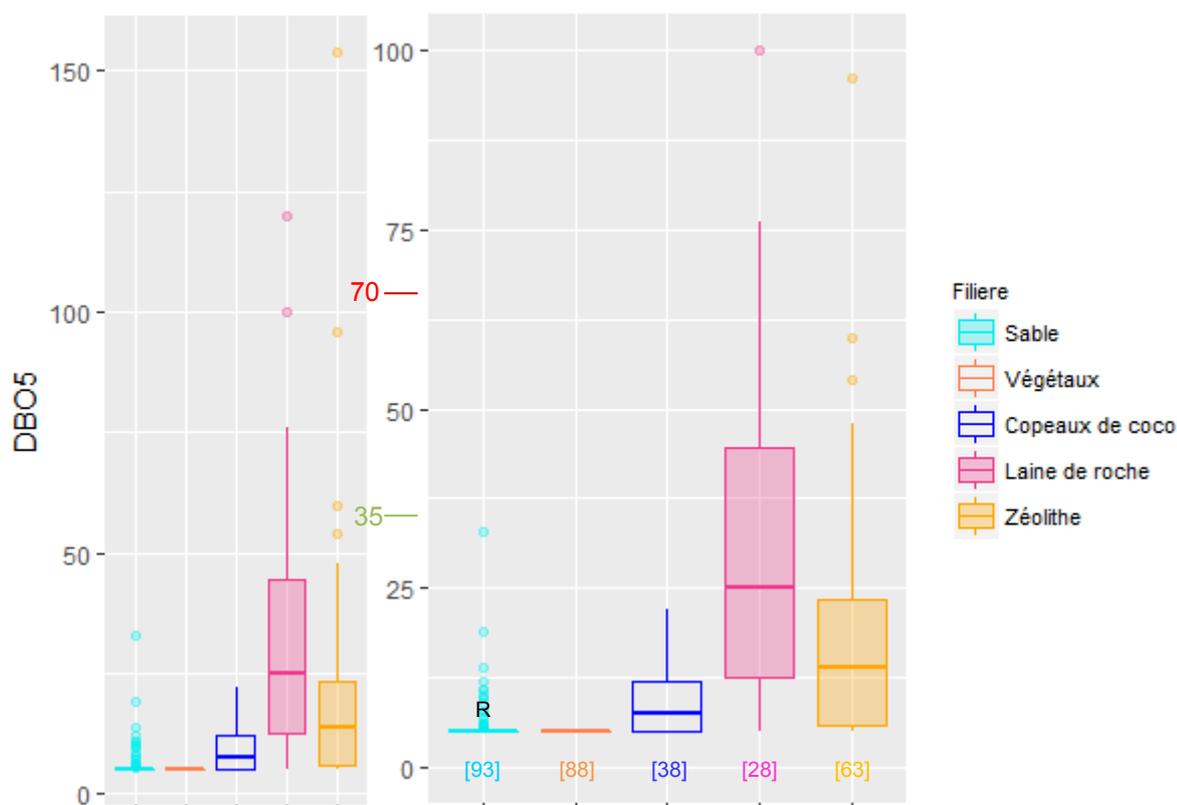


Figure 35 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les filières de la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

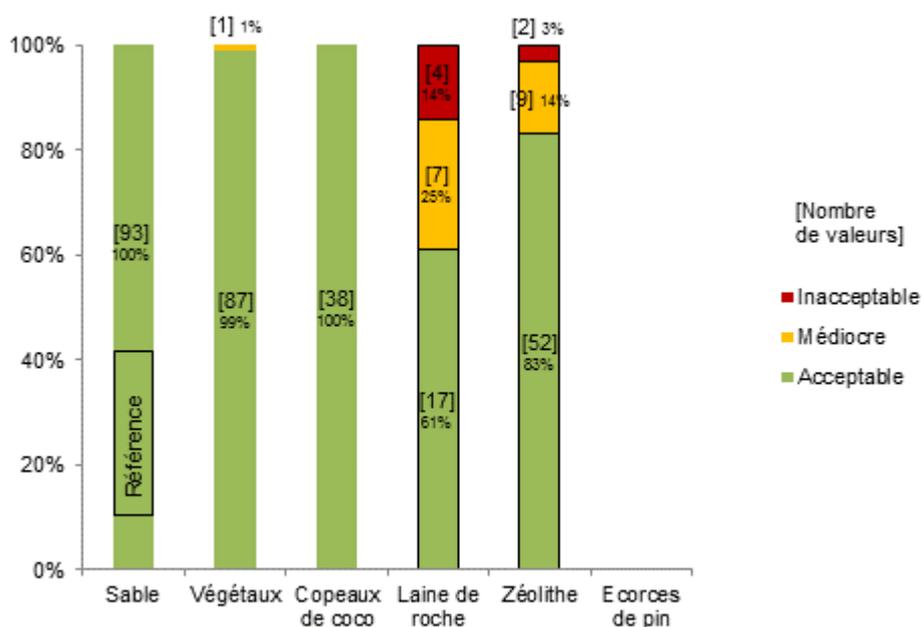


Figure 36 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFSF, du paramètre DBO₅

La filière « sable », constituée de trois dispositifs, montre une fragilité relative vis-à-vis du paramètre MES puisque 88 % de l'effectif appartient à la classe de qualité « acceptable » alors que, pour les paramètres DCO et DBO₅, la proportion dépasse 99 %.

La filière « végétaux », constituée d'un seul dispositif, fournit des eaux usées traitées de qualité « acceptable » dans plus de 96 % des prélèvements, et ce, quel que soit le paramètre.

Pour autant, la conclusion de l'outil statistique classe cette filière en deuxième position du fait de la distribution des concentrations en DCO plus favorable à la filière « sable » qu'à la filière « végétaux » dont les médianes respectives sont de 34 et 51 mg/L.

La filière « copeaux de coco » est constituée de deux dispositifs. Le paramètre MES est le plus déclassant et conduit à qualifier 78 % de l'effectif qualité « acceptable ». Pour les deux autres paramètres, la proportion de données situées dans la classe de qualité « acceptable » dépasse 98 %.

Les filières « laine de roche » et « zéolithe » sont toutes deux constituées de deux dispositifs. Les proportions de concentration de qualité « acceptable » les plus faibles par rapport aux autres filières sont de 61 % pour le paramètre DBO₅ pour la « laine de roche » et de 56 % pour le paramètre MES pour la « zéolithe ». La proportion des eaux usées traitées classée comme ayant une qualité « inacceptable » atteint respectivement pour ces deux filières 14 à 17 % alors que cette proportion pour les trois autres filières (« sable », « végétaux » et « copeaux de coco ») ne dépasse pas 3 %.

❖ Résultats par dispositif

Le modèle a permis de discriminer statistiquement uniquement les deux dispositifs de la filière « laine de roche », et les résultats sont présentés dans le Tableau 46 et les Figure 37 et Figure 38.

Tableau 46 : Concentration du paramètre MES (en mg/L) selon les deux dispositifs de la filière « laine de roche »

en mg/L		Ae1	Ae2
MES	Moyenne	41	18
	Médiane	33	13
	Minimum	5	LQ
	Maximum	120	72
	Nombre de valeurs	33	59

Pour le dispositif Ae2, la moyenne des concentrations se situe dans la classe « acceptable » alors que pour le dispositif Ae1, cette moyenne bascule dans la classe « médiocre ».

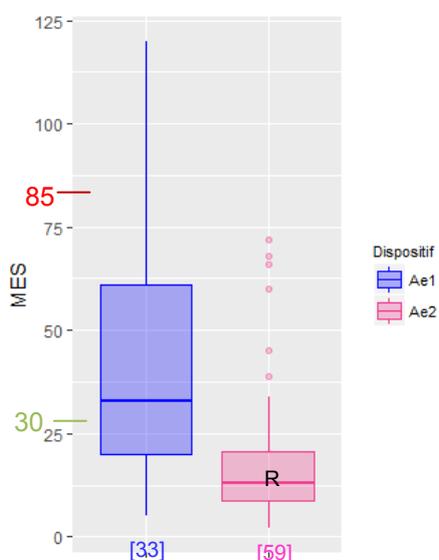


Figure 37 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES (deux dispositifs de la filière « laine de roche »)

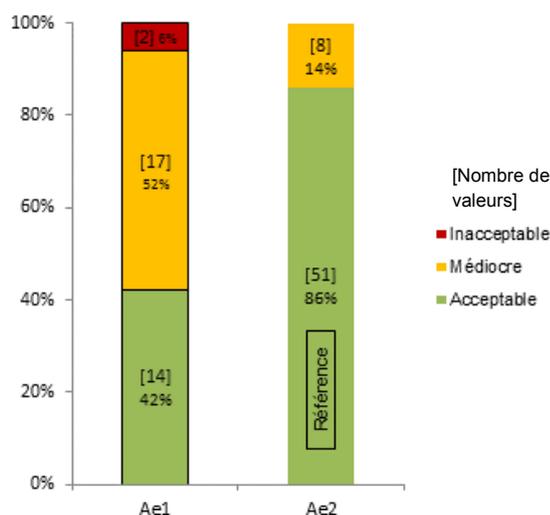


Figure 38 : Répartition, dans chaque classe de qualité, du paramètre MES (deux dispositifs de la filière « laine de roche »)

La classe « acceptable » du dispositif Ae1 ne concerne que 42 % de l'effectif. Ce taux est de 86 % pour le dispositif Ae2.

➤ **Conclusion : filières et dispositifs de la famille des CFSF**

L'outil statistique n'identifie pas d'influence significative que ce soit pour les deux dispositifs garnis de sable, ceux garnis de zéolithe, ou ceux garnis de copeaux de coco.

Par contre, les dispositifs « laine de roche » ont une influence discriminante pour le paramètre MES. Le dispositif Ae2 délivre une eau traitée de meilleure qualité que le dispositif Ae1 : la médiane des concentrations en MES est la plus faible pour le dispositif Ae2.

Dans la famille des CFSF la filière « sable » présente une meilleure qualité des eaux usées traitées que celle des filières « végétaux » et « copeaux de coco ».

Pour le paramètre MES, la filière « laine de roche » est associée à des concentrations plus faibles (meilleure capacité de rétention des MES par filtration) que la filière « zéolithe ». Pour les paramètres DCO et DBO₅, il y a une tendance à une meilleure dégradation pour la filière « zéolithe » que pour la filière « laine de roche ».

Outre les deux dispositifs de la filière « laine de roche », il n'est pas possible de discriminer statistiquement la qualité des eaux usées traitées pour les dispositifs des autres filières.

3.1.3. Qualité des eaux usées traitées de la famille des Cultures Fixées Immergées

L'âge moyen des installations au moment de la visite est de 2 ans et 5 mois.

La capacité nominale moyenne des installations est de 5,2 EH et le taux de charge théorique moyen est de 60 %. Le taux de charge estimé moyen est de 53 %.

➤ **Statistiques descriptives de la famille des CFI**

Le Tableau 47 fournit l'ensemble des moyennes, médianes, maxima ainsi que le nombre de valeurs associés aux paramètres MES, DCO et DBO₅.

Tableau 47 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ en mg/L (famille CFI)

en mg/L	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	38	138	21
Médiane	18	97	8
Maximum	820	1300	270
Nombre de valeurs	388	388	241

Pour les paramètres caractéristiques de la matière organique (DCO et DBO₅), les concentrations moyennes des eaux usées traitées, respectivement de 138 mg/L et 21 mg/L caractérisent une qualité moyenne « acceptable » de ces eaux. La concentration moyenne en MES est classée comme « médiocre » (38 mg/L).

Le Tableau 47 rapporte des maxima relativement élevés. Des concentrations en MES et DCO, respectivement de l'ordre de 800 mg/L ou 1300 mg/L pourraient être celles d'eaux usées avant traitement (Annexe 10). Ces maxima expliquent les écarts importants entre la moyenne et la médiane. Une représentation graphique (Figure 39 et Figure 40) sous forme de boîte à moustaches visualise, à titre d'exemple, deux paramètres : MES et DCO.

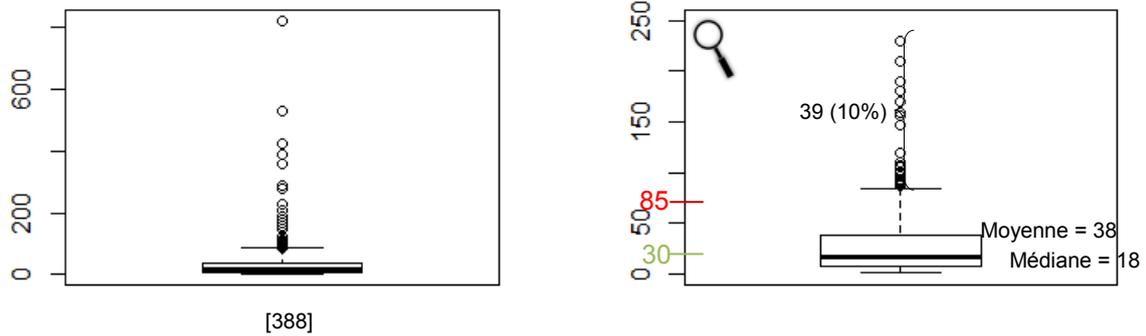


Figure 39 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES pour la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

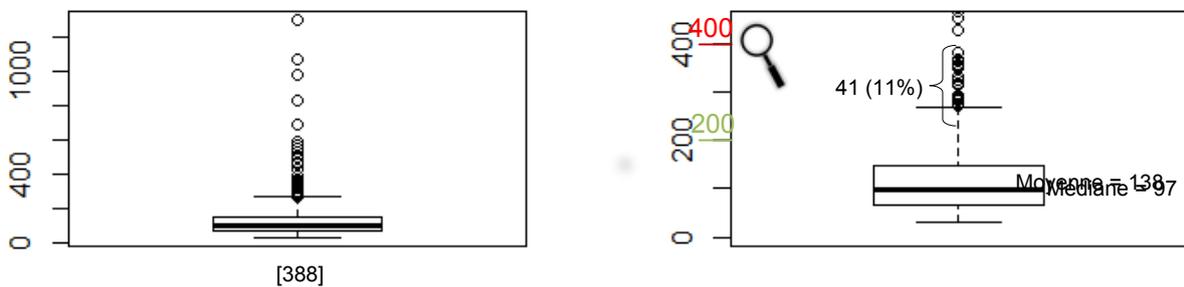


Figure 40 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO pour la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

Il est ainsi possible de déterminer la qualité globale des eaux usées traitées à l'aide des différents paramètres analysés (Figure 41).

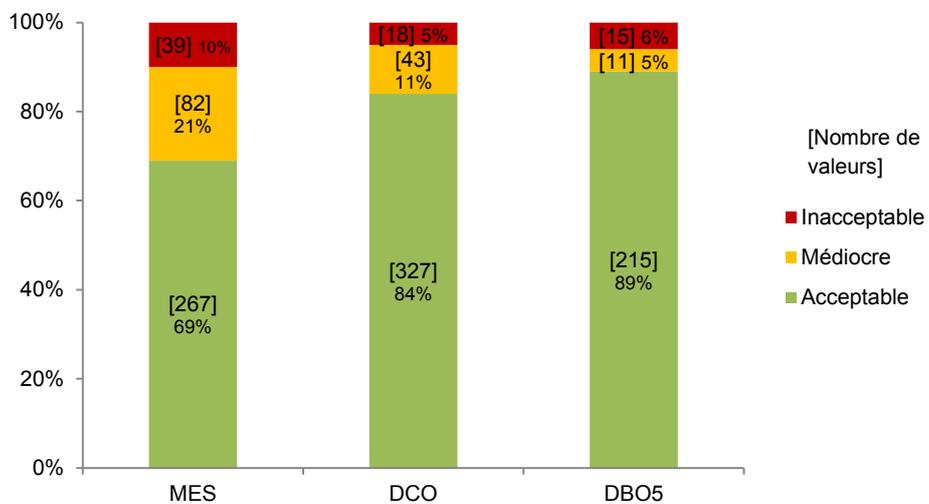


Figure 41 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO₅ (famille CFI)

Vis-à-vis de la DCO et de la DBO₅, 84 à 89 % de l'effectif se situe dans la classe de qualité « acceptable ». Ce taux se réduit pour le paramètre MES et atteint 69 %. 10 % des prélèvements sont dans la classe de qualité « inacceptable ».

46 prélèvements, soit 12 % des prélèvements validés de la famille CFI, pour lesquels le paramètre déclassant n'est pas systématiquement les MES, même si ce dernier est le plus fréquent, sont dans la classe de qualité « inacceptable ».

➤ **Identification des facteurs d'influence sur la variation de la qualité des eaux usées traitées par la famille des CFI**

❖ Résultats par filière

A ce stade, l'analyse relative aux filières de traitement se focalise sur deux filières de la famille des CFI : « lit fixe » et « lit fluidisé ». Les éléments relatifs à la troisième filière « disques biologiques » d'un nombre restreint (7 prélèvements validés) ne sont pas maintenus dans le jeu de données des CFI. Les résultats sont résumés dans le Tableau 48. De plus, les effectifs sont insuffisants pour le paramètre DBO₅ et l'analyse ne concerne que les variables dépendantes MES et DCO.

Tableau 48 : Identification des facteurs d'influence (dont filières de la famille CFI) sur la concentration des paramètres MES et DCO

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	oui	MES, DCO
Filières de la famille CFI	non	MES, DCO
Age	non	MES, DCO
Taux de charge	non	MES, DCO

La très grande majorité des résultats est commune à tous les paramètres :

- ni la filière,
- ni l'âge, quelle que soit sa classe,
- ni le taux de charge, quelle que soit sa classe,

ne permettent de discriminer statistiquement la qualité des eaux usées traitées par les filières de la famille des CFI.

Par contre, le type de prélèvement est l'unique facteur d'influence des variations des paramètres chimiques MES et DCO lors de l'analyse concernant deux filières « lit fixe » et « lit fluidisé » de la famille CFI qui constituent presque la totalité de la famille des CFI (filière « disques biologiques » manquante). Cet effet n'a pourtant pas été identifié par l'outil lors de l'analyse à l'échelle des trois familles. Pour information, les résultats sont disponibles en Annexe 12

Les filières « lit fixe » et « lit fluidisé » de la famille des CFI n'ont pas d'influence statistique sur la distribution de la qualité des eaux usées traitées. La filière « disque biologique », en raison d'un jeu de données jugé de taille insuffisante n'a pas été intégrée à cette comparaison.

❖ Résultats par dispositif de chaque filière

Parmi les trois filières de la famille des CFI, seule la filière « lit fixe » est constituée de plusieurs dispositifs : ils sont au nombre de 9. Les nombres de valeurs respectifs des jeux de données analysés sont présentés dans le Tableau 49 pour chacun des trois paramètres.

Les trois dispositifs (Ba2, Ba5 et Ba8) ayant un très faible nombre de valeurs (3, 6, et 10 données) ne sont pas maintenus dans cette comparaison qui porte ainsi sur six dispositifs : Ba1, Ba3, Ba4, Ba6, Ba7 et Ba9.

Tableau 49 : Nombre de valeurs des paramètres chimiques MES, DCO et DBO₅ selon les neuf dispositifs de la filière « lit fixe »

Dispositif		Ba1	Ba2	Ba3	Ba4	Ba5	Ba6	Ba7	Ba8	Ba9
Nombre de valeurs :	MES	37	10	51	122	6	80	16	3	43
	DCO	37	10	51	122	6	80	16	3	43
	DBO ₅	37		21	60	6	66			40

Tableau 50 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « lit fixe ») sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO₅

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	MES, DCO, DBO ₅
Dispositifs de la filière « lit fixe »	oui	MES, DCO, DBO ₅
Age	non	MES, DCO, DBO ₅
Taux de charge	non	MES, DCO, DBO ₅

Les résultats (Tableau 50) sont communs à tous les paramètres : le facteur « dispositif » est le seul qui permette de discriminer les variations de concentration des eaux usées traitées de la filière « lit fixe ».

Le modèle statistique quantifie l'influence de chaque dispositif sur les médianes des distributions (Tableau 51).

Tableau 51 : Quantification de l'influence des six dispositifs de la filière « lit fixe » sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO₅

	Dispositif					
	Ba1	Ba3	Ba4	Ba6	Ba7	Ba9
MES	- 82 %	- 45 %	Référence	=	=	=
DCO	- 46 %	=		=	=	=
DBO ₅	- 80 %	=	=	Référence		=

Le plus souvent, les résultats sont identiques quels que soient les paramètres :

- Le dispositif Ba1 est associé à des concentrations médianes des eaux usées traitées les plus faibles de cette famille « lit fixe ».
- La qualité des eaux usées traitées associée aux dispositifs Ba4, Ba6, Ba7 et Ba9 n'est pas discriminée statistiquement, quels que soient les paramètres.
- Le dispositif Ba3 a une position intermédiaire : la concentration médiane en MES est moins bonne que celle dispositif Ba1 mais meilleure que celles des dispositifs Ba4, Ba6, Ba7 et Ba9. Les concentrations médianes en DCO et DBO₅ sont identiques à celles des dispositifs Ba4, Ba6, Ba7 et Ba9.

La qualité des eaux usées traitées associée au dispositif est discriminée statistiquement, et ce, quels que soient les paramètres. L'eau usée traitée par le dispositif Ba1 présente la qualité d'eaux usées traitées la meilleure comparée à tous les dispositifs de la filière « lit fixe ». Les dispositifs Ba2, Ba5 et Ba8 ont un jeu de données d'effectif insuffisant pour être exploités dans cette analyse.

➤ **Statistiques descriptives associées aux facteurs d'influence identifiés : filières et dispositifs de la famille des CFI par le modèle « log-linéaire généralisé »**

❖ Résultats par filière

L'outil n'a pas identifié d'influence significative permettant de différencier les deux filières « lit fixe » et « lit fluidisé ». C'est pourquoi, ce paragraphe ne présente aucune statistique descriptive.

❖ Résultats par dispositif de chaque filière

Le facteur « dispositif » a été identifié comme étant la seule variable à influencer significativement la qualité des eaux usées traitées.

Les moyennes (Tableau 52) des concentrations en MES correspondent à une qualité « acceptable » pour les dispositifs Ba1 et Ba3 ; elles sont dans la classe « médiocre » pour les autres dispositifs. Les deux mêmes classes « acceptable » et « médiocre » décrivent les moyennes de la DBO₅ mais seule celle du dispositif Ba3 est dans la classe « médiocre ».

Tableau 52 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ (en mg/L) selon les six dispositifs de la filière « lit fixe »

en mg/L		Ba1	Ba3	Ba4	Ba6	Ba7	Ba9
MES	Moyenne	9	27	49	44	38	37
	Médiane	5	10	25	24	26	17
	Minimum	LQ	LQ	LQ	LQ	4	LQ
	Maximum	67	230	528	360	190	820
	Nombre de valeurs	37	51	122	80	16	43
DCO	Moyenne	70	143	169	139	175	120
	Médiane	57	97	108	103	101	90
	Minimum	LQ	LQ	LQ	35	LQ	LQ
	Maximum	212	551	1300	571	982	1070
	Nombre de valeurs	37	51	122	80	16	43
DBO ₅	Moyenne	7	55	25	22		15
	Médiane	5	13	10	14		6
	Minimum	LQ	LQ	LQ	LQ		LQ
	Maximum	33	230	270	115		140
	Nombre de valeurs	37	21	60	66		40

Pour la DCO, les moyennes, toutes inférieures à 200 mg/L sont de qualité « acceptable ». Toutes les médianes des concentrations, quels que soient le dispositif et le paramètre, sont dans la classe « acceptable ».

Les concentrations maximales de chaque paramètre sont analysées pour des eaux usées traitées par les dispositifs Ba4 ou Ba9. L'unique valeur³¹ pour le paramètre MES supérieure à la vibrisse supérieure (820 mg/L) de la distribution relative au dispositif Ba9 explique l'écart entre la moyenne et la médiane.

Vis-à-vis du paramètre MES (Figures 42 et 43), le dispositif Ba1 se distingue des autres dispositifs :

- Il est le seul de la filière « lit fixe » à ne jamais rejeter d'eau usée traitée de qualité « inacceptable », alors que les proportions d'effectif dans cette classe de qualité varient entre 2 % et 15 % selon les cinq autres dispositifs.
- La classe de qualité « acceptable » est atteinte pour 92 % de ses concentrations ; pour les autres dispositifs, ce taux, plus faible, varie entre 56 % et 82 %.

³¹ Ce prélèvement d'une valeur haute et très isolée a fait l'objet d'une vérification individualisée. Il n'apparaît pas dans la boîte à moustaches.

- La majorité des dispositifs (Ba3, Ba4, Ba6, Ba7 et Ba9) présentent un pourcentage élevé de classe de qualité « médiocre », et « inacceptable », respectivement de 26 %, 30 %, 40 %, 44 % et 18 %.

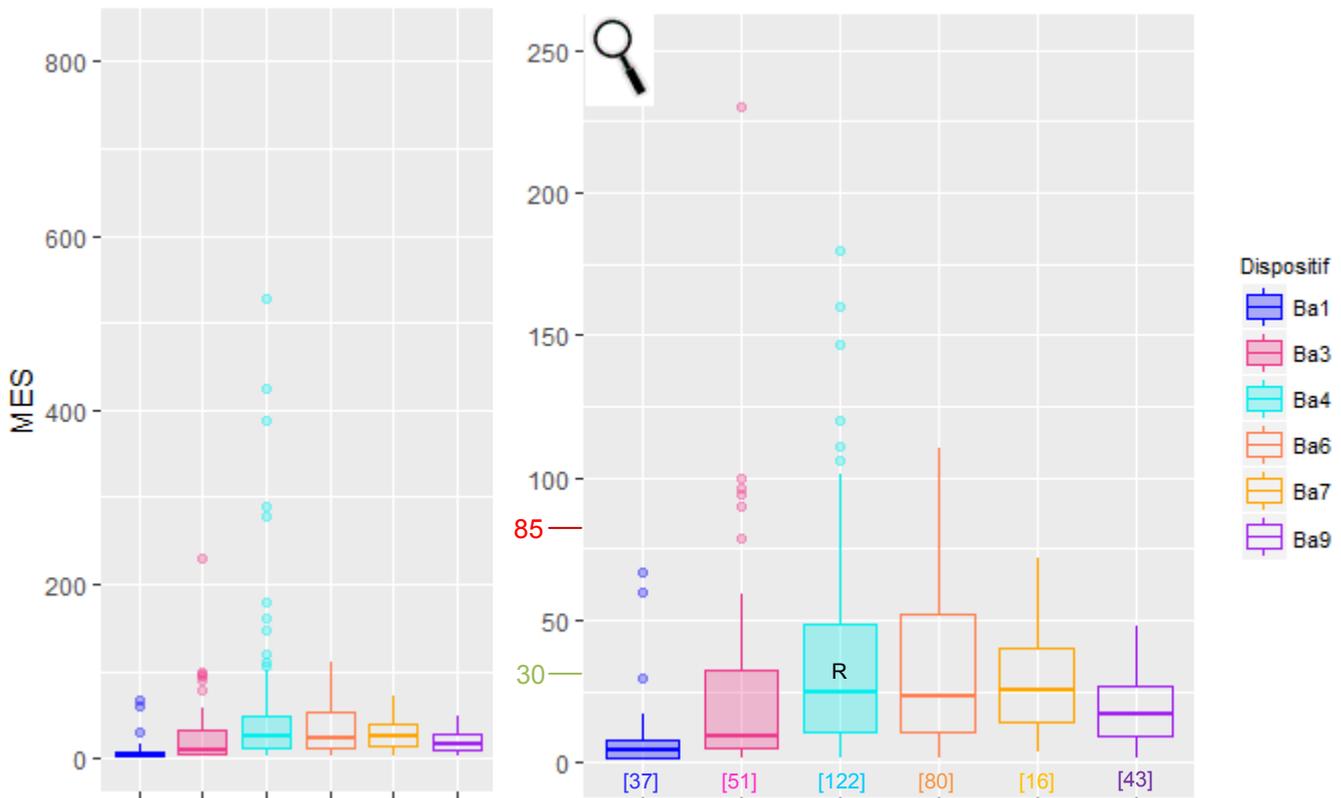


Figure 42 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les dispositifs de la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

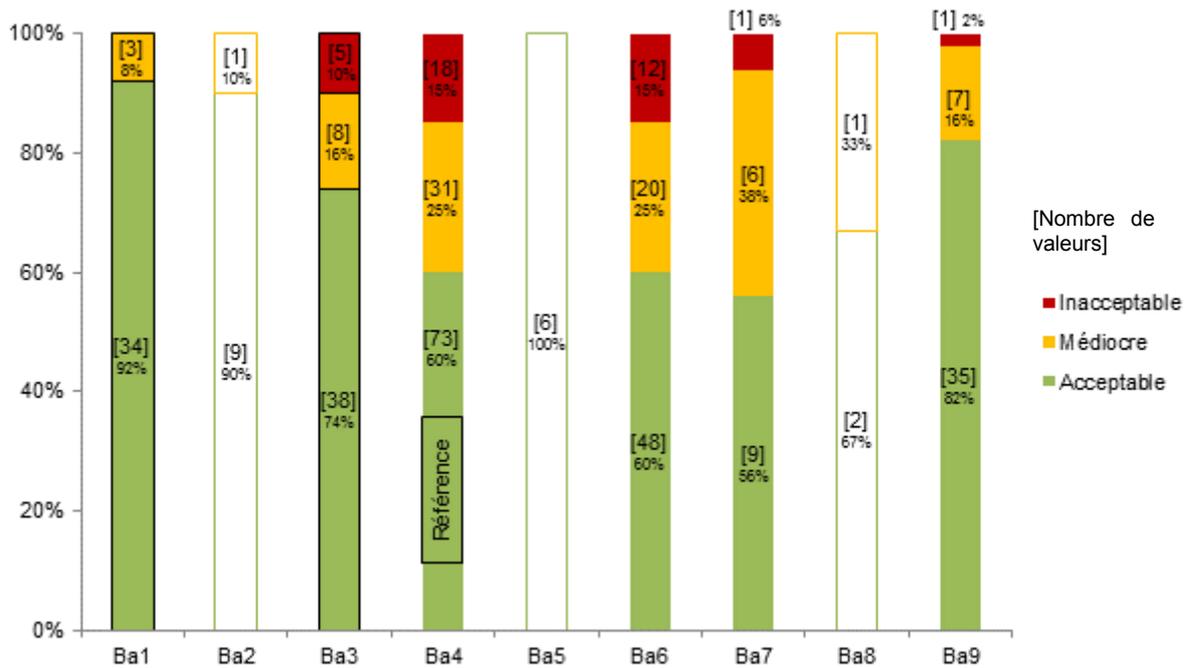


Figure 43 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « lit fixe », du paramètre MES

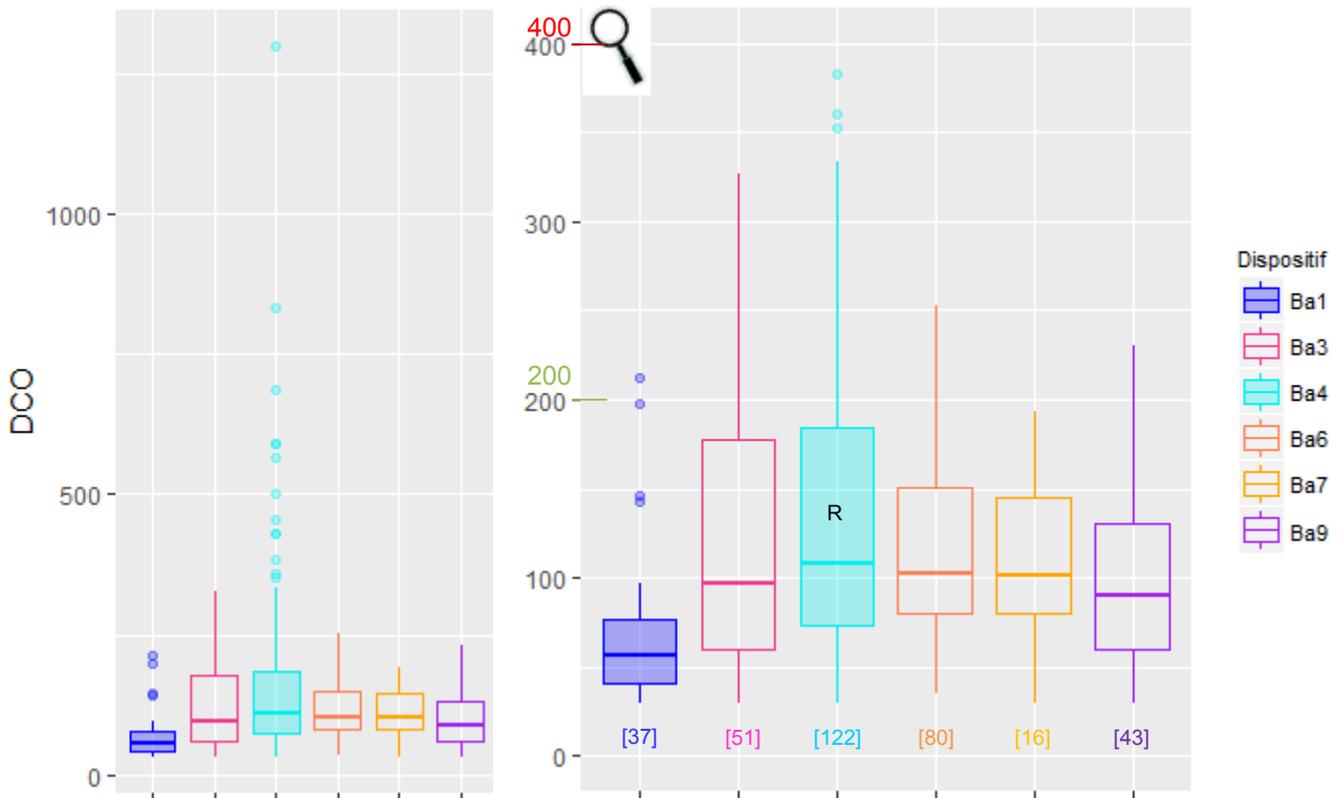


Figure 44 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les dispositifs de la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

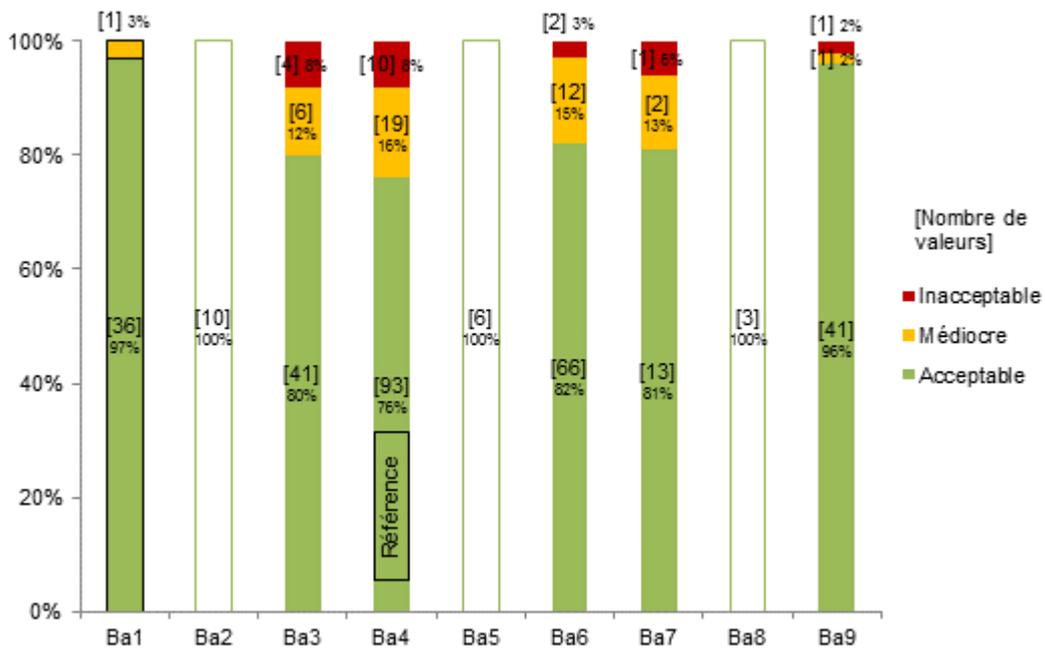


Figure 45 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « lit fixe », du paramètre DCO

Au regard du paramètre DCO (Figure 45), les conclusions sont similaires à celles émises précédemment pour les MES et le dispositif Ba1 est associée à la meilleure qualité des eaux usées traitées de la filière « lit fixe ». La classe de qualité « acceptable » est atteinte pour 97 % de l'effectif lui correspondant ; pour les autres dispositifs, ce taux, plus faible, varie entre 76 % et 96 %.

Les dispositifs Ba3, Ba4, Ba6 et Ba7 rejettent des eaux usées traitées de qualité « médiocre » à « inacceptable » dans des proportions de 18 à 24 %.

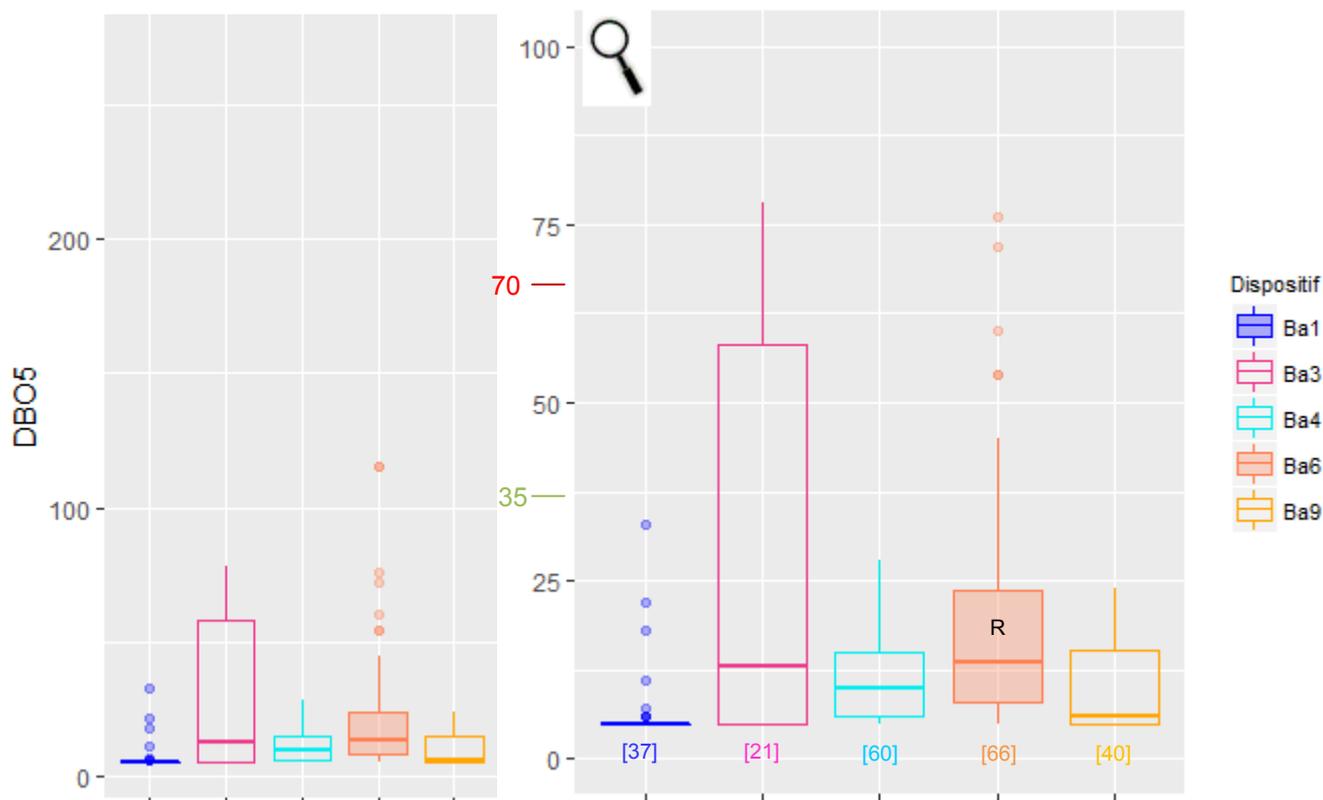


Figure 46 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO_5 selon les dispositifs de la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

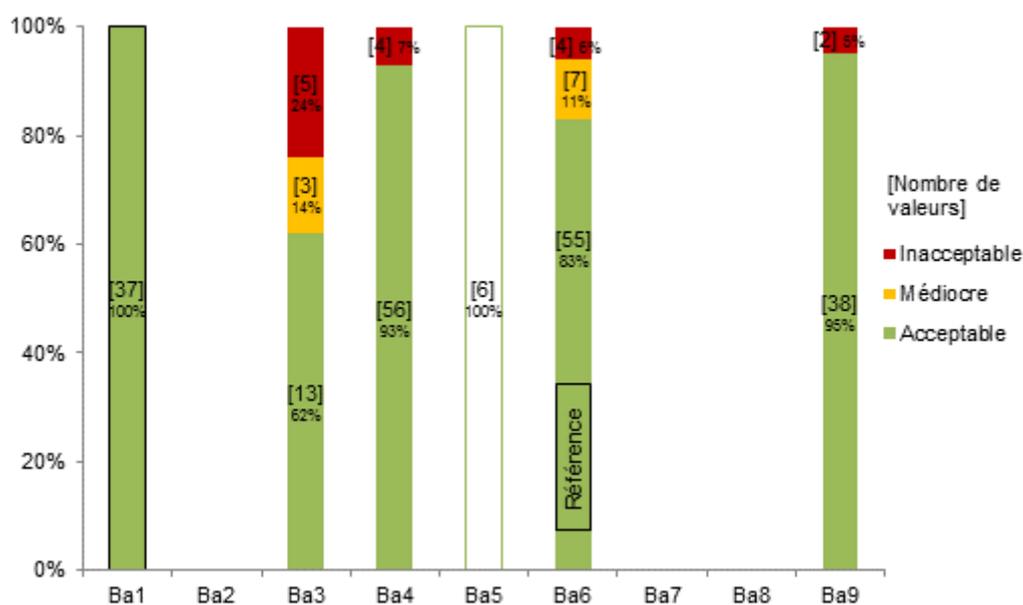


Figure 47 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « lit fixe », du paramètre DBO_5

Vis à vis du paramètre DBO_5 (Figure 47), le dispositif Ba1 se distingue des autres dispositifs : c'est le seul pour lequel toutes les eaux usées traitées sont de qualité « acceptable ». Le dispositif Ba3 ne présente que 62 % de valeurs qualifiées d'« acceptable ».

➤ Conclusion : filières et dispositifs de la famille des CFI

En résumé, au sein de la famille CFI, les deux filières « lit fixe » et « lit fluidisé » ne sont pas des facteurs d'influence de la variation de la qualité des eaux usées traitées. Par contre, les dispositifs de la filière « lit fixe » ont un impact statistiquement significatif sur la distribution des paramètres de la qualité des eaux usées traitées.

Au sein de la filière des « lit fixe », parmi les 6 dispositifs étudiés, le dispositif Ba1 se distingue : la qualité des eaux usées traitées associée à ce dispositif est discriminée statistiquement, et ce, quels que soient les paramètres : la médiane de ses concentrations est la meilleure des six dispositifs (cinq pour la DBO₅) de la filière « lit fixe », en nombre suffisant pour conduire cette recherche de facteurs d'influence. Les concentrations en MES des eaux usées traitées par le dispositif Ba1 sont dans 92 % des cas de qualité « acceptable ».

Pour les autres dispositifs, les eaux usées traitées sont de qualité « médiocre » à « inacceptable » dans des proportions élevées, atteignant au maximum 40 % (dispositifs Ba4 et Ba6 et paramètre MES).

3.1.4. Qualité des eaux usées traitées de la famille des Cultures Libres

L'âge moyen des installations au moment de la visite est de 2 ans et 6 mois. Cet âge moyen, très légèrement inférieur à celui de l'échantillon global (2 ans et 8 mois), montre la jeunesse du parc suivi. La capacité nominale moyenne des installations est de 6,4 EH et le taux de charge théorique moyen est de 55 %. Le taux de charge estimé moyen est de 50 %.

➤ Statistiques descriptives de la famille des CL

Le Tableau 53 fournit les médianes, moyennes, minima, maxima ainsi que le nombre de valeurs du jeu de données pour les 3 paramètres chimiques analysés.

Tableau 53 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ en mg/L (famille CL)

en mg/L	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	163	263	42
Médiane	42	103	15
Maximum	7230	7740	350
Nombre de valeurs	282	284	158

Pour les paramètres caractéristiques de la matière organique (DCO et DBO₅), les concentrations moyennes des eaux usées traitées, respectivement de 263 mg/L et 42 mg/L soulignent une qualité « médiocre » de ces eaux. La concentration moyenne du paramètre chimique MES, de 163 mg/L est très supérieure à la valeur seuil de la classe de qualité « inacceptable » de 85 mg/L.

Pour tous les paramètres, les médianes sont bien plus faibles que les moyennes. La concentration médiane du paramètre MES est dans la classe de qualité « médiocre » alors que les médianes des deux autres paramètres sont dans la classe « acceptable ». Le Tableau 53 rapporte les maxima particulièrement élevés, déjà commentés dans la vision globale des données, comme signe d'un dysfonctionnement majeur ponctuel. Ces maxima expliquent les différences notables entre les médianes et les moyennes.

Une représentation graphique (Figure 48 et Figure 49) sous forme de boîte à moustaches visualise, à titre d'exemple, deux paramètres : MES et DBO₅.

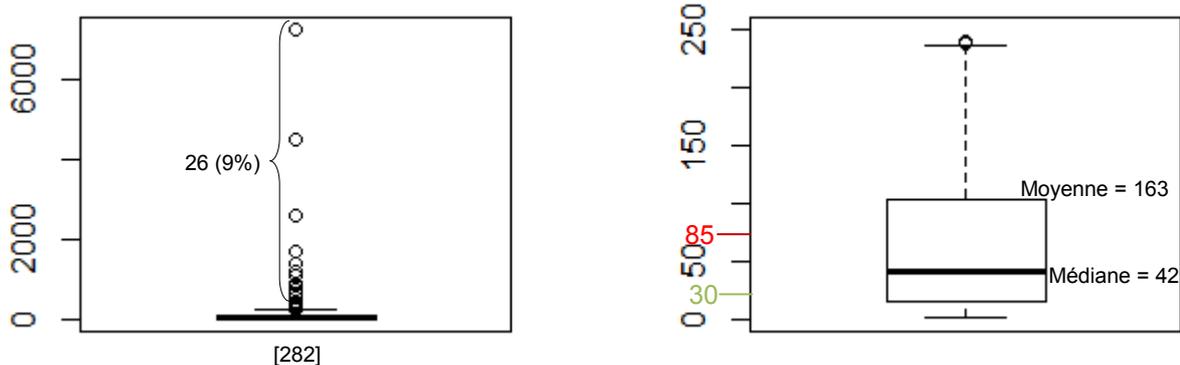


Figure 48 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

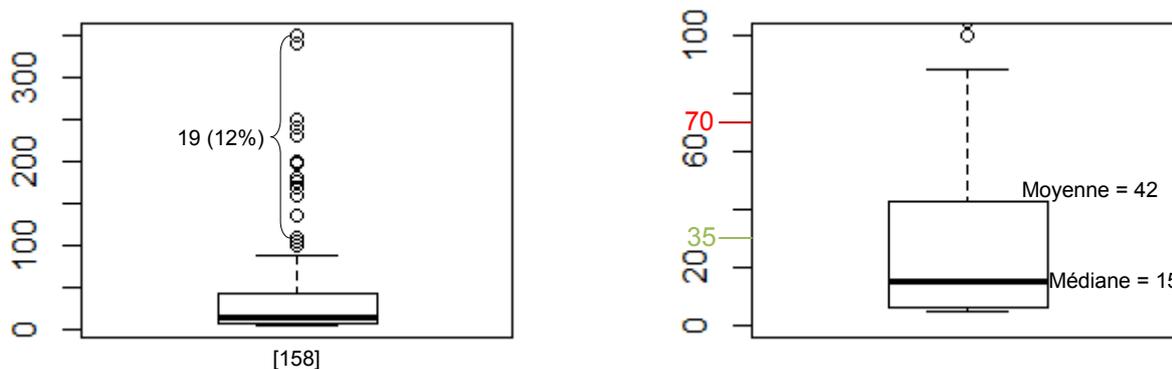


Figure 49 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

Il est ainsi possible de déterminer la qualité globale des eaux usées traitées de la famille des CL (Figure 50) vis-à-vis des valeurs seuils définies en introduction.

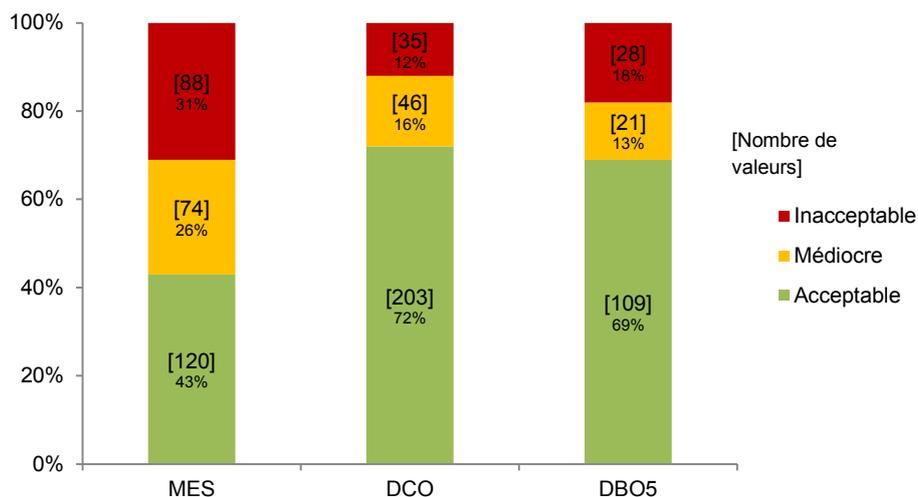


Figure 50 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO₅ (famille CL)

Vis-à-vis de la DCO et de la DBO₅, environ 70 % des concentrations sont dans la classe de qualité « acceptable ». Ce taux se réduit au regard du paramètre MES et atteint seulement 43 %. La qualité « inacceptable » correspond à 91 prélèvements, soit 32 % des prélèvements validés de la famille des CL pour lesquels le paramètre déclassant n'est pas systématiquement les MES même si ce dernier est le plus fréquent.

➤ **Identification des facteurs d'influence sur la variation de la qualité des eaux de la famille des CL**

❖ *Résultats par filière*

A ce stade, l'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur les quatre filières des CL : « sans décanteur primaire », « classique », « traitement complémentaire », et « SBR ».

Les résultats sont résumés dans le Tableau 54.

Tableau 54 : Identification des facteurs d'influence (dont filières de la famille CL) sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO₅

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	MES, DCO, DBO ₅
Filières de la famille CL	oui	MES, DCO, DBO ₅
Age	non	MES, DCO, DBO ₅
Taux de charge	non	MES, DCO, DBO ₅

Les résultats sont communs à tous les paramètres :

- la filière est le seul facteur influençant les variations des concentrations ;
- ni le type de prélèvements (ponctuel ou bilan 24h), ni le taux de charge, ni l'âge, quelles que soit leurs classes, n'ont d'influence identifiée sur les variations de qualité des eaux usées traitées.

Le modèle statistique permet de quantifier les facteurs d'influence de chaque filière sur les médianes des distributions (Tableau 55).

Tableau 55 : Quantification de l'influence des quatre filières de la famille CL sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO₅

	Filière			
	Classique	Sans décanteur primaire	Traitement complémentaire	SBR
MES	=	+ 452 %	=	Référence
DCO	=	+ 157 %	=	
DBO ₅	=	Référence		- 82 %

Pour chaque filière, les résultats sont homogènes pour les trois variables MES, DCO et DBO₅. Les trois filières : « classique », « traitement complémentaire » et « SBR » sont équivalentes et elles fournissent une eau usée traitée de meilleure qualité que la filière « sans décanteur primaire ». Pour la DBO₅, c'est la filière « SBR » qui est la plus performante de la famille des CL.

La filière « SBR » délivre une eau usée traitée de la meilleure qualité parmi les quatre filières de la famille des CL.

L'eau usée traitée par la filière « sans décanteur primaire » est identifiée comme étant de la plus mauvaise qualité de toutes les filières de la famille des CL.

La qualité délivrée par la famille des CL étant elle-même la plus médiocre, l'outil statistique identifie ainsi l'eau usée traitée de la filière « sans décanteur primaire » comme étant la plus mauvaise des 13 filières étudiées.

❖ Résultats par dispositif

Après avoir identifié l'influence des filières, il s'agit désormais d'identifier des facteurs d'influence au sein d'une même filière. Ces facteurs d'influences sont recherchés lorsqu'il existe plusieurs dispositifs au sein d'une même filière ; c'est le cas pour les trois filières « sans décanteur primaire », filière « classique » et « SBR » alors que la dernière filière « traitement complémentaire » n'est représentée que par un seul dispositif.

- Dispositifs de la filière « sans décanteur primaire »

L'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur deux dispositifs (Ca1 et Ca2). Le dispositif Ca2 ne disposant pas d'un jeu de données suffisant (Tableau 56), il n'est pas possible de réaliser la comparaison des dispositifs.

Tableau 56 : Nombre de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO₅ selon les deux dispositifs de la filière « sans décanteur primaire »

Dispositif	Ca1			Ca2		
	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Nombre de valeurs	79	81	79	3	3	

- Dispositifs de la filière « classique »

L'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur trois dispositifs (Cb1, Cb2 et Cb3). Les dispositifs Cb2 et Cb3 ne disposant pas d'un jeu de données suffisant (Tableau 57), la comparaison n'est pas possible.

Tableau 57 : Nombre de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO₅ selon les trois dispositifs de la filière « classique »

Dispositif	Cb1			Cb2			Cb3		
	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Nombre de valeurs	27	27	22	5	5		5	5	1

- Dispositifs de la filière « SBR »

L'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur cinq dispositifs (Cd1, Cd2, Cd3, Cd4 et Cd5). Les dispositifs Cd4 et Cd5 ne disposant pas d'un jeu de données suffisant (Tableau 58), ils sont exclus de la comparaison. Le Tableau 59 mentionne l'absence de facteur explicatif identifié.

Tableau 58 : Nombre de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO₅ selon les 5 dispositifs de la filière « SBR »

Dispositif	Cd1			Cd2			Cd3			Cd4			Cd5		
	MES	DCO	DBO ₅												
Nombre de valeurs	37	37	17	77	77	37	16	16	3	4	4		4	4	

Tableau 59 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « SBR » de la famille CL) sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO₅

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	MES, DCO, DBO ₅
Dispositifs de la filière « SBR » de la famille CL	non	MES, DCO, DBO ₅
Age	non	MES, DCO, DBO ₅
Taux de charge	non	MES, DCO, DBO ₅

Au sein de la filière « SBR », aucun des facteurs d'influence ne permet de discriminer statistiquement la qualité des eaux usées traitées.

➤ **Statistiques descriptives associées aux facteurs d'influence identifiés : filières et dispositifs de la famille des CL par le modèle « log-linéaire généralisé »**

❖ *Résultats par filière*

Le facteur « filière » a été identifiée comme étant le seul à montrer de l'influence significative sur la qualité des eaux usées traitées et le Tableau 60 et les Figure 51 à Figure 56 mentionnent les éléments de statistiques descriptives³².

Tableau 60 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ (en mg/L) selon les quatre filières de la famille CL

en mg/L	SBR			Traitement complémentaire			Classique			Sans décanteur primaire		
	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	33	104	11	295	427		297	421	64	281	405	58
Médiane	21	76	6	19	97		84	184	59	120	233	22
Minimum		LQ			LQ			LQ		3		LQ
Maximum	224	584	44	2600	3772		7230	7740	340	4500	3900	350
Nombre de valeurs	138	138	57	25	25		37	37	23	82	84	78

Au regard du paramètre MES, les concentrations moyennes des quatre filières ne sont jamais dans la classe « acceptable ». C'est la filière « SBR » qui s'en approche le plus avec une moyenne à 33 mg/L. Les moyennes des trois autres filières sont très largement au-dessus du seuil des 85 mg/L et sont classées comme « inacceptables ».

Vis-à-vis du paramètre DCO, la concentration moyenne est « acceptable » pour la filière SBR. Les concentrations moyennes pour les trois autres filières sont supérieures au seuil « inacceptable » fixé à 400 mg/L. Vis-à-vis de la DBO₅, les commentaires sont proches de ceux du paramètre DCO avec une moyenne « acceptable » pour la filière « SBR » et des moyennes « médiocres » pour les deux filières « classique » et « sans décanteur primaire ».

Les concentrations médianes sont le plus souvent dans la classe « acceptable » exceptés pour les paramètres MES et DBO₅ de la filière « classique » et le paramètre DCO de la filière « sans décanteur primaire » qui sont dans la classe « médiocre ». Notons que la médiane du paramètre MES de la filière « sans décanteur primaire » est dans la classe « inacceptable ». Les maxima des trois filières « traitement complémentaire », « classique » et « sans décanteur primaire » sont tellement élevés qu'ils influencent grandement les moyennes par rapport aux médianes. C'est ainsi que les médianes de la filière « traitement complémentaire », malgré des maxima de 2600 mg/L en MES et 3770 mg/L en DCO sont du même ordre de grandeur que celles de la filière « SBR ».

³² Un code couleur (case grisée et italique ET boîte à moustaches pleine ET histogramme encadré de noir) signale toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif. Les histogrammes vides s'appliquent à des filières dont le nombre de valeurs est insuffisant.

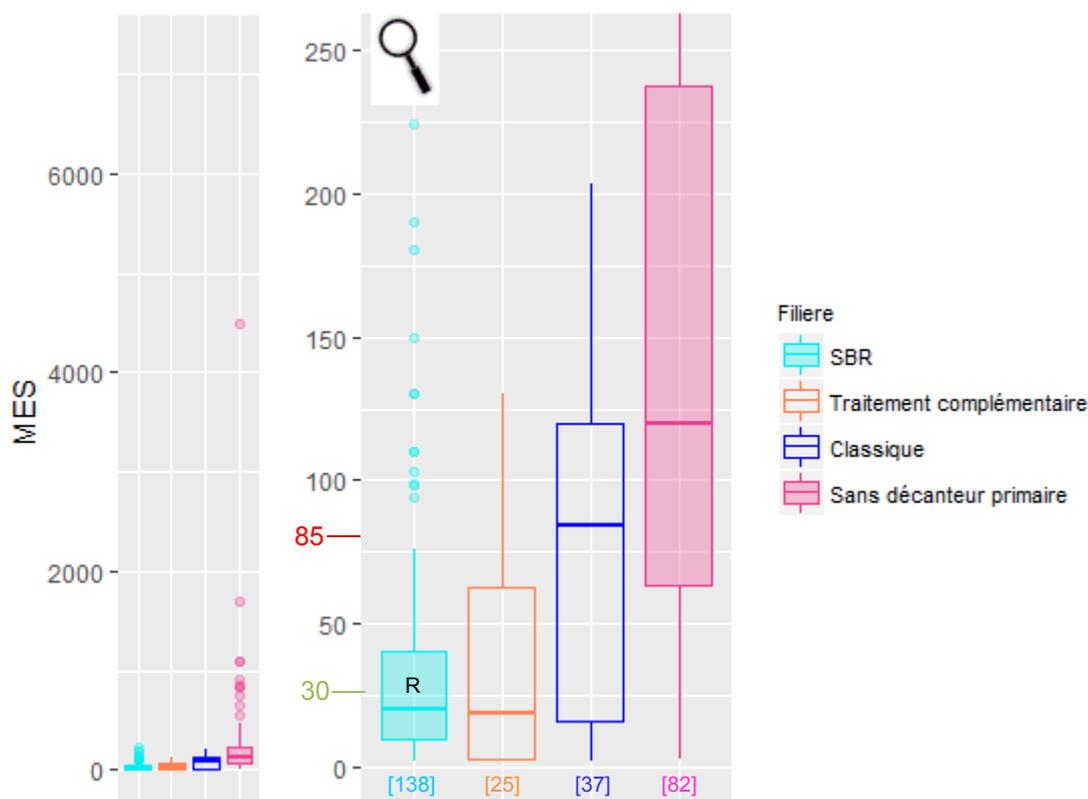


Figure 51 : Distribution des concentrations (mg/L) du paramètre MES selon les filières de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

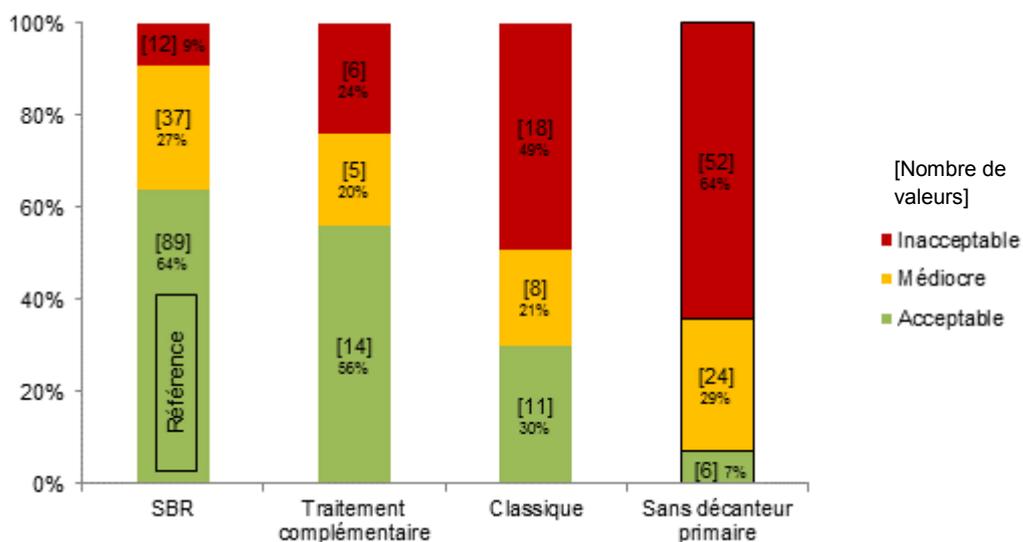


Figure 52 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CL, du paramètre MES

Bien que la filière « SBR » soit statistiquement considérée comme étant la filière la plus performante de la famille des CL, seulement 64 % des données de concentrations en MES des eaux usées traitées sont dans la classe « acceptable » et 9 % sont de qualité « inacceptable ». Pour les trois autres filières, les proportions d'effectif « inacceptable » vont croissant, de 24 % pour la filière « traitement complémentaire » à 49 % pour la filière « classique » puis 64 % pour la filière « sans décanteur primaire ».

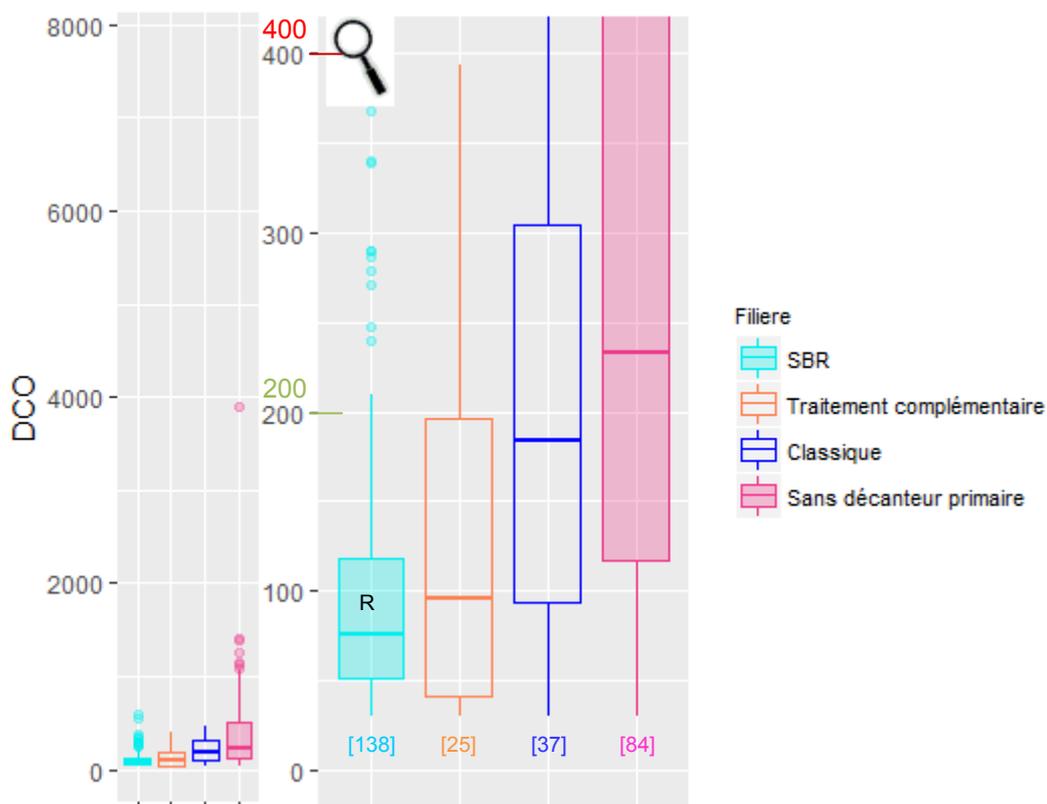


Figure 53 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les filières de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

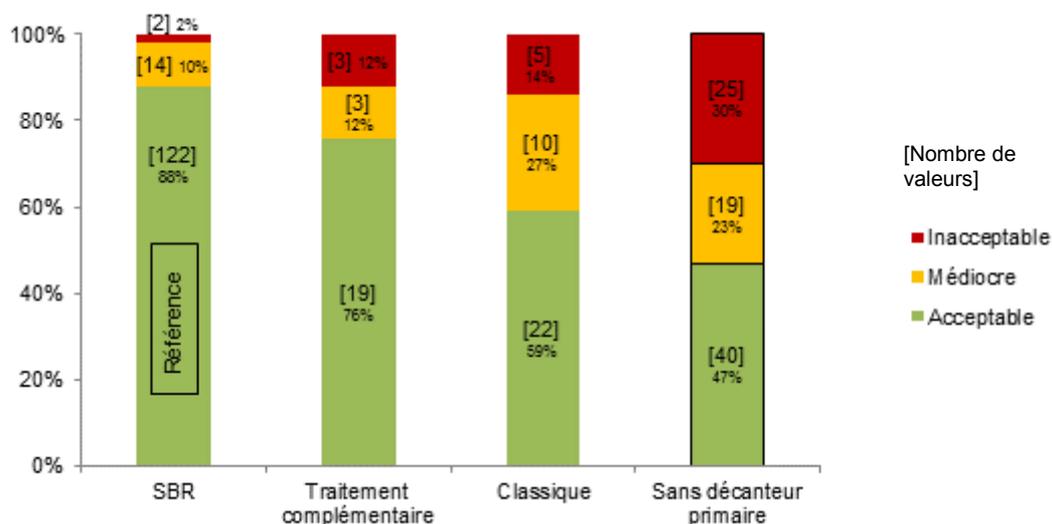


Figure 54 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CL, du paramètre DCO

Pour la filière « SBR », 88 % des concentrations en DCO des eaux usées traitées se situent dans la classe de qualité « acceptable ». Pour les trois autres filières, les proportions sont en deçà des 80 % et varient entre 47 % et 76 %.

30 % des données de concentrations en DCO de la filière « sans décanteur primaire » sont classés comme « inacceptable ».

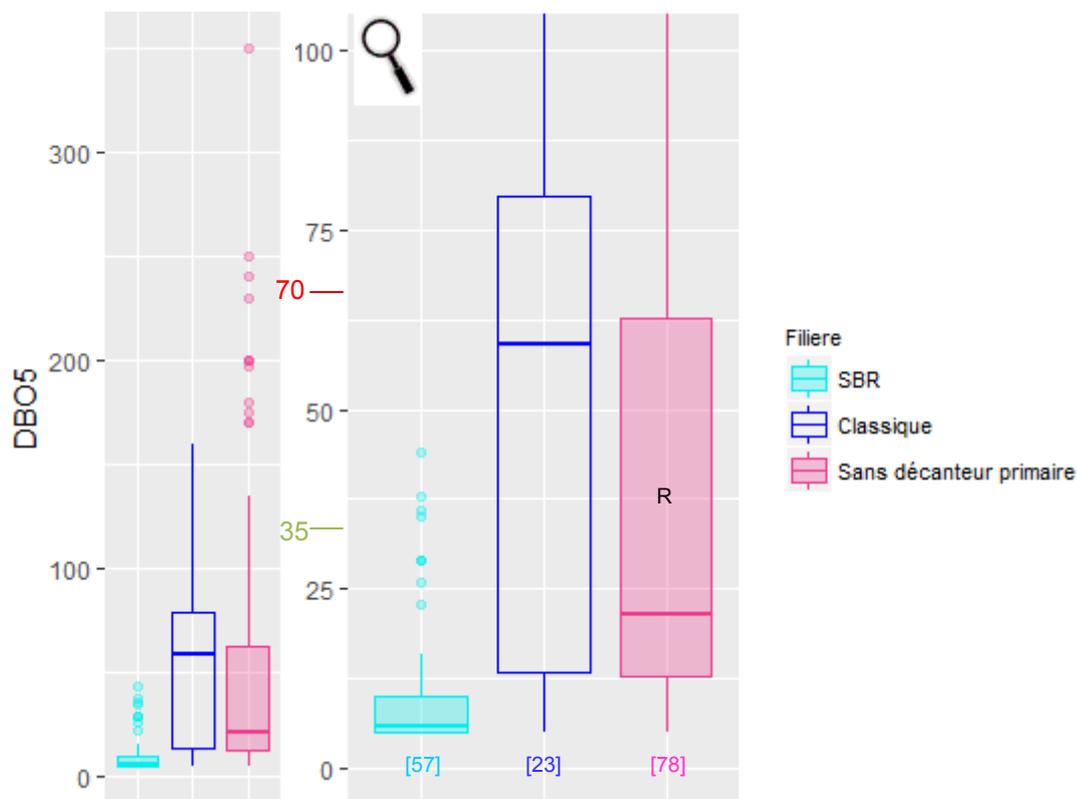


Figure 55 : Distribution des concentrations(en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les filières de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

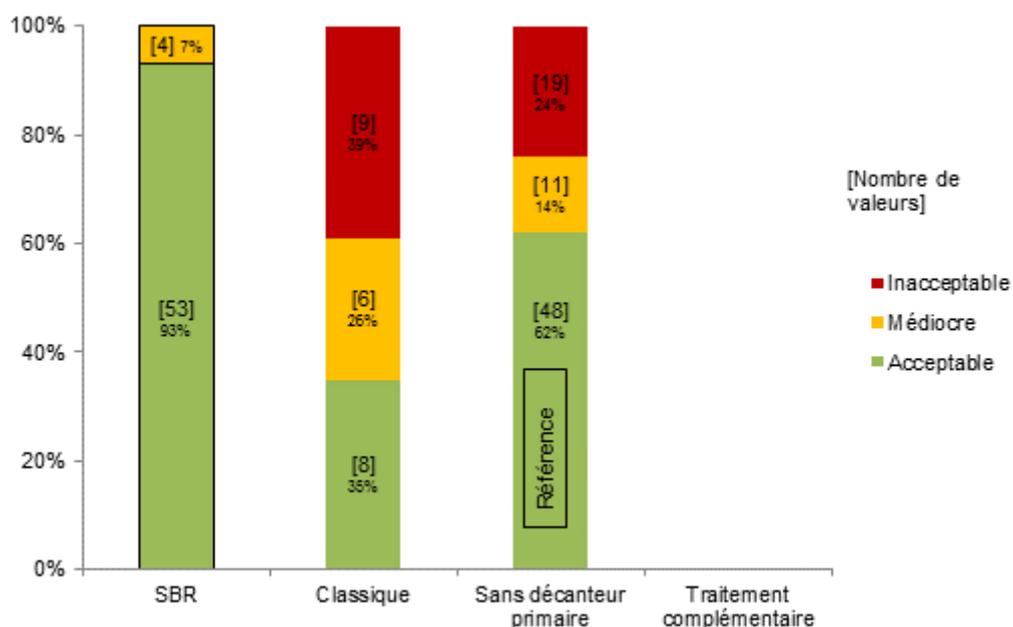


Figure 56 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CL, du paramètre DBO₅

Les Figures 55 et 56 mentionnent les résultats de trois filières uniquement car le paramètre DBO₅ n'a pas été mesuré lors des suivis de la filière « traitement complémentaire ». La filière « SBR » fournit des eaux usées traitées de qualité « acceptable » dans 93 % des cas. Par rapport aux conclusions précédentes, la filière « classique » se distingue par une proportion de données dans la classe « inacceptable » (39 %) supérieure à celle de la filière « sans décanteur primaire ».

❖ Résultats par dispositif

L'outil n'a pas identifié d'influence significative permettant de différencier statistiquement les dispositifs de la filière « SBR ». C'est pourquoi, ce paragraphe ne présente aucune statistique descriptive. Les conclusions établies à l'échelle de la filière s'appliquent à l'ensemble de ces dispositifs, sans distinction.

➤ **Conclusion : filières et dispositifs de la famille des CL**

En résumé, la filière « sans décanteur primaire » est identifiée par l'outil statistique comme délivrant une eau usée de qualité la plus mauvaise de toutes les filières des CL. En conséquence, cette eau usée traitée a une qualité la plus mauvaise filière de l'ensemble des filières.

La filière « SBR » est identifiée comme produisant une eau usée traitée de meilleure qualité que les autres filières de la famille des CL vis-à-vis du paramètre DBO₅. Au sein de la filière « SBR », l'outil n'a pas permis de discriminer les trois dispositifs.

➤ **Conclusion : résultats de l'analyse par l'outil statistique des familles, filières et dispositifs**

Le Tableau 61 résume dans les résultats les situations dans lesquelles l'outil statistique a identifié des facteurs d'influence ainsi que les paramètres MES, DCO, DBO₅ dont les distributions sont influencées.

Tableau 61 : Facteurs ayant un impact statistiquement significatif et paramètres dont les distributions sont impactés

A l'échelle de :	Facteurs d'influence			
	Techniques d'épuration	Taux de charge	Age	Types de prélèvement
3 familles	MES, DCO, DBO ₅	MES, DCO, DBO ₅	-	DBO ₅
5 filières famille CFSF	MES, DCO, DBO ₅	-	-	-
2 dispositifs « copeaux de coco »	-	-	DCO	-
2 dispositifs « laine de roche »	MES	-	-	-
4 filières famille CFI	-	-	-	MES, DCO
6 dispositifs « lit fixe »	MES, DCO, DBO ₅	-	-	-
4 filières famille CL	MES, DCO, DBO ₅	-	-	-

L'outil statistique permet d'identifier comme facteurs d'influence statistiquement significatifs :

- les trois familles (CFSF, CFI et CL),
- les filières de la famille des CFSF et celles de la famille des CL,
- les dispositifs : sable, copeaux de coco, laine de roche, zéolithe et lit fixe,
- le type de prélèvement dans deux situations,
- le taux de charge et l'âge dans une seule situation.

3.2. Paramètres azotés : nitrification ou nitrification-dénitrification

L'analyse statistique s'est tout d'abord intéressée aux paramètres caractéristiques de la matière organique (MES, DCO et DBO₅). Dans un deuxième temps, la distribution des différentes fractions azotées (NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻) des eaux usées traitées est étudiée en vue d'affiner l'analyse précédente.

Les valeurs réglementaires des paramètres azotés sont réservées à des situations de l'assainissement collectif pour lesquelles les exigences sont très fortes (zone sensible par exemple). Elles ne peuvent donc pas être transposées au suivi *in situ*, en ANC. Pour autant, il est important de s'assurer du degré de transformation de l'azote organique dans ses différentes formes minérales (N-NH₄⁺ et N-NO₃) ou gazeuses (N₂). De plus, du fait de ces nombreux stades de transformation, ces paramètres sont souvent considérés comme un indicateur de fonctionnement des ouvrages d'épuration. En effet, la mise en place de la nitrification, du fait du faible taux de croissance des bactéries nitrifiantes, atteste généralement de conditions de fonctionnement conduisant à un traitement poussé de la matière organique.

La nitrification consiste en une oxydation de l'azote sous forme d'ions N-NO₃⁻ : l'azote Kjeldhal (NK) diminue ainsi que l'azote ammoniacal (N-NH₄⁺), les concentrations en nitrates peuvent alors être importantes. Cette oxydation a lieu en présence d'oxygène, et en seconde étape de la dégradation de la pollution de la matière organique.

La dénitrification consiste en une formation d'azote gazeux (N₂) ; c'est un stade ultime de dégradation, qui dans les procédés étudiés (et pour faire simple), utilise l'azote N-NO₃⁻, c'est-à-dire prend place après la nitrification. Les concentrations résiduelles en nitrates sont donc relativement faibles ainsi que les concentrations en ions ammonium. La dénitrification a lieu en conditions anoxiques (concentration en oxygène très faible à nulle) et en présence d'une quantité suffisante de matière organique.

Ces mécanismes de dégradation des formes azotées sont complexes et détaillés en Annexe 9. Les techniques d'épuration ne sont pas conçues pour répondre toutes aux mêmes objectifs de transformation de l'azote.

Ainsi, les CFSF, conçues pour fonctionner en présence d'oxygène, assurent une nitrification mais ne sont pas le siège d'une dénitrification contrôlée. Dans cette famille, il existe une exception : celle de la filière « végétaux » dont une partie, conçue pour fonctionner en anoxie, est le siège théorique des processus de dénitrification.

En assainissement collectif, les CFI et CL sont conçues, pour dégrader, au moins partiellement, l'azote jusqu'à sa forme gazeuse avec des processus de nitrification et dénitrification.

L'analyse est conduite en référence à des seuils différents selon les dispositifs concernés et les processus associés, soit de nitrification, soit de dénitrification.

Dans les deux cas, l'oxydation du NK ou N-NH₄⁺, est recherchée et de fortes concentrations résiduelles de NK ou N-NH₄⁺, respectivement supérieures à 90 mg/L et 85 mg/L (cf. Annexe 9) sont le reflet d'une absence de nitrification (et de dénitrification). La qualité de l'eau usée traitée est alors dite « inacceptable ».

En deçà de ces valeurs, la nitrification est jugée « acceptable » si la concentration en ions nitrates : N-NO₃⁻ est supérieure à celles en ions ammonium : N-NH₄⁺.

La dénitrification est jugée « acceptable » si la concentration résiduelle en ions nitrates est inférieure à 30 mg/L (cf. Annexe 9) et si la concentration résiduelle en ions ammonium est inférieure à 30 mg/L ou la concentration résiduelle en NK est inférieure à 33 mg/L.

Tableau 62 : Définition des classes de qualité en mg/L en fonction des paramètres azotés

	Acceptable	Médiocre	Inacceptable
Nitrification	NK < 90 ou N-NH ₄ ⁺ ≤ 85		NK ≥ 90 ou N-NH ₄ ⁺ > 85
	ET		
	N-NO ₃ ⁻ > N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻ < N-NH ₄ ⁺	
Nitrification et Dénitrification	NK < 33 ou N-NH ₄ ⁺ ≤ 30	NK < 90 ou N-NH ₄ ⁺ ≤ 85	
	ET		
	N-NO ₃ ⁻ ≤ 30	N-NO ₃ ⁻ > 30	

Ainsi, les qualifications d'« acceptable » et de « médiocre » (Tableau 62) sont dépendantes des processus mis en œuvre dans les dispositifs d'épuration.

3.2.1. Qualité des eaux usées traitées des filières nitrifiantes

Les filières nitrifiantes sont les filtres à sable, les filtres à copeaux de coco, les filtres à zéolithe, et les filtres à laine de roche.

L'objectif de cette analyse complémentaire est d'identifier des effets inter filières ou inter dispositifs non identifiés précédemment par l'analyse des paramètres caractéristiques de la matière organique. C'est pourquoi, à l'échelle de la filière, on cherche à distinguer entre elles, les deux filières « zéolithe » et « laine de roche ». A l'échelle du dispositif, on cherche à distinguer entre eux les dispositifs de la filière « sable », les dispositifs de la filière « zéolithe » et les dispositifs de la filière « laine de roche ».

➤ **Statistiques descriptives des filières nitrifiantes**

Tableau 63 : Concentrations des paramètres NK, NNH₄⁺ et NNO₃⁻ (en mg/L) des filières nitrifiantes

en mg/L	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	31	27	51
Médiane	18	18	50
Minimum	LQ		
Maximum	223	135	199
Nombre de valeurs	347	459	477

Les moyennes (Tableau 63) de l'ensemble des données sont toutes dans la classe « acceptable ». Il en est de même pour les médianes. Par contre, les valeurs extrêmes (Figure 57 à 59) soulignent une importante dispersion avec des valeurs au-delà du seuil de la classe « inacceptable ».

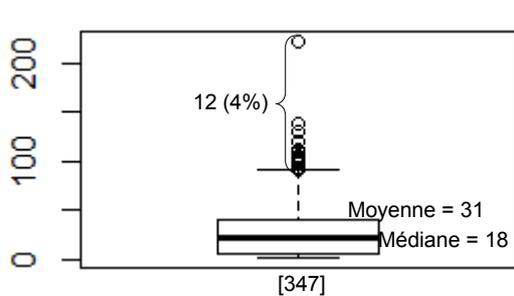


Figure 57 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK des filières nitrifiantes

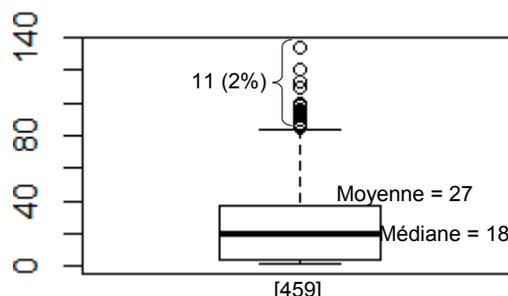


Figure 58 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH₄⁺ des filières nitrifiantes

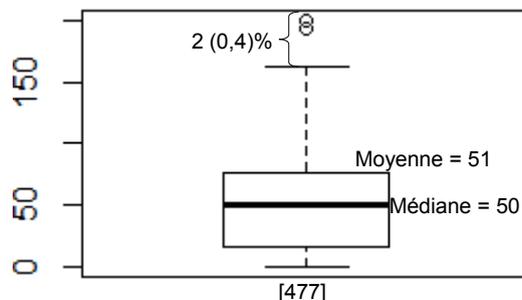


Figure 59 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO₃⁻ des filières nitrifiantes

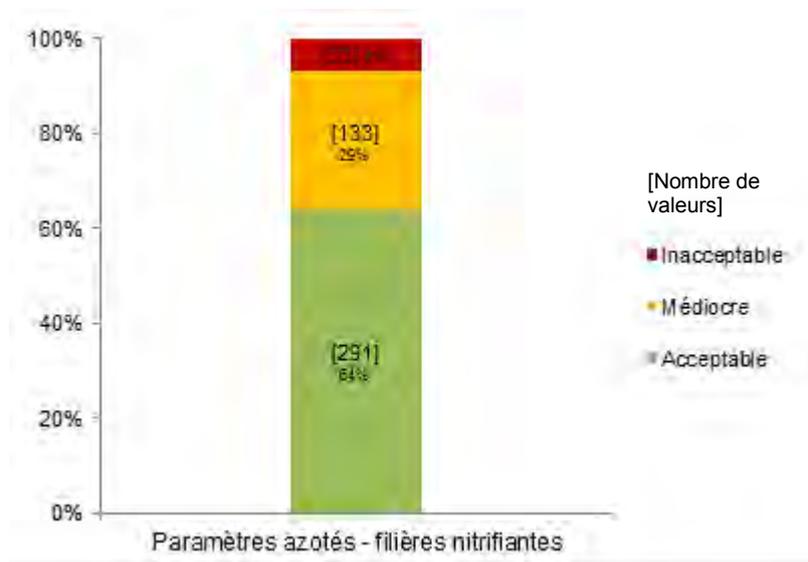


Figure 60 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des paramètres azotés des filières nitrifiantes

Vis-à-vis de la dégradation de l'azote, 64*% des 33eaux usées traitées sont qualifiées d' « acceptable ».

33 prélèvements, soit 7% de tous les prélèvements validés des dispositifs nitrifiants sont dans la classe de qualité « inacceptable ».

➤ **Influence significatives des facteurs sur la variation de la qualité des eaux usées traitées des filières nitrifiantes**

❖ *Résultats par filière*

Tableau 64 : Identification des facteurs d'influence (dont filières des dispositifs nitrifiants) sur la concentration des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Filières des dispositifs nitrifiants	oui	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Age	non oui	NK, N-NH ₄ ⁺ N-NO ₃ ⁻
Taux de charge	oui, si < 30 % non	NK, N-NH ₄ ⁺ N-NO ₃ ⁻

La distribution de la qualité des eaux usées traitées est influencée par les facteurs suivants (Tableau 64) :

- la filière est un facteur explicatif des variations, quelle que soit la variable dépendante,
- le type de prélèvement n'a pas d'effet identifié, quelle que soit la variable dépendante,
- l'âge constitue un facteur explicatif identifié au regard de la variable dépendante N-NO₃⁻,
- le taux de charge est un facteur explicatif identifié au regard des variables dépendantes NK, N-NH₄⁺, et pour des charges faibles.

Le modèle statistique permet de calculer les facteurs de modification intégrant ces influences. C'est ainsi que sont réalisés les Tableaux 65 à 67 quantifiant les facteurs d'influence sur les médianes de chaque filière.

Tableau 65 : Quantification de l'influence des filières sur les médianes des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

	Filière			
	Copeaux de coco	Laine de roche	Sable	Zéolithe
NK	=	+ 811 %	Référence	+ 361 %
N-NH ₄ ⁺	+ 149 %	+ 1611 %		+ 784 %
N-NO ₃ ⁻	=	- 92 %		- 56 %

Les résultats quantifiant les influences (Tableau 65) intègrent une forte dispersion des concentrations en N-NO₃⁻ de la filière « laine de roche » que l'outil a identifié. Les concentrations NK et N-NH₄⁺ sont moins dispersées pour les filières « laine de roche » et « zéolithe » que celles des filières « sable » et « copeaux de coco ».

A taux de charges égaux, pour le paramètre NK, la référence « sable » est équivalente à la filière « copeaux de coco », la médiane associée à la filière « zéolithe » étant supérieure. Pour le paramètre N-NH₄⁺, la médiane la plus basse est celle de la filière « sable » suivie par ordre croissant des filières « copeaux de coco », « zéolithe » puis « laine de roche ».

Pour l'analyse du paramètre N-NO₃⁻, et pour juger d'une bonne nitrification, un accroissement des formes oxydées (N-NO₃⁻) est recherché, associé à une diminution des formes réduites (NK et N-NH₄⁺). A âges égaux, c'est la filière « laine de roche » qui nitrifie le moins bien.

Les évolutions combinées des formes réduites et oxydées pour les filières « laine de roche » et « zéolithe » pourraient être imputées à un manque d'oxygène et laissent présager d'un dysfonctionnement avec mise en place de conditions de dégradation de type anaérobie.

Tableau 66 : Quantification de l'influence de l'âge sur les médianes du paramètre $N-NO_3^-$

	Age		
	< 2 ans	2 ans – 4 ans	> 4 ans
$N-NO_3^-$	=	Référence	- 41%

Avec l'âge, la nitrification diminue. Cette diminution peut être attribuée à un manque d'oxygène. Rappelons que la nitrification est un indicateur de la bonne santé (cf. Annexe 9 de la famille des CFSF). Lorsqu'elle diminue, elle est le signe d'un stade plus ou moins avancé, de colmatage.

Tableau 67 : Quantification de l'influence du taux de charge sur les médianes des paramètres NK et $N-NH_4^+$

	Taux de charge		
	< 30 %	30 % - 70 %	> 70 %
NK	- 73 %	Référence	=
$N-NH_4^+$	- 88 %		=

Les taux de charge ont un effet sur les paramètres NK et/ou $N-NH_4^+$: plus la charge à traiter est faible, meilleure est la nitrification. Cette conclusion, comme celle du vieillissement des filières, met en avant une sensibilité générale au maintien des conditions aérobies avec l'accroissement du taux de charge.

L'outil statistique appliqué aux paramètres azotés permet d'identifier des différences entre filières au sein de la famille des CFSF.

Ce sont les filières « sable » et « copeaux de coco » qui nitrifient le mieux.

Quel que soit le dispositif, plus l'installation est jeune, plus le taux de charge est faible, meilleure est la nitrification.

L'évolution des formes réduites conduit à préciser le classement entre les deux filières : « laine de roche » et « zéolithe ». C'est la filière « laine de roche » qui nitrifie le moins bien. Un déficit en oxygène est constaté et l'installation de conditions anaérobies, localisées mais conduisant à terme au colmatage, est probable.

❖ Résultats par dispositif

▪ Dispositifs de la filière « sable »

A ce stade, l'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur deux dispositifs (Aa1 et Aa3) parmi les trois suivis, le jeu de données du dispositif Aa2 n'étant pas d'un effectif suffisant (Tableau 68) pour être maintenu dans cette comparaison.

Tableau 68 : Nombre de valeurs des paramètres NK, $N-NH_4^+$ et $N-NO_3^-$ selon les trois dispositifs de la filière « sable »

Dispositif	Aa1			Aa2			Aa3 ³³		
	NK	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	NK	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	NK	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$
Nombre de valeurs	75	100	107	1	1	1	41	41	41

³³ Le dispositif Aa3 a été suivi par 41 visites d'une unique installation.

Tableau 69 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « sable ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Dispositifs de la filière « sable »	oui ³⁴	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Age	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Taux de charge	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻

L'outil statistique (Tableau 69) identifie la variable explicative « dispositif » comme étant la seule à avoir un effet sur les concentrations quel que soit le paramètre. Les deux dispositifs (Aa1 et Aa3) sont différenciés.

Tableau 70 : Quantification de l'influence des dispositifs sur les médianes des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

	Dispositif	
	Aa1	Aa3
NK	Référence	- 65 %
N-NH ₄ ⁺		- 64 %
N-NO ₃ ⁻		- 73 %

Les évolutions des formes réduites (diminution des concentrations en NK, N-NH₄⁺ par rapport à la filière de référence) et des formes oxydées (diminution des concentrations en N-NO₃⁻ par rapport à la filière de référence) sont incohérentes entre elles, en conditions aérobies. Si la référence (dispositif Aa1) possède des données cohérentes entre elles, le dispositif Aa3 fonctionnerait en conditions anoxiques. Ce constat laisse présager d'un dysfonctionnement futur avec l'installation de conditions de dégradation de type anaérobie.

- Dispositifs de la filière « zéolithe »

A ce stade, l'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur les deux dispositifs (Ac1 et Ac2) de la filière « zéolithe » dont le nombre de valeurs disponibles est indiqué dans le Tableau 71.

Tableau 71 : Nombre de valeurs des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻ selon les deux dispositifs de la filière « zéolithe »

Dispositif	Ac1			Ac2			
	Paramètre	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Nombre de valeurs		32	41	42	66	88	94

Tableau 72 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « zéolithe ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Dispositifs de la filière « zéolithe »	non oui	NK, N-NH ₄ ⁺ N-NO ₃ ⁻
Age	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Taux de charge	oui, si < 30 % oui, si > 70 %	NK, N-NH ₄ ⁺ N-NO ₃ ⁻

³⁴ Ce résultat est obtenu uniquement à partir de la dispersion des données. L'outil, en absence de ce complément d'analyse liée à la dispersion des données, n'identifie pas d'influence du facteur « dispositif ».

Les résultats (Tableau 72) sont différents selon les facteurs :

- le dispositif est un facteur explicatif des variations pour le paramètre $N-NO_3^-$,
- le taux de charge est un facteur explicatif au regard des trois variables dépendantes,
- le type de prélèvement et l'âge n'ont pas d'influence identifiée, quelle que soit la variable dépendante.

Le modèle statistique permet de quantifier l'influence de chaque facteur sur les médianes (Tableau 73 et Tableau 74).

Tableau 73 : Quantification de l'influence des deux dispositifs sur les médianes du paramètre $N-NO_3^-$

	Dispositif	
	Ac1	Ac2
$N-NO_3^-$	- 76 %	Référence

A taux de charge égaux, la concentration en $N-NO_3^-$ des eaux usées traitées par le dispositif Ac1 est plus faible que celle du dispositif Ac2. Avec des médianes équivalentes du paramètre $N-NH_4^+$, ces différences de qualité vis-à-vis des médianes en nitrates sous-entendent l'hypothèse d'une dénitrification partielle avec des conditions anaérobies. Le dispositif Ac1 sera plus rapidement sujet au colmatage que le dispositif Ac2.

Tableau 74 : Quantification de l'influence du taux de charge sur les médianes des paramètres NK, $N-NH_4^+$ et $N-NO_3^-$

	Taux de charge		
	< 30 %	30 % - 70 %	> 70 %
NK	- 92 %	Référence	=
$N-NH_4^+$	- 98 %		=
$N-NO_3^-$	=		- 74 %

L'effet du taux de charge sur les trois paramètres souligne des sensibilités au maintien des conditions aérobies : les formes réduites NK, $N-NH_4^+$ présentent des concentrations médianes plus faibles à faible taux de charge (et l'oxygène n'est pas limitant), les formes oxydées $N-NO_3^-$ sont présentes en concentrations médianes plus faibles à fort taux de charge : l'oxygène est limitant et des conditions de dégradation anoxiques et/ou anaérobies peuvent être installées localement de façon non contrôlée.

- Dispositifs de la filière « copeaux de coco »

A ce stade, l'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur les deux dispositifs (Ad1 et Ad2) de la filière « copeaux de coco » dont le nombre de valeurs disponibles figure dans le Tableau 75.

Tableau 75 : Nombre de valeurs des paramètres NK, $N-NH_4^+$ et $N-NO_3^-$ selon les deux dispositifs de la filière « copeaux de coco »

Dispositif	Ad1			Ad2		
	NK	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	NK	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$
Nombre de valeurs	17	17	17	48	78	84

Tableau 76 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « copeaux de coco ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Dispositifs de la filière « copeaux de coco »	non	NK, N-NO ₃ ⁻
	oui	N-NH ₄ ⁺
Age	non	N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
	oui, si > 4 ans	NK
Taux de charge	non	NK, N-NH ₄ ⁺
	oui, si > 70 %	N-NO ₃ ⁻

Les résultats (Tableau 76) sont différents selon les facteurs :

- le dispositif est un facteur explicatif des variations pour le paramètre N-NH₄⁺ ; ce paramètre n'a pas d'autres facteurs d'influence identifiée,
- l'âge est un facteur explicatif pour le paramètre NK,
- le taux de charge est un facteur explicatif pour le paramètre N-NO₃⁻,
- le type de prélèvement n'a pas d'influence identifiée, quelle que soit la variable dépendante.

Le modèle statistique permet de calculer les facteurs d'influence (Tableau 77). Seuls les facteurs d'influence du paramètre N-NH₄⁺ sont mentionnés ici car c'est le seul paramètre dont les variations sont influencées par le facteur « dispositif ».

Tableau 77 : Quantification de l'influence des deux dispositifs sur les médianes du paramètre N-NH₄⁺

	Dispositif	
	Ad1	Ad2
N-NH ₄ ⁺	+ 343 %	Référence

La médiane du dispositif Ad2 est plus faible que celle du dispositif Ad1. Le dispositif Ad2 assure une meilleure nitrification que le dispositif Ad1.

- Dispositifs de la filière « laine de roche »

A ce stade, l'analyse relative aux dispositifs de traitement se focalise sur les deux dispositifs (Ae1 et Ae2) de la filière « laine de roche » dont le nombre de valeurs disponibles figure dans le Tableau 78.

Tableau 78 : Nombre de valeurs des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻ selon les deux dispositifs de la filière « laine de roche »

Dispositif	Ae1			Ae2		
	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Nombre de valeurs	33	33	33	34	60	58

Tableau 79 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « laine de roche ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Dispositifs de la filière « laine de roche »	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Age	non	N-NH ₄ ⁺
	oui, si < 2 ans	NK
	oui, si > 4 ans	N-NO ₃ ⁻
Taux de charge	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻

L'outil statistique (Tableau 79) identifie la variable explicative « âge » comme étant la seule à avoir un effet sur les concentrations des paramètres NK et N-NO₃⁻. Les deux dispositifs (Ae1 et Ae2) ne sont pas différenciés.

L'outil statistique appliqué aux paramètres azotés permet d'identifier des différences entre dispositifs au sein des filières nitrifiantes :

- Parmi les dispositifs garnis de sable, le dispositif Aa3 est différent du dispositif Aa1. Le dispositif Aa3 oxyde le mieux l'azote Kjeldahl ; pourtant, un manque d'oxygène et l'installation de conditions anaérobies, localisées mais conduisant à terme au colmatage, sont probables pour le dispositif Aa3.
- Parmi les deux dispositifs garnis de zéolithe, le dispositif Ac2 est différent du dispositif Ac1. Le dispositif Ac2 assure une meilleure nitrification.
- Parmi les deux dispositifs garnis de copeaux de coco, le dispositif Ad2 est différent du dispositif Ad1. Le dispositif Ad2 assure une meilleure nitrification.
- Parmi les deux dispositifs garnis de laine de roche, l'outil n'identifie pas de différences entre les deux dispositifs Ae1 et Ae2. Ces deux dispositifs sont sensibles au vieillissement : au-delà de 4 ans, un manque d'oxygène et l'installation de conditions anaérobies, localisées mais conduisant à terme au colmatage, sont probables.

➤ **Statistiques descriptives des résultats identifiés par le modèle « log-linéaire généralisé » concernant la « nitrification »**

❖ *Résultats par filière*

Le facteur « filière » a été identifié comme l'un des facteurs explicatifs des variations :

- des paramètres NK et N-NH₄⁺, avec le facteur explicatif : « taux de charge » ;
- du paramètres N-NO₃⁻, avec le facteur explicatif : « âge ».

En ce qui concerne le lien entre le taux de charge et la nitrification, l'interprétation n'est pas possible du fait de l'effectif de données trop modeste (3 à 4 valeurs) pour les taux de charge faibles.

Le Tableau 80 illustre ces résultats en lien avec l'âge et le paramètre N-NO₃⁻.

Tableau 80 : Concentrations du paramètre N-NO₃⁻ (en mg/L) selon les filières nitrifiantes et l'âge

en mg/L		Sable	Copeaux de coco	Zéolithe	Laine de roche
Age inférieur à 4 ans	Moyenne	71	72	55	17
	Médiane	66	72	54	12
	Minimum	7	LQ	LQ	LQ
	Maximum	194	163	199	64
	Nombre de valeurs	98	85	87	79
Age supérieur à 4 ans	Moyenne	53	61	28	2
	Médiane	55	60	19	1
	Minimum	LQ	3	LQ	LQ
	Maximum	115	121	121	17
	Nombre de valeurs	51	16	49	12

Plus les dispositifs sont âgés, moins la concentration en nitrates est importante. En termes de qualité des eaux usées traitées, cette situation n'est pas dommageable. Par contre, ce constat témoigne du manque d'oxygène, nécessaire à cette oxydation.

Si les écoulements se font encore, les prémices du colmatage sont probables. La filière « laine de roche » âgée de plus de 4 ans (médiane à 1 mg/L) est, parmi les quatre filières assurant une nitrification, la plus fragile. Notons également que les maxima de cette filière sont les plus bas et ce, pour les deux classes d'âge.

Des représentations graphiques en boîtes à moustaches, paramètre par paramètre (Figures 61 à 65) illustrent les descriptions numériques. Un histogramme synthétise la qualité des eaux usées traitées vis-à-vis des paramètres azotés.

Les boîtes à moustaches pleines ET histogrammes encadrés de noir signalent toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifié comme ayant un effet significatif.

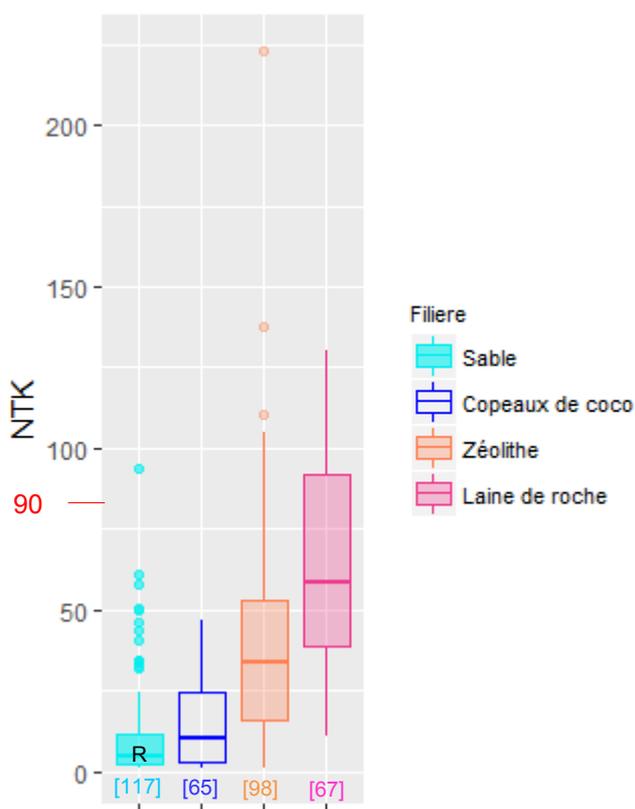


Figure 61 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK pour les dispositifs nitrifiants

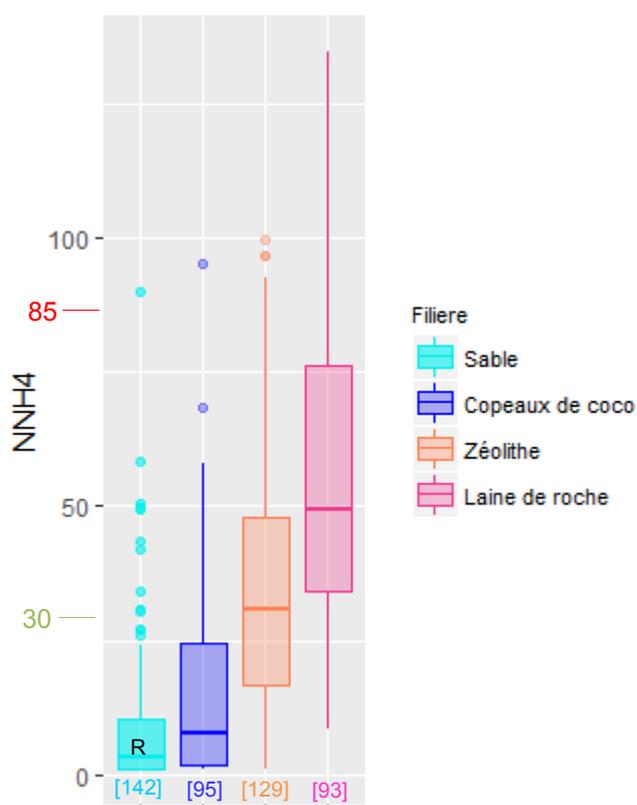


Figure 62 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NH_4^+$ pour les dispositifs nitrifiants

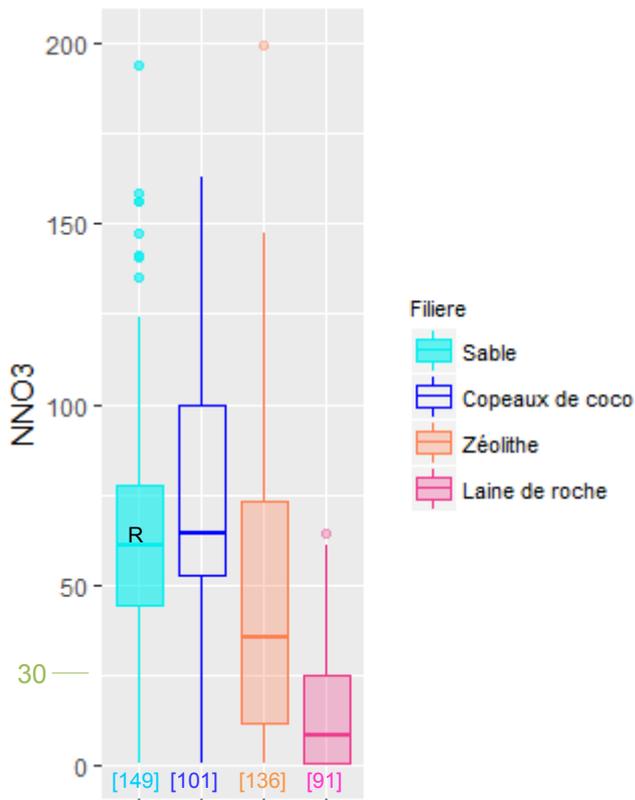


Figure 63 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NO_3^-$ pour les dispositifs nitrifiants

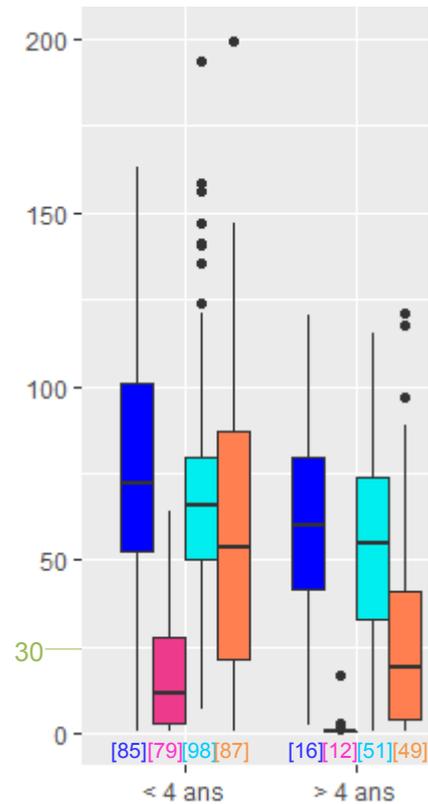


Figure 64 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NO_3^-$ pour les dispositifs nitrifiants et selon l'âge

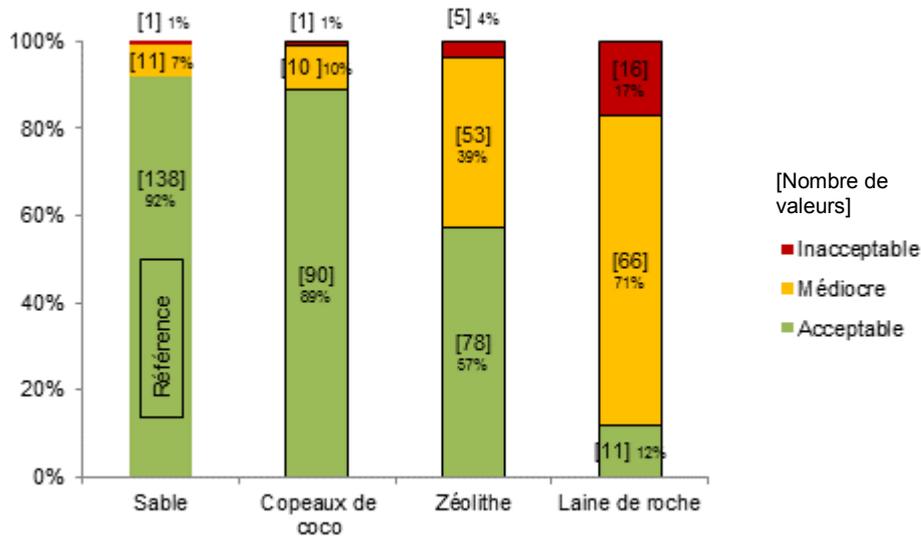


Figure 65 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, des paramètres caractéristiques de l'azote³⁵

Les filières « sable » et « copeaux de coco » montrent des performances fortes vis-à-vis de l'évolution des formes azotées qui attestent d'une bonne nitrification: des proportions respectives de 92 % et 89 % de leur jeu de données appartient à la classe de qualité « acceptable ». Cette proportion chute sensiblement (57 %) pour la filière « zéolithe » avec l'apparition d'une proportion de 4 % dans la classe « inacceptable ». Pour la filière « laine de roche », la qualité est majoritairement « médiocre » (71 %) à « inacceptable » (17 %).

³⁵ Les boîtes à moustaches pleines ET histogrammes encadrés de noir signalent toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif.

❖ Résultats par dispositif

- Dispositifs de la filière « sable »

Le facteur « dispositif » a été identifié comme l'unique facteur explicatif des variations de qualité.

Tableau 81 : Concentrations des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻ (en mg/L) selon les dispositifs

en mg/L	Aa1			Aa3		
	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	14	11	66	4	4	63
Médiane	8	4	58	4	3	63
Minimum	LQ			LQ	LQ	31
Maximum	94	90	194	13	11	80
Nombre de valeurs	75	100	107	41	41	41

Pour tous les paramètres, les médianes (Tableau 81) des deux dispositifs Aa1 et Aa3 sont assez proches et peuvent interroger quant à la conclusion mentionnant une différence significative entre les deux dispositifs. L'outil intègre dans ses calculs la dispersion des données qu'il a identifié précisément pour cette analyse entre ces deux dispositifs et que les Figures 66 à 68 soulignent. Cette analyse numérique conclut à une médiane théorique en N-NO₃⁻ plus grande pour le dispositif Aa1 que le dispositif Aa3 alors que l'ordre des médianes réelles s'inversent. Les boîtes à moustaches illustrent cette forte dispersion.

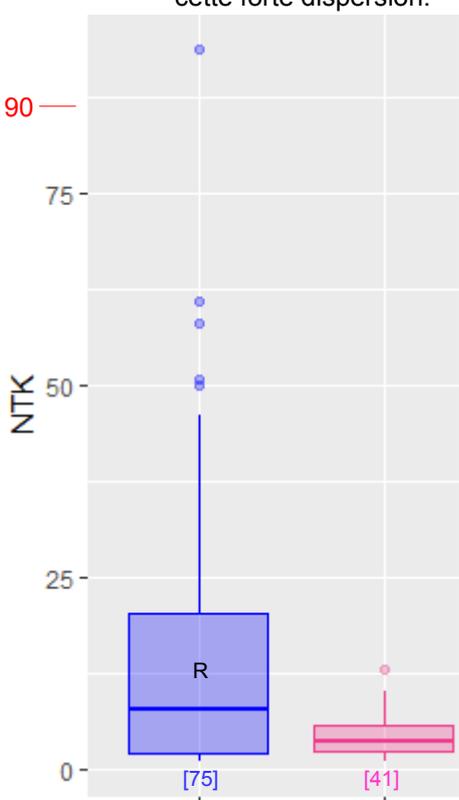


Figure 66 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les dispositifs de la filière « sable »

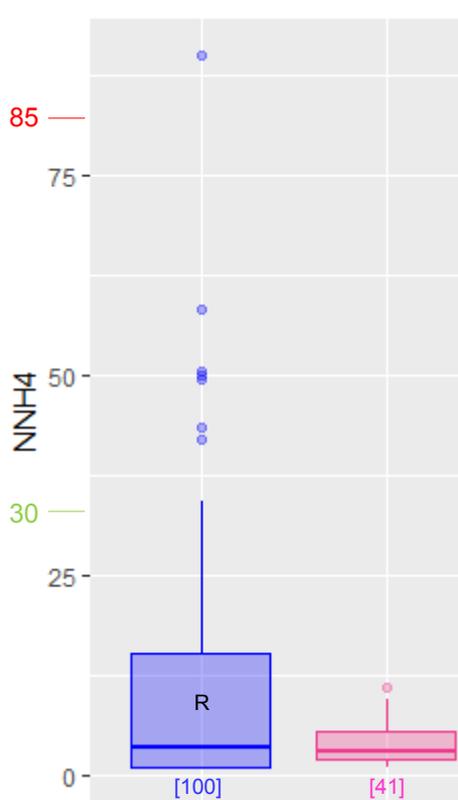


Figure 67 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH₄⁺ selon les dispositifs de la filière « sable »

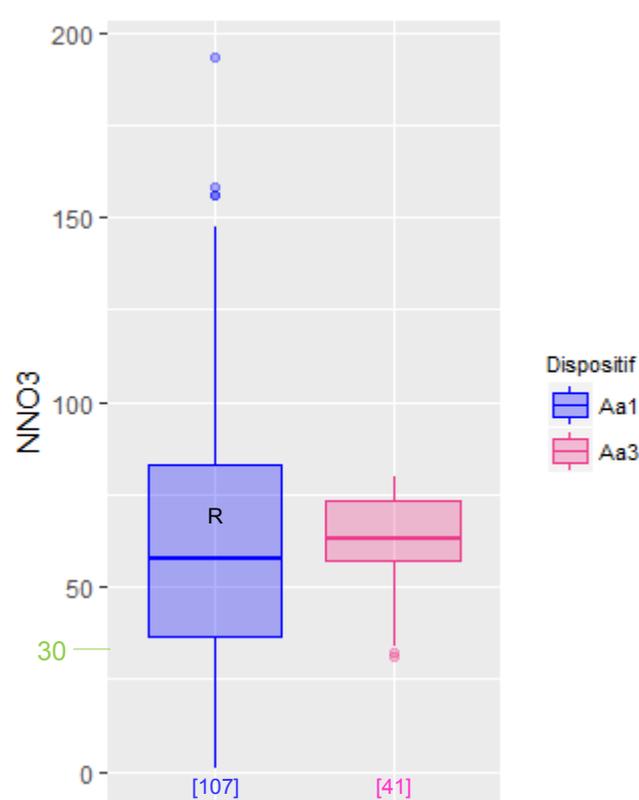


Figure 68 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO₃⁻ selon les dispositifs de la filière « sable »

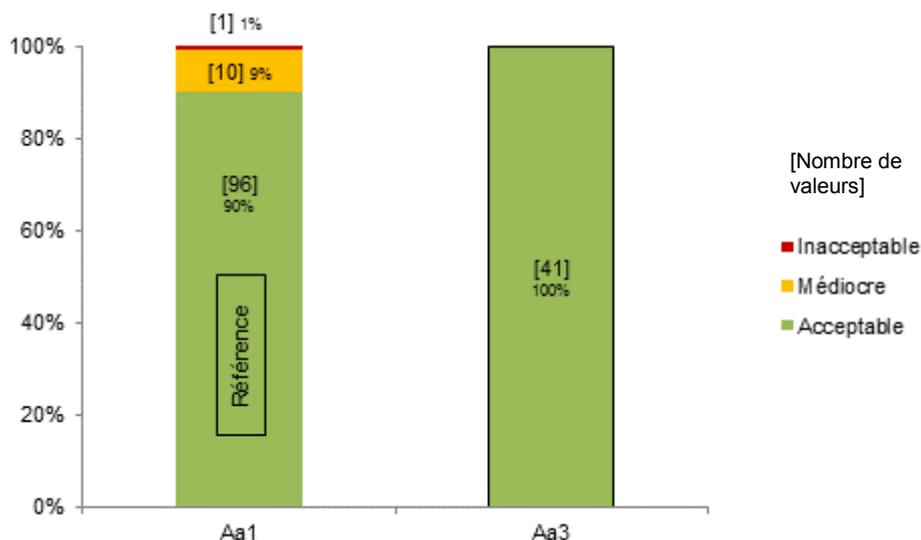


Figure 69 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « sable », des paramètres caractéristiques de l'azote

Cet histogramme (Figure 69) montre des proportions importantes (90 % et 100 % du jeu de données) dans la classe de qualité « acceptable » respectivement pour les dispositifs Aa1 et Aa3. L'observation visuelle de ces résultats conduit à conclure que l'eau usée traitée par le dispositif Aa3 est de meilleure qualité que celui du dispositif Aa1.

La conclusion de l'outil est autre car la méthodologie intègre la dispersion des données, très différente entre les deux jeux de données probablement en lien avec leurs origines : les données du dispositif Aa3 proviennent d'une installation alors que celles du dispositif Aa1 proviennent de 19 installations.

- Dispositifs de la filière « zéolithe »

Les facteurs « dispositif » et « taux de charge » ont été identifiés comme les facteurs explicatifs de la variation de qualité du paramètre $N-NO_3^-$ et le Tableau 82 donne les résultats chiffrés par dispositif et taux de charge.

Tableau 82 : Concentrations du paramètre $N-NO_3^-$ (en mg/L) selon les deux dispositifs de la filière « zéolithe » et le taux de charge

en mg/L		Ac1	Ac2
Taux de charge inférieur à 70 %	Moyenne	42	70
	Médiane	21	73
	Minimum	LQ	4
	Maximum	199	147
	Nombre de valeurs	31	47
Taux de charge supérieur à 70 %	Moyenne	5	33
	Médiane	5	24
	Minimum	LQ	LQ
	Maximum	14	121
	Nombre de valeurs	10	47

Les deux dispositifs sont sensibles à l'accroissement du taux de charge et les concentrations en $N-NO_3^-$ des eaux usées traitées diminuent avec un taux de charge croissant (Figure 70).

Pour les deux classes de taux de charge, la concentration médiane en nitrates est plus importante dans les eaux usées traitées du dispositif Ac2 que dans celles du dispositif Ac1.

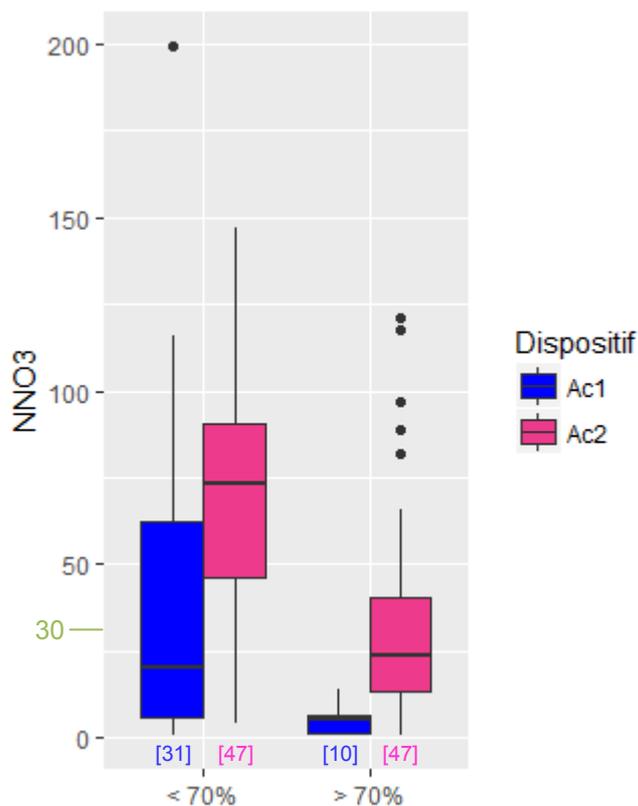


Figure 70 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NO_3^-$ selon les deux dispositifs de la filière « zéolithe » et le taux de charge

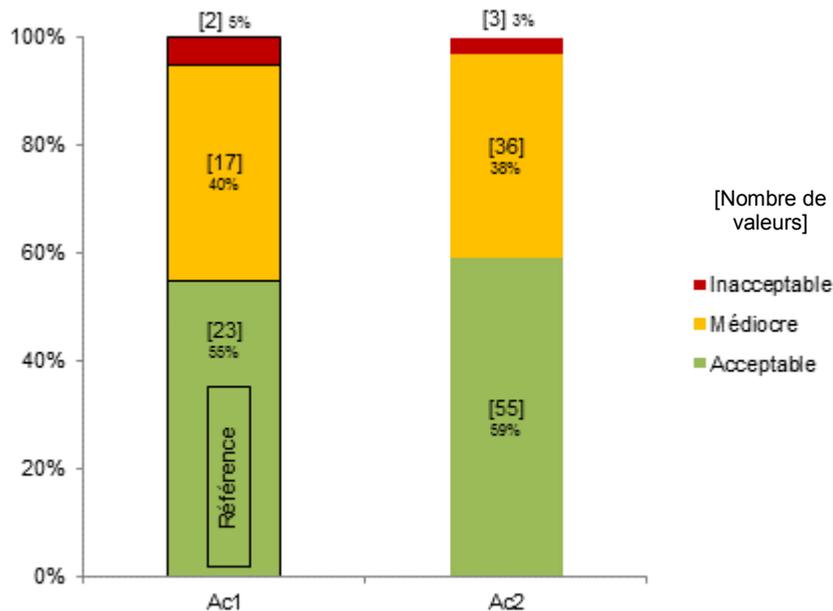


Figure 71 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « zéolithe », des paramètres caractéristiques de l'azote

La proportion de données (Figure 71) dans la classe de qualité « acceptable » du dispositif Ac2 est de 59 %, légèrement supérieure à celle du dispositif Ac1 (55 %).

- Dispositifs de la filière « copeaux de coco »

Le facteur « dispositif » a été identifié comme l'unique facteur explicatif des variations de qualité du paramètre $N-NH_4^+$ dont les données sont présentées dans le Tableau 83 et illustrée sur la Figure 72.

Tableau 83 : Concentrations du paramètre $N-NH_4^+$ (en mg/L) selon les deux dispositifs de la filière « copeaux de coco »

en mg/L		Ad1	Ad2
N-NH ₄ ⁺	Moyenne	31	12
	Médiane	25	6
	Minimum	4	LQ
	Maximum	95	58
	Nombre de valeurs	17	78

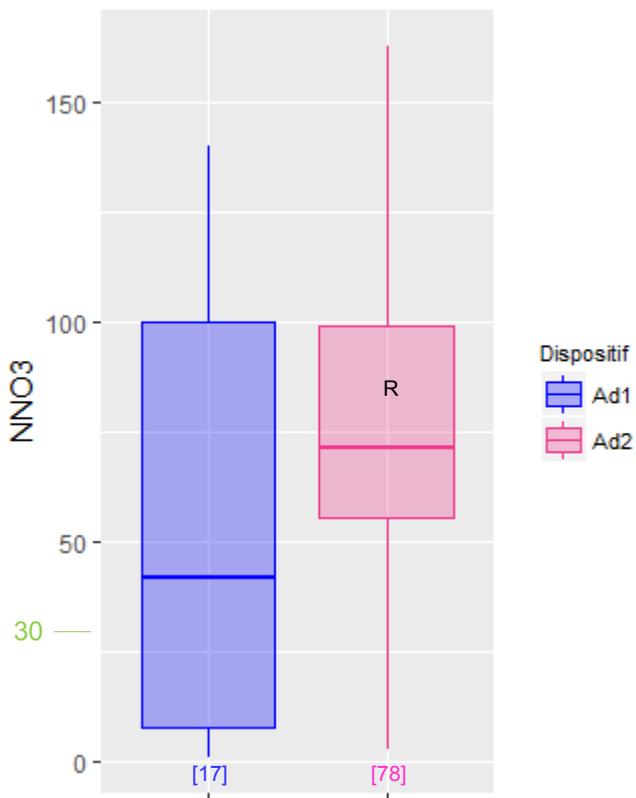


Figure 72 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre chimique $N-NO_3^-$ selon les dispositifs de la filière « copeaux de coco »

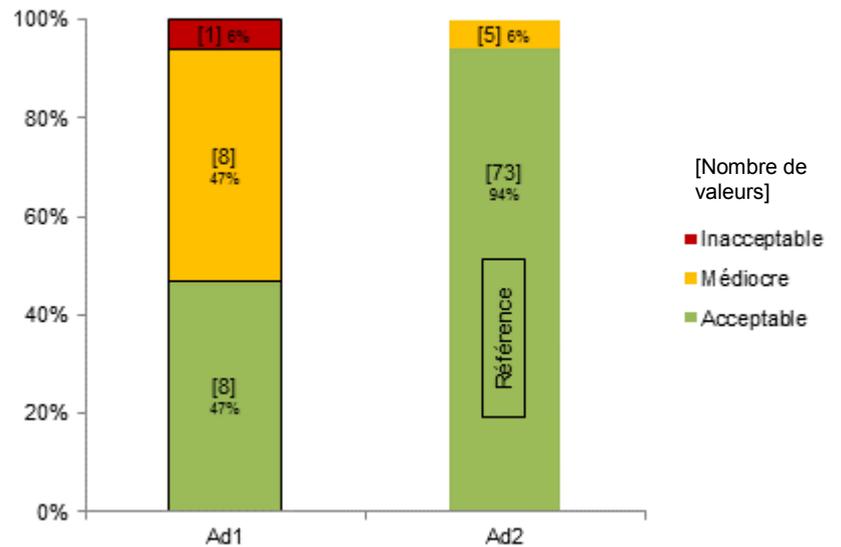


Figure 73 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « copeaux de coco », des paramètres caractéristiques de l'azote

Les proportions des données (Figure 73) dans la classe de qualité « acceptable » sont très différentes entre les deux dispositifs Ad1 et Ad2 avec des valeurs respectivement de 47 % et 94 %.

➤ Conclusion : dispositifs nitrifiants

L'analyse de l'évolution des formes azotées a permis de discriminer la filière « zéolithe » de la filière « laine de roche ». Cette dernière présente des performances de nitrification moindres.

Elle a permis également de discriminer entre eux les deux dispositifs présents dans chacune des trois filières : « sable », « zéolithe » et « copeaux de coco ».

Par contre, les deux dispositifs « laine de roche » n'ont pas d'influence identifiée par l'outil statistique qui permettrait de les différencier. Les évolutions comparées des formes azotées permettent de suspecter des carences en oxygène et la présence de zones anaérobies localisées dans ces deux dispositifs. A terme, un colmatage est à craindre.

3.2.2. Qualité des rejets des prélèvements des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants

Les dispositifs dont les procédés de traitement peuvent conduire à une dénitrification sont les dispositifs des familles des CFI et CL ainsi que la filière « végétaux » de la famille des CFSF (cf. Annexe 9).

L'objectif de cette analyse complémentaire est d'identifier des effets inter filières ou inter dispositifs non identifiés précédemment par l'analyse des paramètres caractéristiques de la matière organique. C'est pourquoi, à l'échelle de la famille, on cherche à distinguer entre elles les trois familles sous l'angle de la dénitrification. A l'échelle de la filière, on cherche à distinguer « lit fixe » et « lit fluidisé » dans la famille des CFI. A l'échelle du dispositif, on cherche à distinguer entre eux les dispositifs de la filière « lit fixe » et ceux de la filière « SBR ».

➤ Statistiques descriptives des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants

Tableau 84 : Concentration (en mg/L) des paramètres NK, $N-NH_4^+$ et $N-NO_3^-$ des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants

en mg/L	NK	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$
Moyenne	29	21	29
Médiane	12	5	22
Minimum	LQ		
Maximum	341	223	174
Nombre de valeurs	690	735	789

Les moyennes (Tableau 84) de l'ensemble des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants sont toutes dans la classe « acceptable ». Il en est de même pour les médianes. Par contre, les valeurs extrêmes soulignent une importante dispersion avec des valeurs au-delà des seuils des classes « inacceptable ». Les distributions des deux paramètres $N-NH_4^+$ et $N-NO_3^-$ sont présentées à titre d'exemple (Figure 74 et Figure 75).

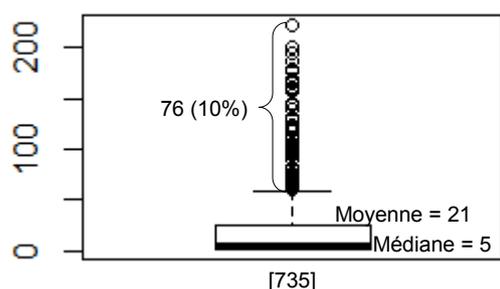


Figure 74 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NH_4^+$ des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants

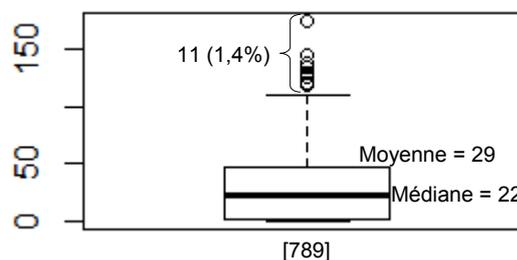


Figure 75 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NO_3^-$ des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants

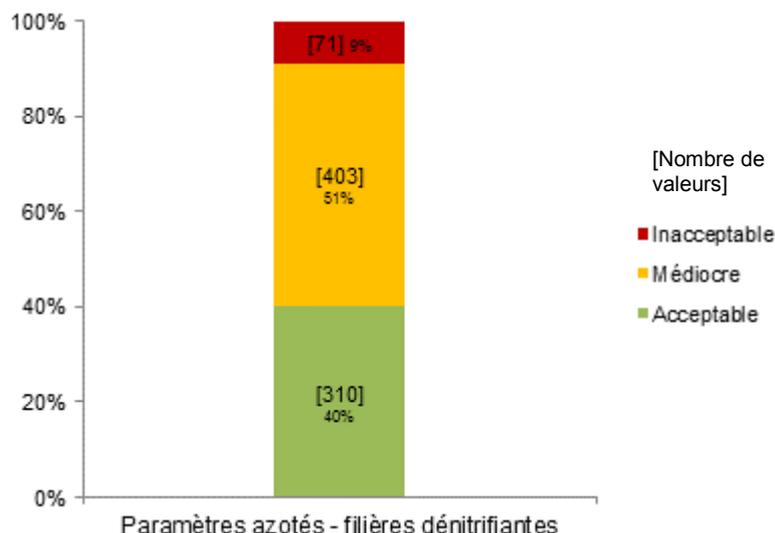


Figure 76 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des paramètres azotés des filières dénitrifiantes

➤ **Influence significatives des facteurs sur la variation de la qualité des eaux usées traitées des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants**

❖ *Résultats par famille*

Tableau 85 : Identification des facteurs d'influence (dont filières des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants) sur la concentration des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Familles des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants	oui	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Age	non	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻
Taux de charge	oui, si < 30 % et > 70 % oui, si > 70 %	NK, N-NH ₄ ⁺ N-NO ₃ ⁻

Les résultats (Tableau 85) sont différents selon les facteurs :

- la famille est un facteur explicatif des variations des trois paramètres,
- le taux de charge est un facteur explicatif des variations des trois paramètres,
- ni le type de prélèvement, ni l'âge n'ont d'influence identifiée, quelle que soit la variable dépendante.

Tableau 86 : Quantification de l'influence des familles sur la concentration des paramètres NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻

	Famille		
	Végétaux	Famille CFI	Famille CL
NK	+ 90 %	Référence	+ 105 %
N-NH ₄ ⁺	+ 793 %		+ 259 %
N-NO ₃ ⁻	- 90 %		- 51 %

L'outil statistique précise qu'une importante dispersion des concentrations en $N-NO_3^-$ issues de la filière « végétaux » et de la famille CL existe, comparée à celles issues de la famille CFI. Pour la variable dépendante $N-NH_4^+$, la dispersion est plus importante pour les deux familles CFI et CL que pour la filière « végétaux ».

A charge égale, c'est la famille des CFI (Tableau 86) qui assure une nitrification la plus poussée, suivie par la famille des CL puis la filière « végétaux ». Dans des conditions assez différentes de nitrification, il n'est pas possible de statuer sur des potentiels différenciés de dénitrification.

L'outil statistique appliqué aux paramètres azotés permet d'identifier des différences entre la filière « végétaux » et les deux familles nitrifiants-dénitrifiants :

- L'oxydation des formes azotées est plus poussée pour la famille des CFI ; c'est dans la filière « végétaux » que cette oxydation est la moins performante.
- Dans ces conditions aussi diverses de nitrification, il n'est pas possible de statuer quant à la dénitrification.

❖ Résultats par filière

A ce stade, l'analyse relative aux filières se focalise sur les deux filières « lit fixe » et « lit fluidisé » de la famille CFI et sur les deux filières de la famille CL : « classique » et « traitement complémentaire ». L'objectif est tout d'abord d'identifier des influences différentes entre deux filières « lit fixe » et « lit fluidisé » de la famille CFI.

Tableau 87 : Identification des facteurs d'influence (dont filières « lit fixe » et « lit fluidisé ») sur la concentration des paramètres NK, NNH_4^+ et NNO_3^-

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Filières de la famille des CFI	non	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Age	non	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Taux de charge	non	NK
	oui, si < 30 % et > 70 %	$N-NH_4^+$
	oui, si > 70 %	$N-NO_3^-$

L'outil statistique (Tableau 87) identifie la variable explicative « taux de charge » comme étant la seule à avoir un effet sur les concentrations des paramètres NK et $N-NO_3^-$. Les deux filières « lit fixe » et « lit fluidisé » ne sont pas différenciées.

L'objectif est désormais d'identifier des influences différentes entre les deux filières « traitement complémentaire » et « classique » de la famille des CL.

Tableau 88 : Identification des facteurs d'influence (dont filières des dispositifs dénitrifiants-dénitrifiants) sur la concentration des paramètres NK, NNH_4^+ et NNO_3^-

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Filières de la famille des CL	non	NK, $N-NH_4^+$
	oui	$N-NO_3^-$
Age	non	NK
	oui, si > 4 ans	$N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Taux de charge	non	$N-NO_3^-$
	oui, si < 30 %	NK
	oui, si < 30 % et > 70 %	$N-NH_4^+$

Les résultats (Tableau 88) sont différents selon les facteurs :

- La filière est un facteur explicatif des variations du paramètre $N-NO_3^-$.
- L'âge est également un facteur explicatif de ce paramètre $N-NO_3^-$ ainsi que de $N-NH_4^+$.
- Le taux de charge constitue un facteur explicatif des paramètres NK et $N-NH_4^+$.
- Le type de prélèvement n'a pas d'influence identifiée sur les variations des différents paramètres.

Les distributions du paramètre $N-NO_3^-$ sont influencées par trois facteurs explicatifs simultanément : la « filière », l'« âge » et le « taux de charge ». Il n'est pas simple de réaliser une analyse conjointe intégrant ces trois effets. De plus, du fait d'un effectif restreint dans certaines catégories, cette analyse n'est pas pertinente. Dans ces conditions, les tableaux de quantification des influences ne sont pas affichés.

L'outil statistique appliqué aux paramètres azotés permet d'obtenir quelques éléments supplémentaires permettant de différencier entre elles les filières au sein des familles nitrifiantes-dénitrifiantes :

- Entre les deux filières « lit fixe » et « lit fluidisé » de la famille des CFI, l'outil statistique n'identifie pas de différences.
- Parmi les quatre filières de la famille des CL, l'outil identifie des effets conjoints avec les facteurs « taux de charge » et « âge ». Du fait de ces influences multiples, la quantification des influences n'a pas été réalisée.

❖ Résultats par dispositif

- Dispositifs de la filière « lit fixe »

Parmi les 6 dispositifs de la filière « lit fixe », l'objectif est d'identifier des influences particulières d'un des dispositifs.

Tableau 89 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « lit fixe ») sur la concentration des paramètres NK, $N-NH_4^+$ et $N-NO_3^-$

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Dispositif de la filière « lit fixe »	oui	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Age	non	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Taux de charge	oui, si > 70 %	NK, $N-NO_3^-$
	oui, si < 30 %	$N-NH_4^+$

L'influence des facteurs (Tableau 89) sur la variation de la qualité des eaux usées traitées est commune à tous les paramètres :

- Le dispositif est un facteur explicatif des variations des trois paramètres.
- Le taux de charge est un facteur explicatif des variations des trois paramètres
- Ni le type de prélèvement, ni l'âge n'ont d'influence identifiée sur les variations des trois paramètres.

Tableau 90 : Quantification de l'influence des dispositifs sur les médianes du paramètre $N-NO_3^-$

	Dispositif					
	Ba1	Ba3	Ba4	Ba6	Ba7	Ba9
NK	=	+ 165 %	Référence	=	=	=
$N-NH_4^+$	=	+ 1868 %		=	=	+ 436 %
$N-NO_3^-$	=	- 91 %		- 48 %	=	=

Le Tableau 90 intègre des amplitudes de dispersion du paramètre $N-NO_3^-$, plus importante pour les dispositifs Ba3 et Ba9 que pour les quatre autres dispositifs (Ba1, Ba4, Ba6 et Ba7).

A taux de charges égaux, les eaux usées traitées des dispositifs Ba1, Ba4, Ba6 et Ba7 sont de meilleure qualité vis-à-vis du paramètre $N-NH_4^+$; le dispositif Ba9 puis le dispositif Ba3 montrent des degrés de nitrification beaucoup plus faibles.

Parmi les dispositifs pour lesquels le degré de nitrification est équivalent, c'est le dispositif Ba6 qui assure une dénitrification la plus poussée.

Tableau 91 : Quantification de l'influence du taux de charge sur les médianes des paramètres NK, $N-NH_4^+$ et $N-NO_3^-$

	Taux de charge		
	< 30 %	30% - 70 %	> 70 %
NK	=	Référence	+ 90 %
$N-NH_4^+$	- 89 %		=
$N-NO_3^-$	=		- 61 %

L'oxydation des formes NK et $N-NH_4^+$ diminuent lorsque la charge augmente. Ce constat témoigne d'un manque d'apport en oxygène. Simultanément, la concentration en nitrates décroît avec des taux de charge plus élevés. Cette évolution provient, pour des plus fortes charges, i) soit des concentrations plus faibles en ions ammonium à oxyder, ii) soit de conditions anaérobies plus favorables comparées aux plus faibles charges, iii) soit des deux hypothèses conjointes.

- Dispositifs de la filière « SBR »

Tableau 92 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « SBR ») sur la concentration des paramètres NK, $N-NH_4^+$ et $N-NO_3^-$

Facteurs	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	non	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Dispositif de la filière « SBR »	non	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Age	non	NK, $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$
Taux de charge	non oui, si < 30 %	$N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ NK

L'outil statistique (Tableau 92) n'identifie aucune variable explicative (excepté le « taux de charge » pour le paramètre NK) comme ayant un effet sur les variables dépendantes de la filière « SBR ». Les trois dispositifs ne sont pas différenciés.

L'outil statistique appliqué aux paramètres azotés permet d'identifier au sein des filières nitrifiantes-dénitrifiantes des influences différenciées de certains dispositifs :

- Au sein de la famille « lit fixe », les dispositifs sont identifiés comme un facteur d'influence. A charge égale, les dispositifs Ba3 et Ba9 délivrent une eau usée traitée la plus concentrée en $N-NH_4^+$ suggérant une nitrification limitée. Le dispositif Ba6 viendrait en tête en terme de dénitrification, suivi des trois dispositifs Ba1, Ba4 et Ba7 ;
- Au sein de la famille « SBR », l'outil n'identifie pas d'influence significative des trois dispositifs.

➤ **Statistiques descriptives des résultats identifiés par le modèle « log-linéaire généralisé » concernant la « nitrification-dénitrification »**

Les facteurs explicatifs « famille » et « taux de charge » ayant une influence significative conjointe sur la qualité des eaux usées traitées, des tableaux descriptifs ont été réalisés selon les trois familles et les trois classes de taux de charge. Par la suite, des représentations graphiques en boîte à moustaches et histogramme viennent illustrer ces descriptions numériques.

Le Tableau 93 et les Figure 77 à 82³⁶ visualisent par les moyennes et les médianes, des concentrations dans les eaux usées traitées systématiquement croissantes entre les deux familles CFI, CFI et la filière « végétaux » pour les paramètres NK et N-NH₄⁺ et ce, pour les trois classes de charge estimées. Malgré des performances meilleures pour les deux familles CFI et CL, ce sont elles qui intègrent les maxima de chaque classe de taux de charge.

Les deux familles CFI et CL sont sensibles aux taux de charge et les moyennes et médianes des paramètres NK et N-NH₄⁺, au sein d'une même famille, sont systématiquement croissantes lorsque le taux de charge croit aussi. Pour le paramètre N-NO₃⁻, les moyennes et médianes diminuent lorsque les taux de charge croissent (entre < 70 % et > 70 %).

Les médianes et moyennes de filière « végétaux » sont très proches pour les paramètres NK et N-NH₄⁺ et soulignent la stabilité des processus de nitrification. Il n'en est pas de même pour le paramètre N-NO₃⁻ et la dénitrification ne paraît pas être pleinement maîtrisée. Pour les trois paramètres, l'impact du taux de charge n'est pas marqué.

❖ *Résultats par famille*

Tableau 93 : Concentrations des paramètres chimiques NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻ (en mg/L) selon les familles et le taux de charge

en mg/L		Végétaux			Famille CFI			Famille CL			
		NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
Taux de charge	inférieur à 30 %	Moyenne	27	23	6	11	7	24	9	12	37
		Médiane	38	33	1	4	1	18	4	1	41
		Minimum	LQ			LQ			LQ		
		Maximum	46	43	38	112	119	90	99	75	86
		Nombre de valeurs	11	12	13	51	49	52	32	41	43
	compris entre 30% et 70 %	Moyenne	22	20	18	17	14	36	44	26	33
		Médiane	22	20	4	7	1	32	18	8	22
		Minimum	LQ			LQ			LQ		
		Maximum	101	94	118	162	187	145	341	223	174
		Nombre de valeurs	101	101	104	210	212	238	173	204	211
	supérieur à 70 %	Moyenne	38	30	15	39	35	25	66	46	18
		Médiane	37	30	1	12	4	18	52	31	2
		Minimum	15	13	LQ	LQ			3	LQ	LQ
		Maximum	65	50	40	191	179	133	163	140	101
		Nombre de valeurs	9	9	9	78	84	92	25	23	27

³⁶ Les boîtes à moustaches pleines ET histogrammes encadrés de noir signalent toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif.

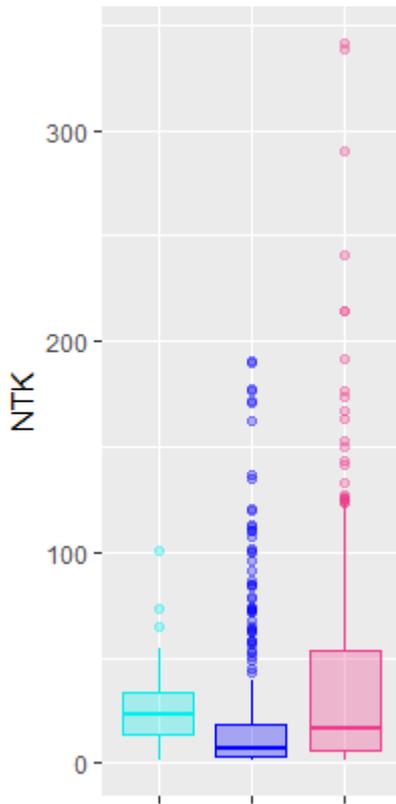


Figure 77 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre chimique NK selon les familles

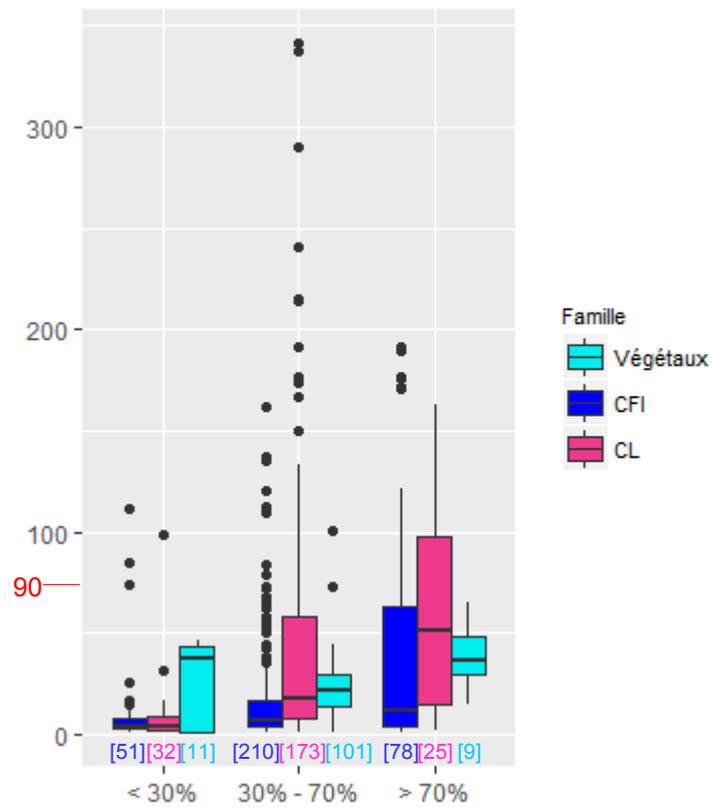


Figure 78 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre chimique NK selon les familles et le taux de charge

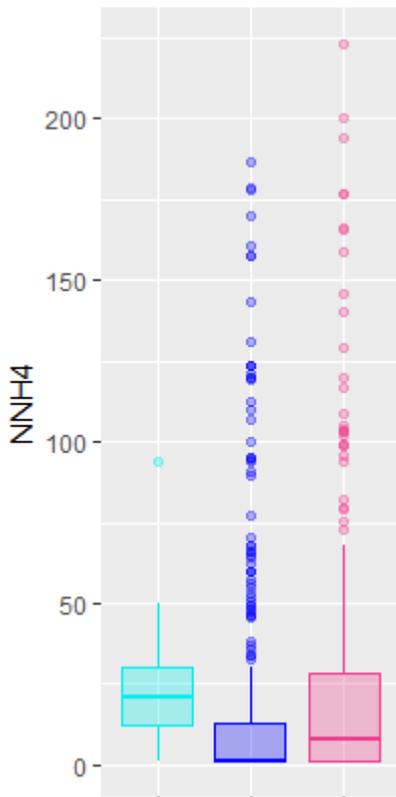


Figure 79 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NH_4^+$ selon les familles

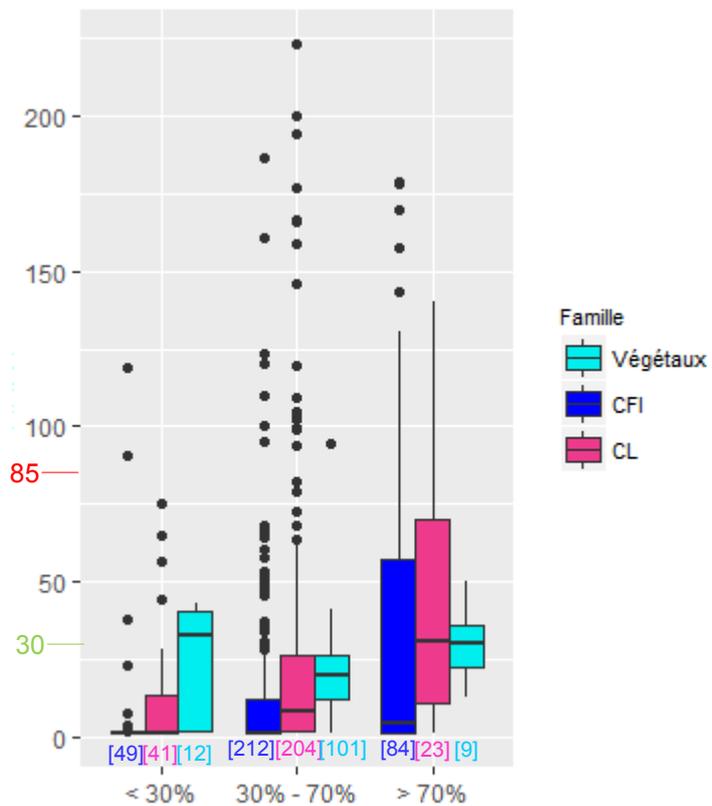


Figure 80 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NH_4^+$ selon les familles et le taux de charge

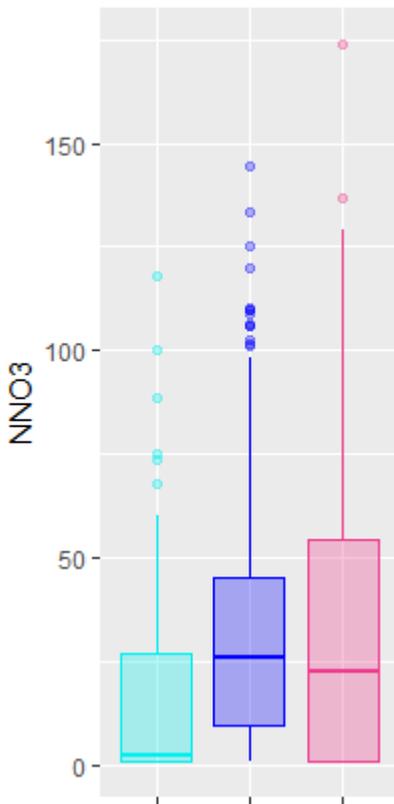


Figure 81 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NO_3^-$ selon les familles

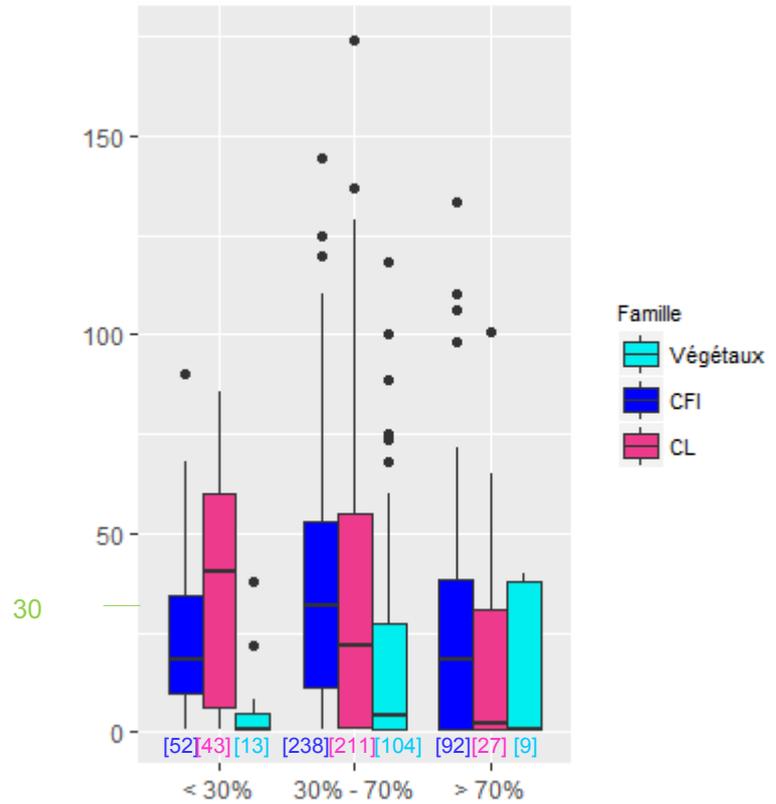


Figure 82 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NO_3^-$ selon les familles et le taux de charge

L'histogramme (Figure 83) visualise les proportions dans chaque classe de qualité :

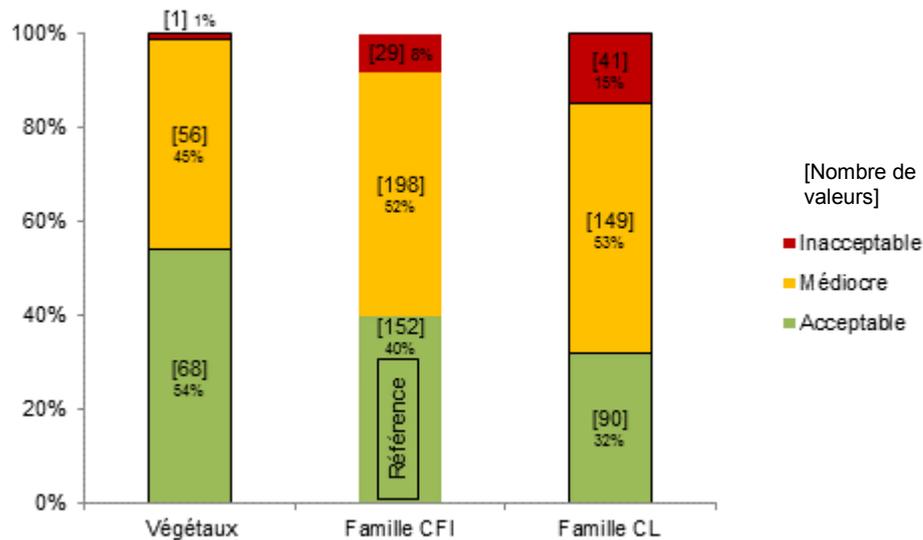


Figure 83 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles nitrifiants-dénitrifiants, des paramètres caractéristiques de l'azote

Pour les trois catégories, une proportion modeste (moins de 55 %) des eaux usées traitées est de classe « acceptable » c'est-à-dire avec des concentrations faibles à la fois en ammonium et en nitrates.

Dans les deux familles CFI et CL, les proportions du jeu de données dans la classe « inacceptable » s'élèvent respectivement à 8 % et 15 %. Elle est de 1 % pour la filière « végétaux » : c'est au sein de cette filière que la nitrification est la plus performante.

❖ Résultats par filière

L'outil n'a pas identifié d'influence des deux filières de la famille des CFI. Du fait d'une influence de multiples facteurs (dispositif, âge et taux de charge), les résultats individuels ne sont pas présentés.

❖ Résultats par dispositifs

Au sein de la filière « lit fixe », l'outil a identifié comme facteur explicatif les dispositifs et les taux de charges.

Des Tableaux 94 et 95 descriptifs ont été réalisés pour les six dispositifs et les trois classes de taux de charge. Par la suite, des représentations graphiques (Figures 84 à 89) en boîtes à moustaches et histogrammes³⁷ viennent illustrer ces descriptions numériques.

Tableau 94 : Concentrations des paramètres chimiques NK et N-NO₃⁻ (en mg/L) selon les six dispositifs de la filière « lit fixe » et le taux de charge

en mg/L		Ba1		Ba3		Ba4		Ba6		Ba7		Ba9	
		NK	N-NO ₃ ⁻										
Taux de charge inférieur à 70%	Moyenne	12	49	26	22	13	44	11	24	19	28	26	18
	Médiane	4	36	9	18	7	39	7	22	7	28	10	9
	Minimum	LQ		LQ		LQ		LQ		2	LQ	LQ	
	Maximum	62	110	137	70	162	145	74	68	112	45	120	66
	Nombre de valeurs	21	21	19	30	84	98	65	65	9	11	33	33
Taux de charge supérieur à 70%	Moyenne	21	38	133	3	30	31	26	12	38	11	14	62
	Médiane	2	40	121	1	11	36	12	14	8	15	6	40
	Minimum	LQ	LQ	64	LQ	2	LQ	5	LQ	3	LQ	4	34
	Maximum	107	110	191	38	177	72	85	31	100	19	48	133
	Nombre de valeurs	14	14	11	20	18	23	14	14	5	5	9	9

Tableau 95 : Concentrations du paramètre chimique N-NH₄⁺ (en mg/L) selon les six dispositifs de la filière « lit fixe » et le taux de charge

en mg/L		Ba1	Ba3	Ba4	Ba6	Ba7	Ba9
Taux de charge inférieur à 30%	Moyenne	1	15	10	2	25	1
	Médiane	1	1	1	1	1	1
	Minimum	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ
	Maximum	1	91	38	8	119	1
	Nombre de valeurs	4	8	4	19	5	7
Taux de charge supérieur à 30%	Moyenne	9	71	9	8	18	24
	Médiane	2	60	1	1	5	8
	Minimum	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ
	Maximum	55	187	170	71	94	120
	Nombre de valeurs	24	38	104	52	11	35

Les effectifs de concentrations en ammonium de chaque dispositif sont peu nombreux et l'analyse comparée n'est pas possible. Les histogrammes correspondant ne sont pas affichés.

C'est le dispositif Ba6 qui délivre, pour les plus forts taux de charge, des eaux usées traitées les moins concentrées tant en azote Kjeldhal qu'en ions nitrates.

³⁷ Les boîtes à moustaches pleines ET histogrammes encadrés de noir signalent toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif.

La nitrification par le dispositif Ba3 est très faible (médiane en NK de 121 mg/L) pour les taux de charges les plus forts. Le traitement par ce dispositif est sensible aux variations de charges vis-à-vis du paramètre NK avec des médianes bien supérieures à faibles taux charges comparées à celles aux taux de charges plus élevés. A l'inverse, les filières Ba1 et Ba4 montrent une très grande stabilité des médianes dans le traitement par nitrification et dénitrification.

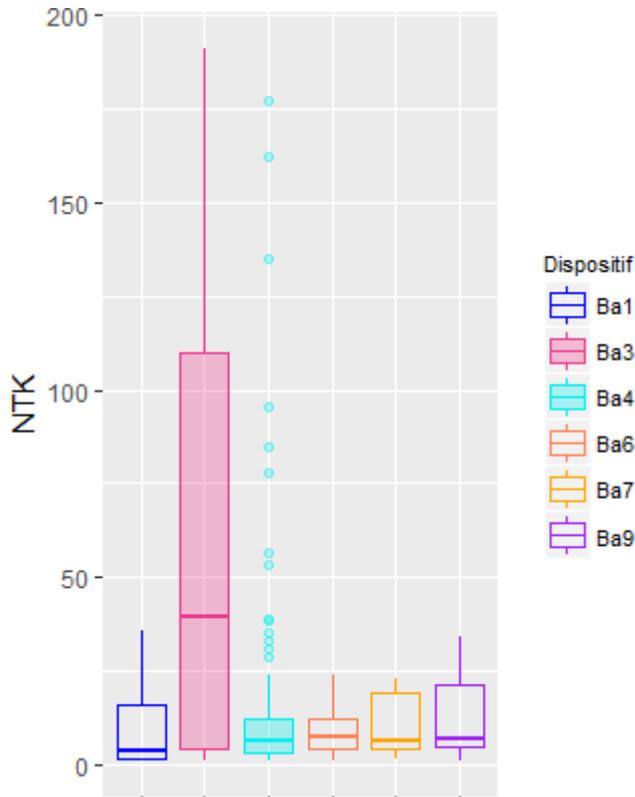


Figure 84 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les dispositifs de la filière « lit fixe »

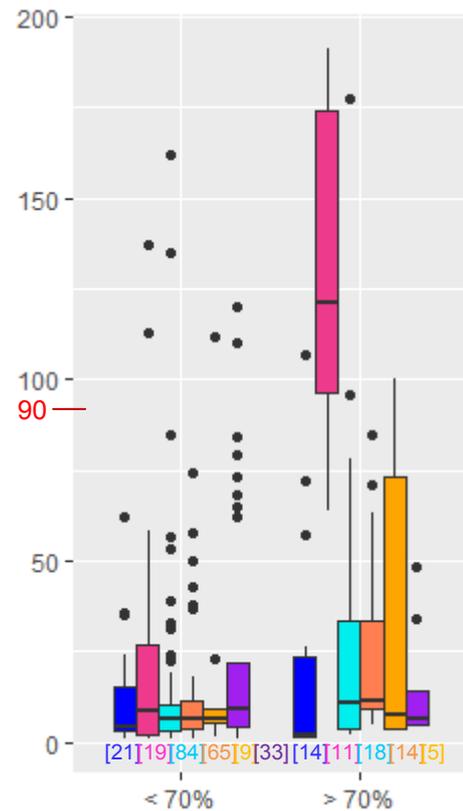


Figure 85 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les dispositifs de la filière « lit fixe » et le taux de charge

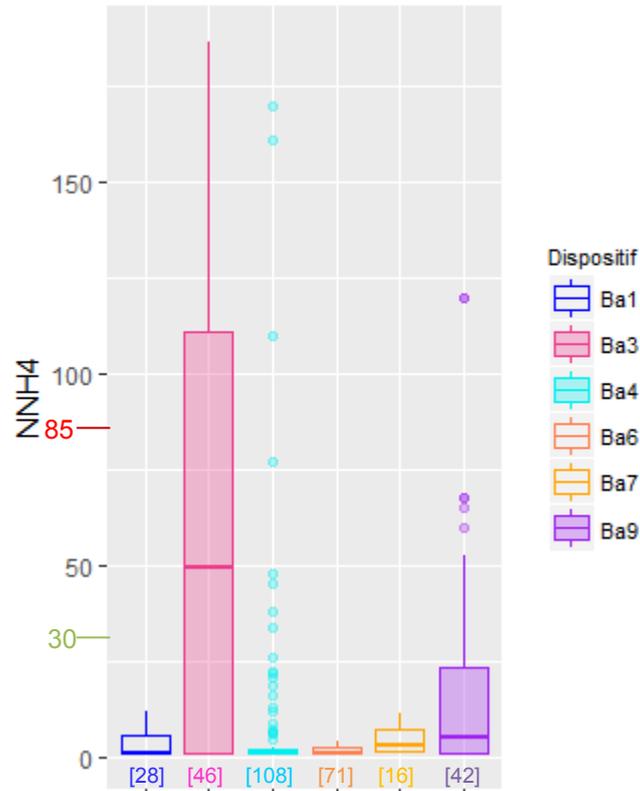


Figure 86 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NH_4^+$ selon les dispositifs de la filière « lit fixe »

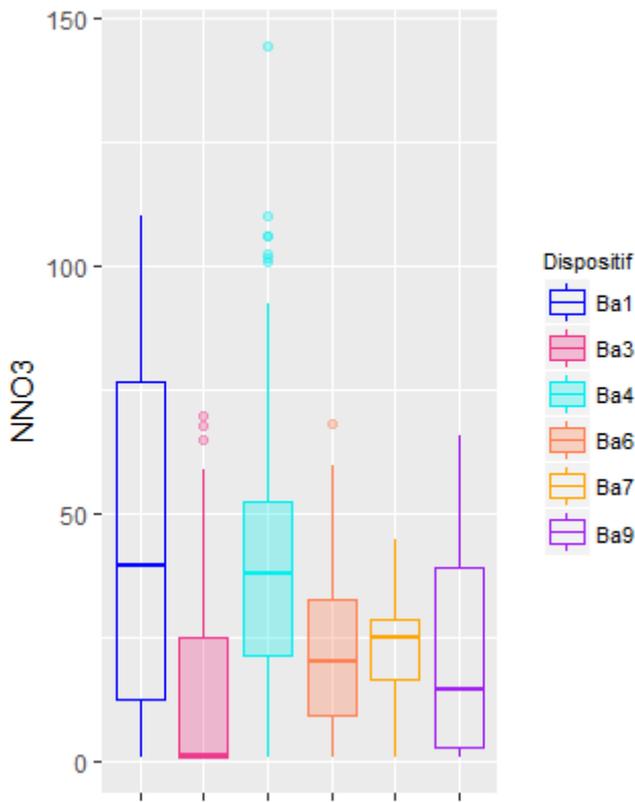


Figure 87 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NO_3^-$ selon les dispositifs de la filière « lit fixe »

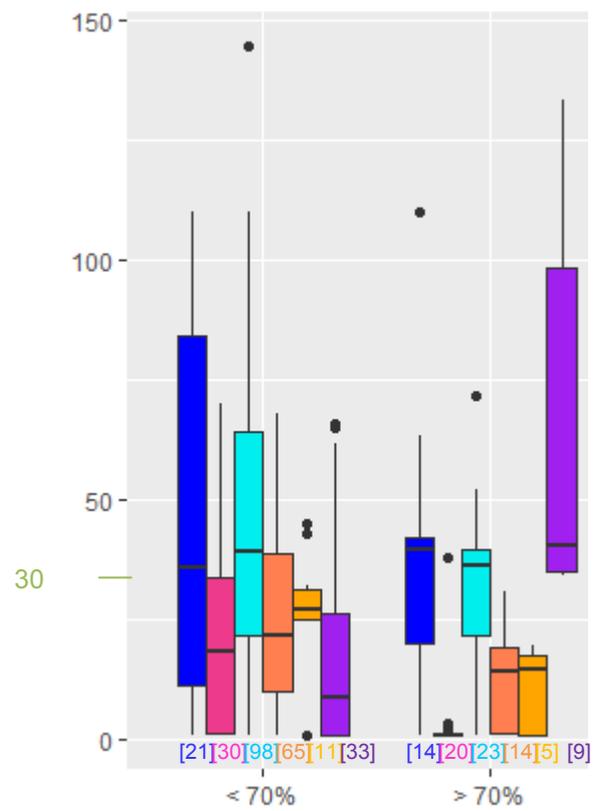


Figure 88 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NO_3^-$ selon les dispositifs de la filière « lit fixe » et le taux de charge

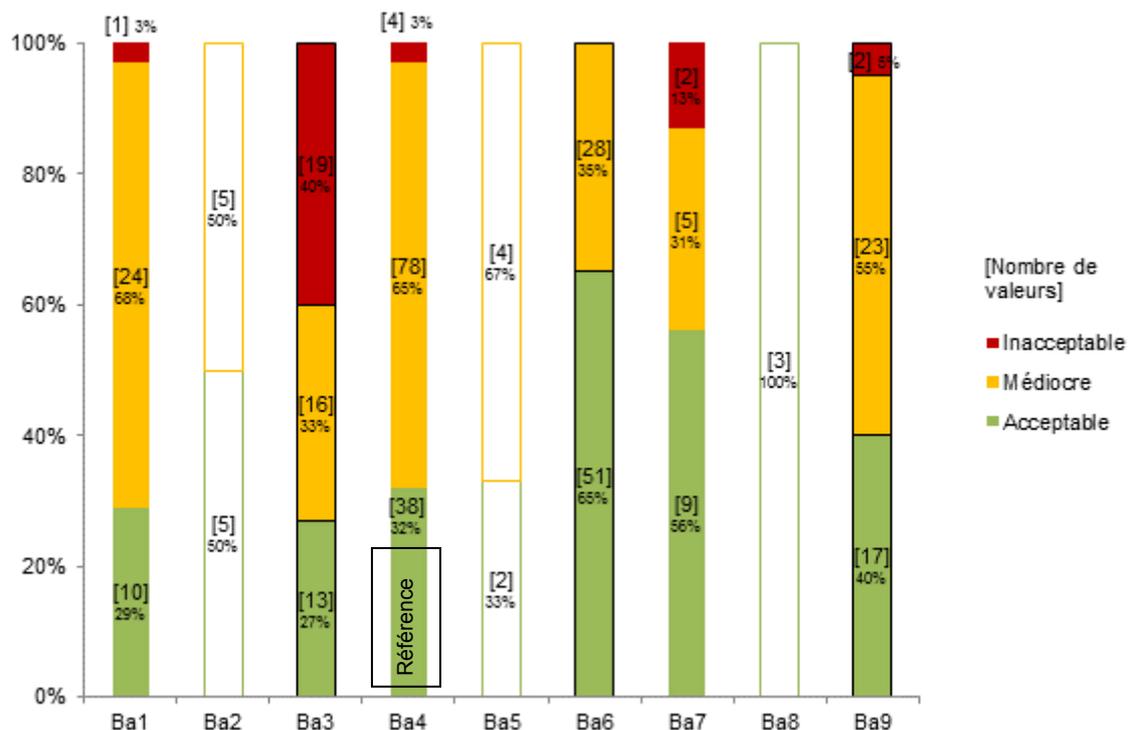


Figure 89 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « lit fixe », des paramètres caractéristiques de l'azote

➤ **Conclusion : filières et dispositifs nitrifiants-dénitrifiants**

L'outil statistique appliqué aux paramètres azotés permet d'identifier des différences entre la filière « végétaux » et les deux familles nitrifiants-dénitrifiants

L'outil statistique appliqué aux filières et dispositifs de la famille CFI souligne que les dispositifs de la filière « lit fixe » sont des facteurs d'influence.

A taux de charge égaux, le dispositif Ba3 montre des degrés de nitrification-dénitrification les plus dégradés.

Les concentrations des eaux usées issues du dispositif Ba6 sont les moins concentrées en formes azotées en général.

A charge égale, les dispositifs Ba1, Ba4 et Ba7 ont des performances équivalentes.

Ces informations précitées sont les seules informations supplémentaires que l'analyse statistique des filières nitrifiantes-dénitrifiants apporte comparées à celles déjà identifiées par l'analyse des paramètres caractéristiques de la matière organique.

➤ **Conclusion : résultats de l'analyse par l'outil statistique des familles, filières et dispositifs**

Le Tableau 96 résume, dans les résultats, les situations dans lesquelles l'outil statistique a identifié des facteurs d'influence ainsi que les paramètres (NK, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻) dont les distributions sont influencées.

Tableau 96 : Facteurs ayant un impact statistiquement significatif et paramètres dont les distributions sont impactés

A l'échelle de :	Facteurs d'influence			
	Techniques d'épuration	Taux de charge	Age	Type de prélèvement
3 familles nitrifiantes-dénitrifiantes	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-	-
5 filières famille CFSF	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	NK, N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	-
2 dispositifs « sable »	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-	-	-
2 dispositifs « zéolithe »	N-NO ₃ ⁻	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-	-
2 dispositifs « copeaux de coco »	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NK	-
2 dispositifs « laine de roche »	-	-	NK, N-NO ₃ ⁻	-
2 filières famille CFI	-	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-	-
6 dispositifs « lit fixe »	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	NK, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-	-
4 filières famille CL	N-NO ₃ ⁻	NK, N-NH ₄ ⁺	N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻	-

L'outil statistique permet d'identifier comme facteurs d'influence statistiquement significatifs :

- les trois familles (filière « végétaux », CFI et CL),
- les filières de la famille des CFSF et celles de la famille des CL,
- les dispositifs : sable, copeaux de coco, laine de roche, zéolithe et lit fixe,
- le taux de charge : ce facteur d'influence est généralement un facteur associé au facteur : techniques d'épuration, excepté lorsque l'outil traite les données des dispositifs « sable ».
- l'âge est également identifié, mais de façon moins fréquente,
- le type de prélèvement n'est jamais un facteur d'influence.

3.3. Qualité globale des eaux usées traitées

Ce chapitre se consacre, à partir des résultats analytiques (pollutions organique et azotée) établis aux paragraphes précédents 3.1 et 3.2, à la qualification globale des eaux usées traitées des 3 familles, des 13 filières, puis des 33 dispositifs.

Aux trois niveaux, et pour chaque paramètre, les mêmes résultats sont présentés sous différentes formes :

- Les résultats chiffrés sous forme de tableaux sont illustrés par des boîtes à moustaches.
- Des histogrammes représentent par un jeu de couleur (vert, jaune et rouge) les proportions respectives dans chacune des trois classes de qualité « acceptable », « médiocre » et « inacceptable » définis au Chapitre 3. La dégradation azotée (trois paramètres) est représentée par un unique histogramme.

NOTA : Un code couleur (case grisée et italique ET boîtes à moustaches pleine ET histogramme encadré de noir) signale toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif.

Ensuite, les résultats sont traduits sous forme d'une appréciation globale de qualité des eaux usées traitées. Par sa construction, cette qualification globale de la qualité des eaux usées traitées intègre la présence de fractions résiduelles de pollution (MES, DCO et DBO₅) mais aussi les conditions de dégradation biologique, spécifiques aux dispositifs nitrifiants ou dénitrifiants (indicateur des paramètres azotés).

Pour que la qualification globale des eaux usées traitées soit de classe « acceptable », il convient que conjointement :

- vis-à-vis des paramètres caractéristiques de la pollution carbonée, 80 % des valeurs de chaque paramètre MES, DCO et DBO₅ soient tous de classe « acceptable » ;
- vis-à-vis de l'oxydation des formes azotées par voie de nitrification et/ou de nitrification et dénitrification, les exigences sont modestes et reviennent à d'accepter que 80 % des valeurs soient de classe « médiocre » et « inacceptable ». Cela revient à imposer que 20 % des valeurs soient de classe « acceptable ».

La qualification globale des eaux usées traitées devient « médiocre » si l'un au moins des 4 percentiles est de classe « médiocre » et les autres sont de classe « acceptable ».

La qualification globale des eaux usées traitées devient « inacceptable » dès que l'un au moins des 4 percentiles est de classe « inacceptable ».

Le choix de comparer la concentration correspondant au percentile 80 de la distribution des concentrations en MES, DCO et DBO₅, aux seuils de qualité définis précédemment s'appuie sur la méthodologie appliquée à la définition d'une eau de bonne qualité dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau. Cela signifie que l'on tolère que 20 % des données soient situées dans la classe de qualité inférieure. En raison du caractère non réglementaire du paramètre azoté, la tolérance de dépassement du seuil de qualité est plus importante. Ainsi on tolère que jusqu'à 80 % des données dépassent le seuil de qualité avant de considérer le paramètre comme discriminant.

3.3.1. Qualité globale des eaux usées traitées, à l'échelle des 3 familles

➤ Analyse statistique

L'outil statistique a différencié que les trois familles CFSF, CFI et CL avaient un effet expliquant les différences entre les distributions des concentrations mentionnées en Tableau 97.

Tableau 97 : Paramètres MES, DCO, DBO₅ et formes azotées des trois familles³⁸

					Nitrification			Nitrif-Dénitrification		
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Famille CFSF	Moyenne	26	90	12	31	27	51	24	21	17
	Médiane	12	64	5	18	18	50	23	21	2
	Minimum	LQ			LQ			LQ		
	Maximum	812	1372	154	223	135	199	101	94	118
	Nombre de valeurs	609	609	310	347	459	477	121	122	126
Famille CFI					Nitrif-Dénitrification					
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻			
	Moyenne	38	138	21	21	18	32			
	Médiane	18	97	8	7	1	26			
	Minimum	LQ			LQ					
	Maximum	820	1300	270	191	187	145			
Nombre de valeurs	388	388	241	339	345	382				
Famille CL					Nitrif - Dénitrification					
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻			
	Moyenne	163	263	42	42	25	32			
	Médiane	42	103	15	16	8	23			
	Minimum	LQ			LQ					
	Maximum	7230	7740	350	341	223	174			
Nombre de valeurs	282	284	158	230	268	281				

Pour les paramètres caractéristiques de la matière organique (MES, DCO et DBO₅) la conclusion est la même : la famille des CFSF fournit des résultats meilleurs, en termes de qualité des eaux usées traitées, que ceux de la famille des CFI qui, elle-même, fournit de meilleurs résultats que la famille des CL.

Vis-à-vis des évolutions azotées, pour les familles assurant à la fois la nitrification et la dénitrification, la nitrification est la plus complète dans la famille des CFI ; elle est la plus modeste dans la filière « végétaux ». La dénitrification n'est maîtrisée ni dans la famille des CFI, ni dans la famille des CL.

³⁸ Un code couleur (case grisée et italique ET boîtes à moustaches pleine ET histogramme encadré de noir) signale toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif.

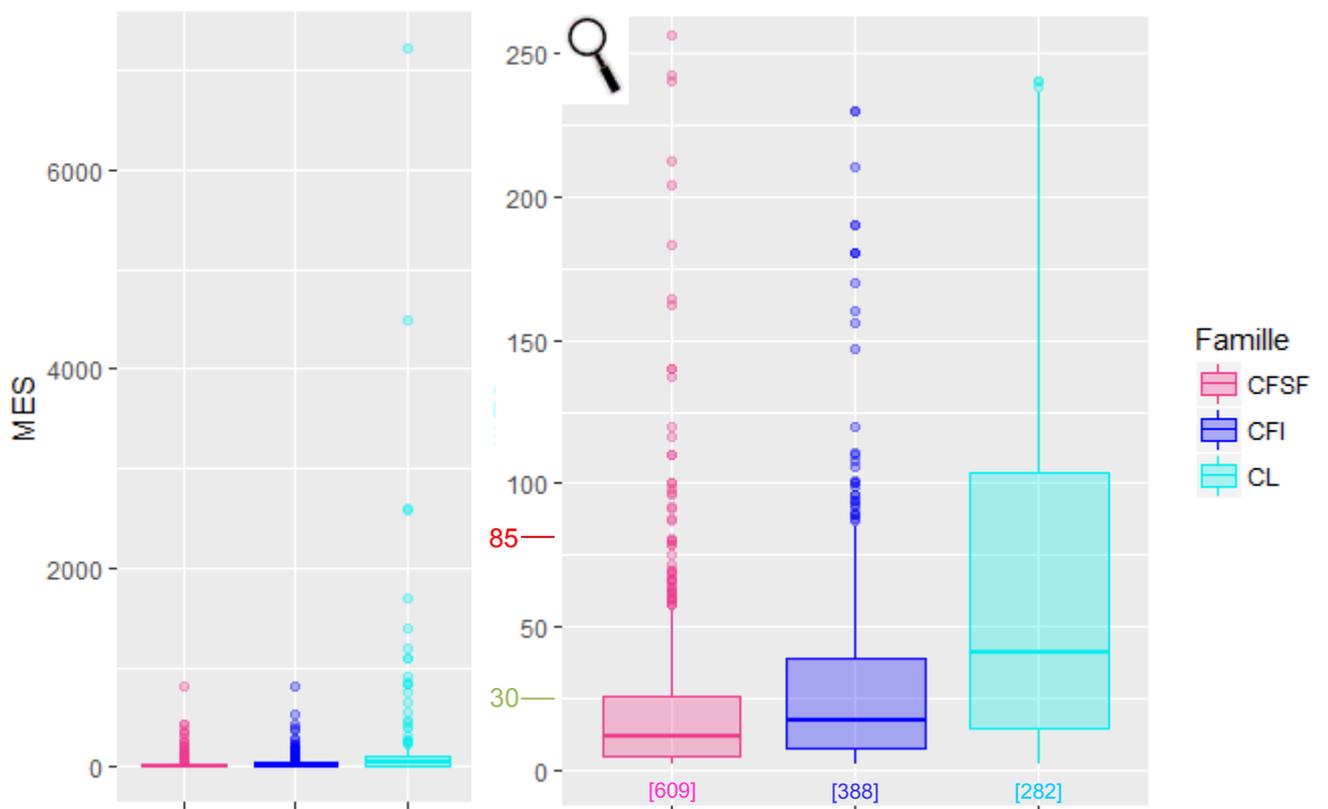


Figure 90 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les familles (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

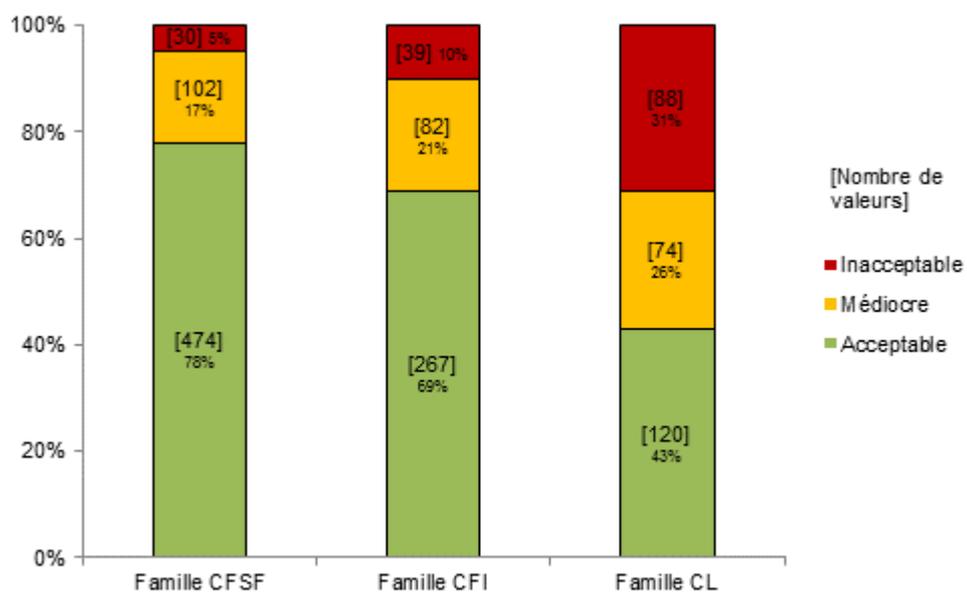


Figure 91 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, du paramètre chimique MES

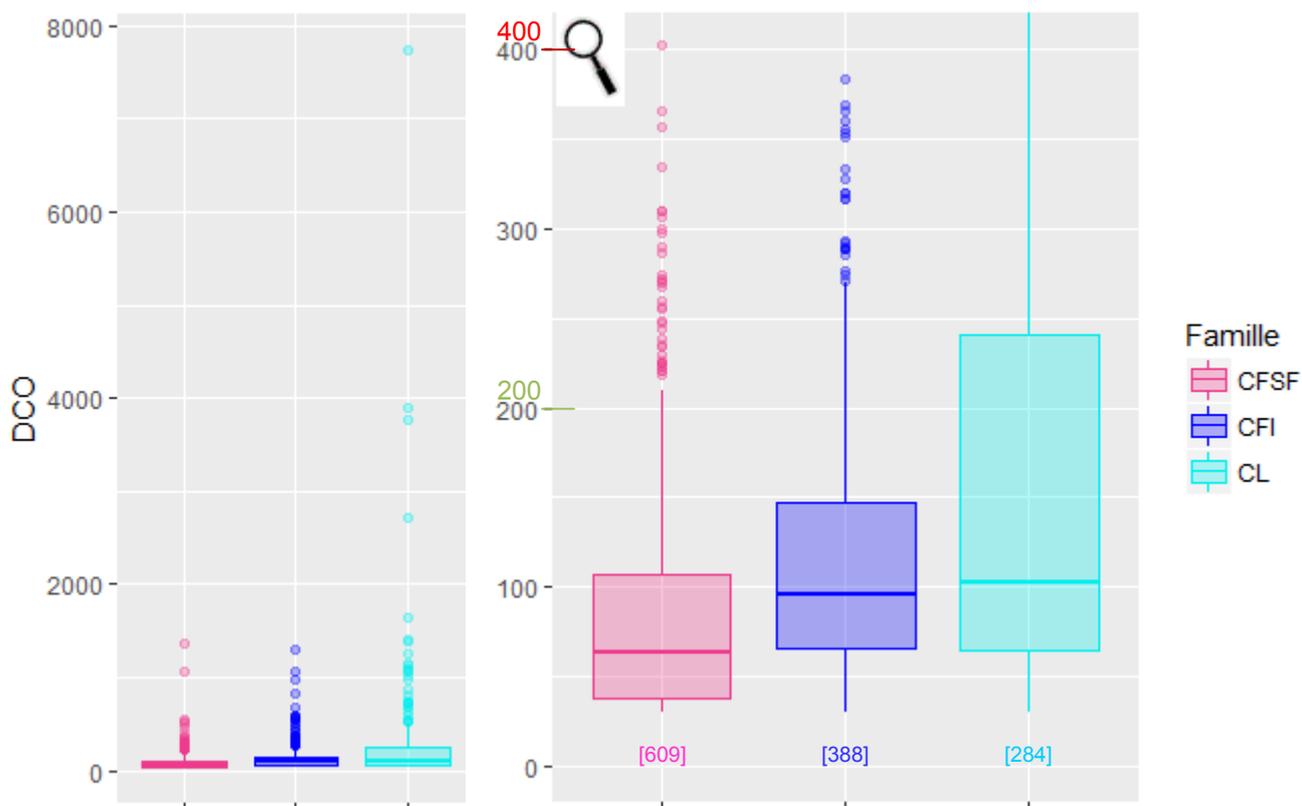


Figure 92 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les familles (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

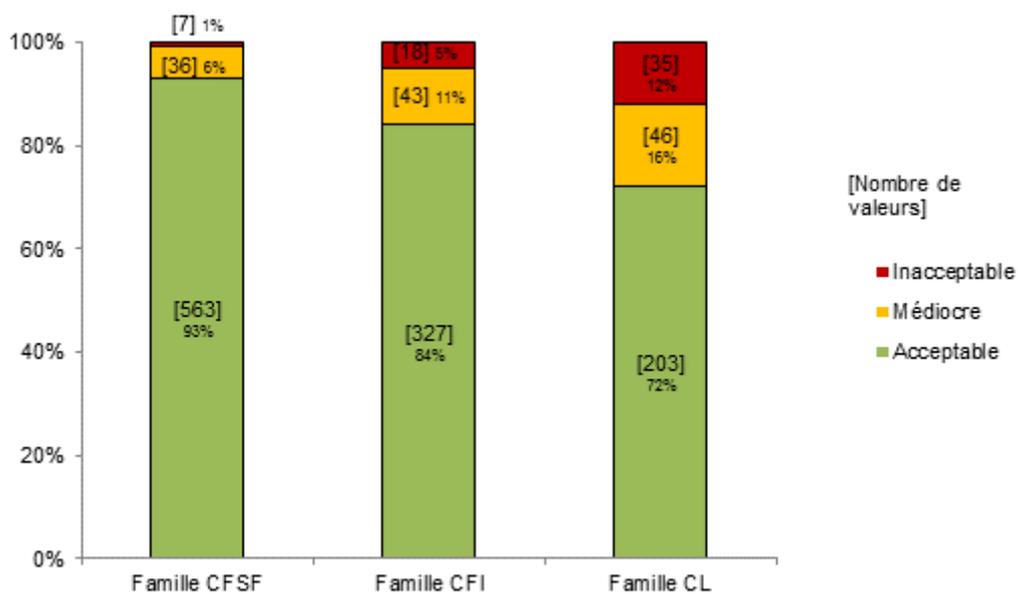


Figure 93 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, du paramètre chimique DCO

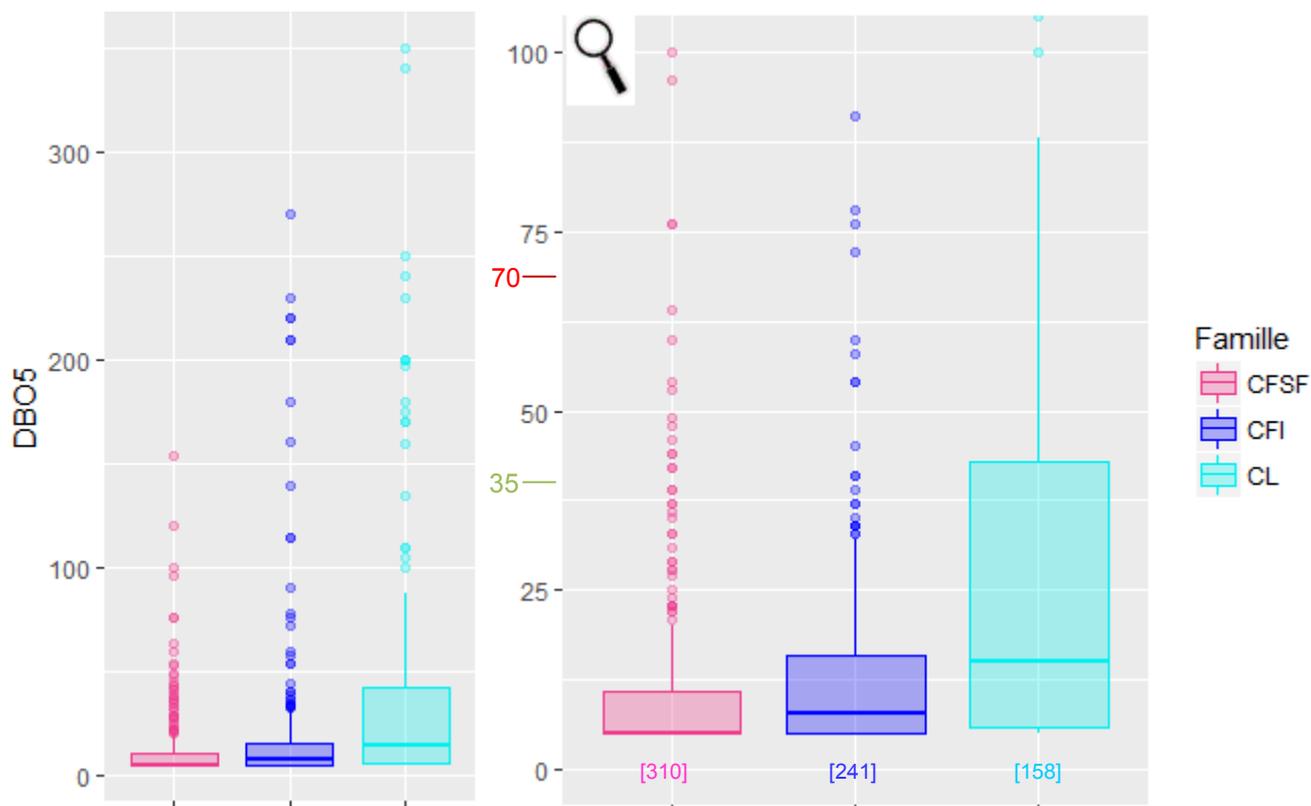


Figure 94 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les familles (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

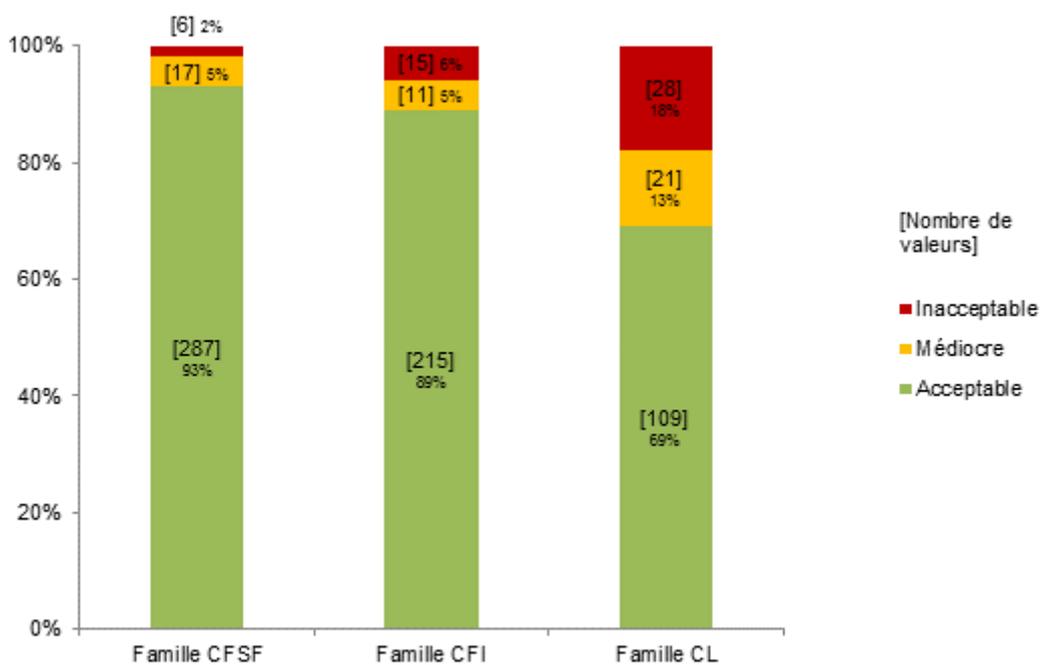


Figure 95 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, du paramètre chimique DBO₅

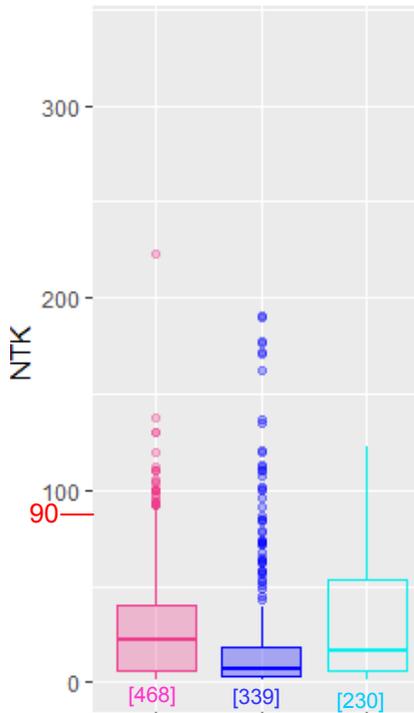


Figure 96 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les familles

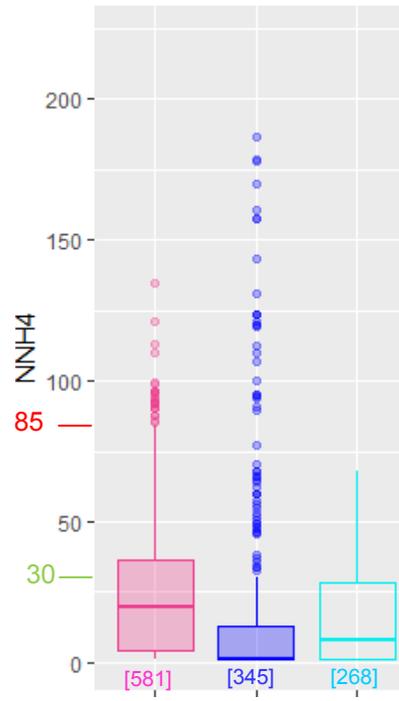


Figure 97 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH₄⁺ selon les familles

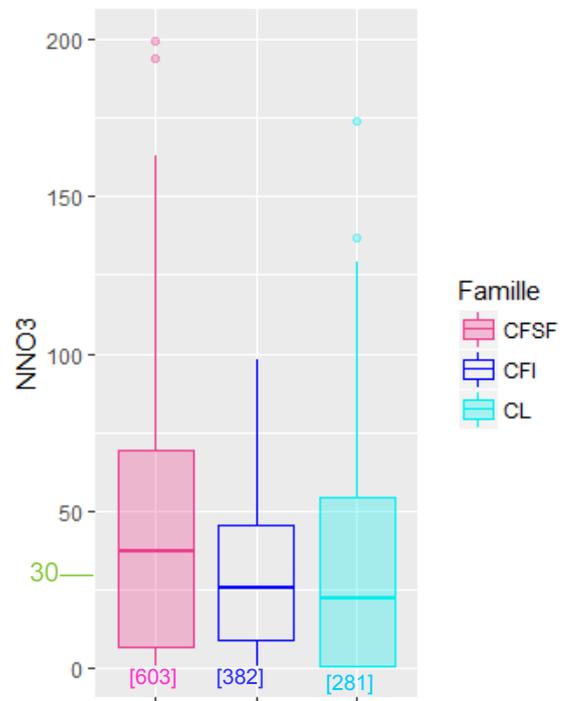


Figure 98 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO₃⁻ selon les familles

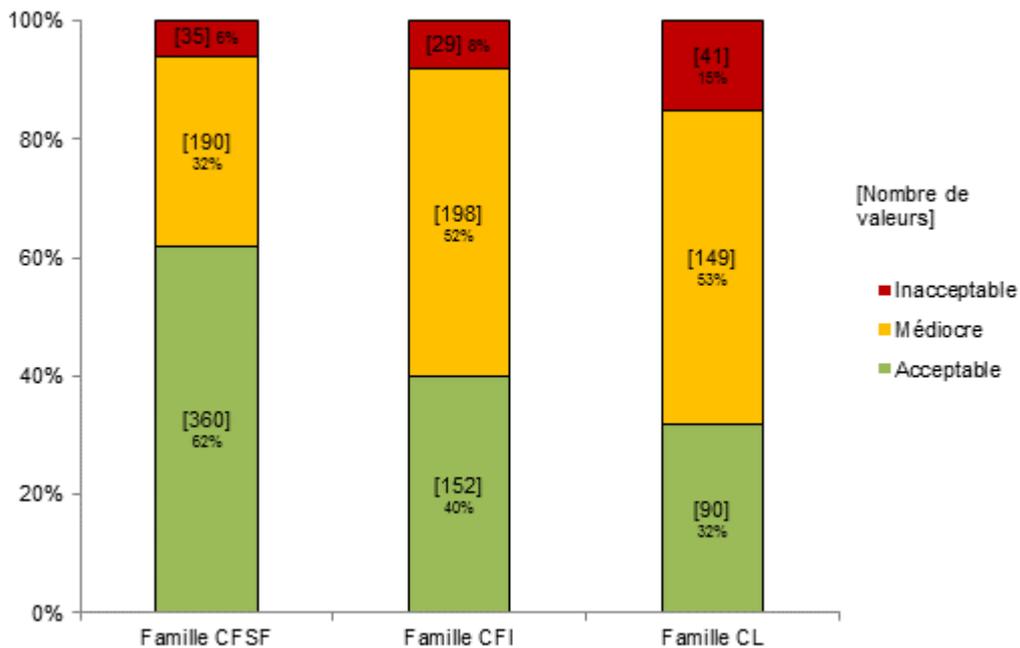


Figure 99 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, des paramètres azotés

A l'échelle des familles, l'ensemble des paramètres fournit le même constat : la famille des CFSF fournit des eaux usées traitées de meilleure qualité que celles de la famille des CFI qui, elle-même, fournit de meilleurs résultats que la famille des CL. Pourtant, aucune des familles n'a une appréciation globale « acceptable ». La famille des CL a une appréciation « inacceptable ».

➤ **Qualification par dispositif de la qualité globale des eaux usées traitées**

Les classes de qualité globale respectives de chaque famille sont fournies au Tableau 98. Pour les trois familles, c'est le paramètre MES qui conduit à cette appréciation.

Tableau 98 : Classes de qualité des eaux usées traitées des trois familles³⁹

	Famille CFSF	Famille CFI	Famille CL
Classe de qualité	Médiocre	Médiocre	Inacceptable

Les classes de qualité globale sont « médiocres » pour les familles des CFSF et les CFI et « inacceptable » pour la famille des CL.

3.3.2. Qualité globale des eaux usées traitées, à l'échelle des 13 filières

➤ **Analyse statistique**

En réalisant des comparaisons au sein de chaque famille, l'outil statistique a différencié les sept filières (parmi treize) ayant un effet expliquant les différences entre les distributions des concentrations⁴⁰. Ces filières sont :

- au nombre de 5 dans la famille des CFSF (« végétaux », « sable », « copeaux de coco », « zéolithe ») et
- au nombre de 2 dans la famille des CL (« SBR » et « sans décanteur primaire »).

Les résultats de l'analyse statistique descriptive relatifs aux treize filières sont présentés au Tableau 99 et sur les Figures 100 à 109. Les éléments de conclusion les concernant relèvent d'une analyse statistique descriptive habituelle. Attention, l'analyse de deux d'entre elles (« écorces de pin » et « disques biologiques ») porte sur un effectif faible (moins de 12) mentionnée pour information.

Tableau 99 : Paramètres MES, DCO, DBO₅ et formes azotées des filières

Famille CFSF		Végétaux						Copeaux de coco						
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
	Moyenne	8	62	6	24	21	17							
	Médiane	5	51	5	23	21	2							
	Minimum		LQ			LQ								
	Maximum	42	271	64	101	94	118							
	Nombre de valeurs	126	126	88	121	122	126							
		Sable						Zéolithe						
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
	Moyenne	13	48	6	11	9	65	22	76	9	17	16	70	
	Médiane	8	34	5	5	3	61	13	67	8	10	8	64	
	Minimum		LQ			LQ			LQ			LQ		
	Maximum	91	267	33	94	90	194	256	255	28	103	95	163	
Nombre de valeurs	148	149	93	117	142	149	101	101	38	65	95	101		
	Laine roche						Zéolithe							
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻		
Moyenne	26	134	33	65	56	15	60	139	21	41	34	45		
Médiane	17	111	25	59	49	8	24	94	14	34	31	36		
Minimum	LQ	39	LQ	11	8	LQ	3	LQ	LQ		LQ			
Maximum	120	523	120	130	135	64	812	1372	154	223	100	199		
Nombre de valeurs	92	92	28	67	93	91	139	138	63	98	129	136		

³⁹ Ce classement en familles peut recouvrir des hétérogénéités dans les classes de qualité d'eaux usées traitées issues des filières et des dispositifs.

⁴⁰ Un code couleur (case grisée et italique ET boîte à moustaches pleine ET histogramme encadré de noir) signale toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif.

	Ecorces de pin													
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻							
	Moyenne	59	282	-	69	38	42							
	Médiane	66	247	-	57	47	40							
	Minimum	11	235	-	49	15	LQ							
	Maximum	100	365	-	100	54	86							
Nombre de valeurs	3	3	0	3	3	3								
Famille CFI	Disques biologiques							Lit fixe						
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
	Moyenne	16	85	12	12	8	27	37	139	22	22	18	31	
	Médiane	14	82	7	8	6	13	18	97	8	7	1	25	
	Minimum	LQ	36	LQ	3	LQ	11	LQ			LQ			
	Maximum	44	140	37	29	22	54	820	1300	270	191	187	145	
	Nombre de valeurs	7	7	6	7	7	7	368	368	230	319	328	362	
		Lit fluidisé												
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻							
	Moyenne	57	138	7	16	13	64							
	Médiane	29	112	5	6	4	58							
	Minimum	4	33	LQ	LQ									
	Maximum	210	369	10	110	95	125							
	Nombre de valeurs	13	13	5	13	10	13							
	Famille CL	SBR							Traitement complémentaire					
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
Moyenne		33	104	11	17	14	41	295	427	-	134	68	44	
Médiane		21	76	6	9	7	44	19	97	-	174	1	35	
Minimum		LQ			LQ			LQ	LQ	-	3	LQ	LQ	
Maximum		224	584	44	153	104	129	2600	3772	-	341	223	174	
Nombre de valeurs		138	138	57	96	132	137	25	25	0	13	26	26	
		Classique							Sans décanteur primaire					
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	
Moyenne		297	421	64	72	49	13	281	405	58	43	19	21	
Médiane		84	184	59	52	37	1	120	233	22	22	7	10	
Minimum		LQ			LQ			3	LQ	LQ	3	LQ	LQ	
Maximum		7230	7740	340	338	140	72	4500	3900	350	290	129	119	
Nombre de valeurs		37	37	23	37	33	37	82	84	78	84	77	81	

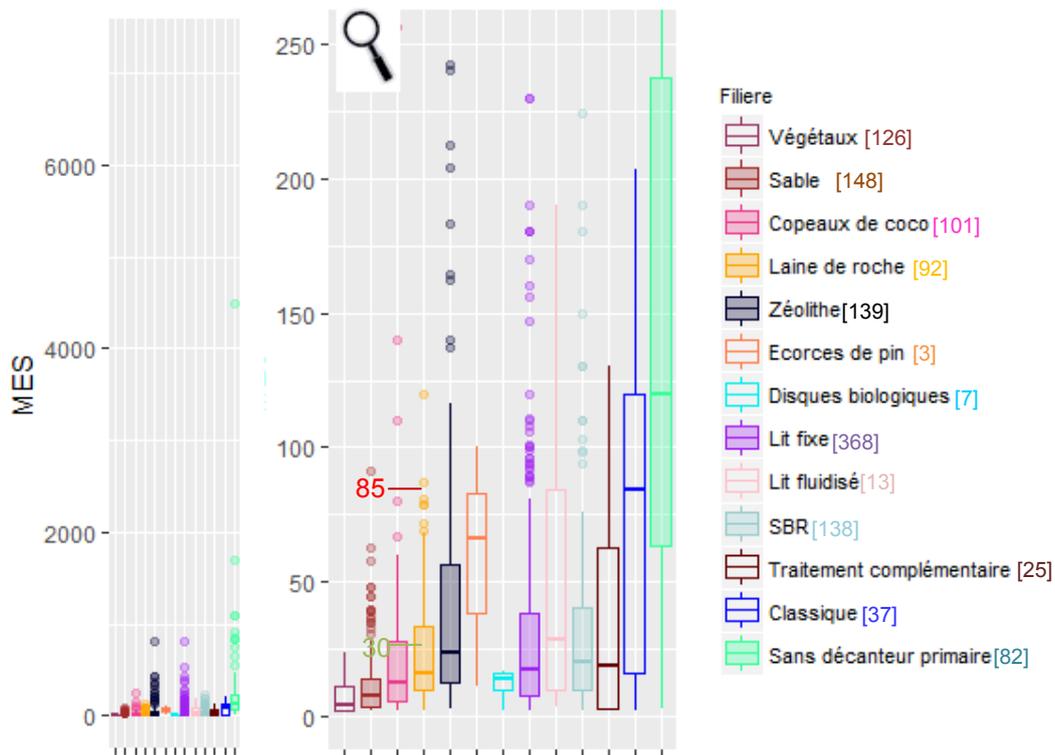


Figure 100 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les filières (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

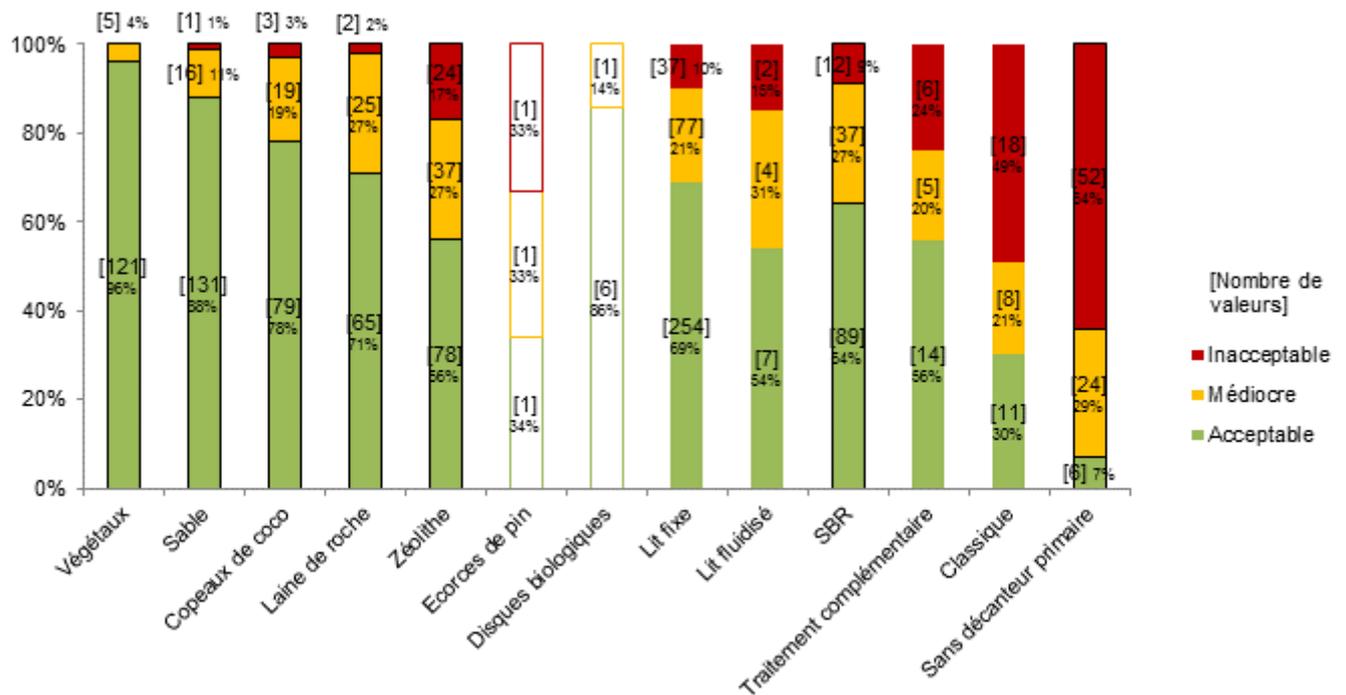


Figure 101 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, du paramètre MES

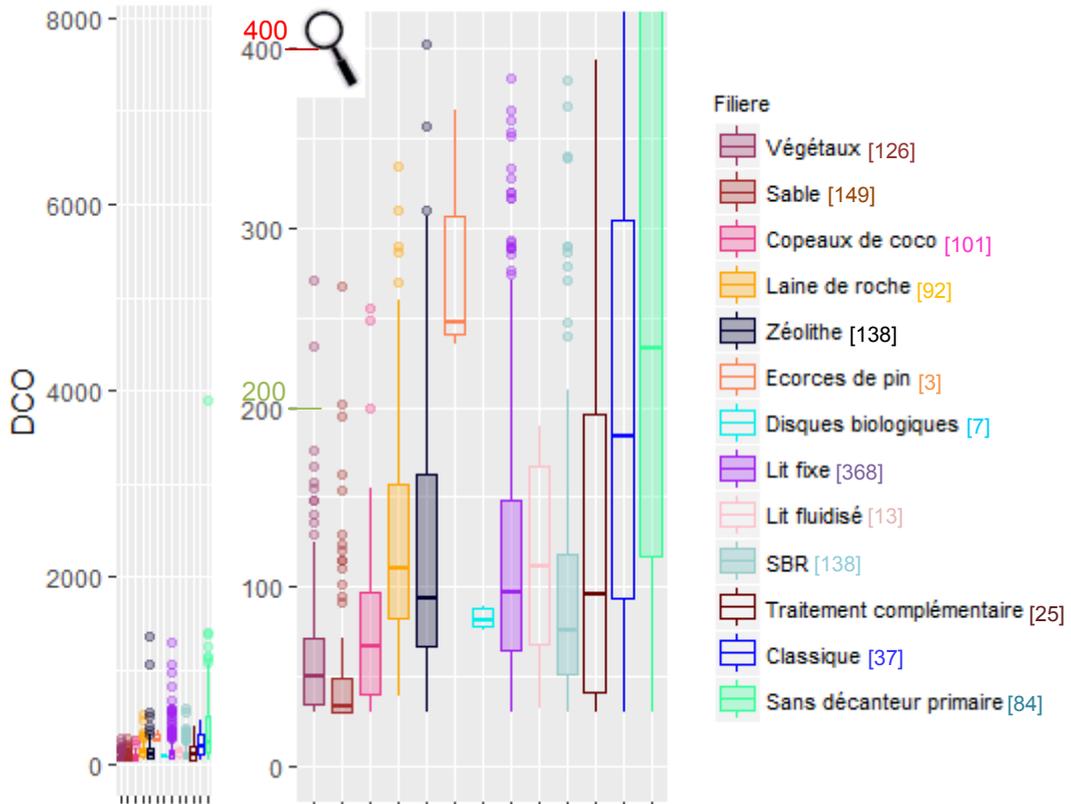


Figure 102 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les filières (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

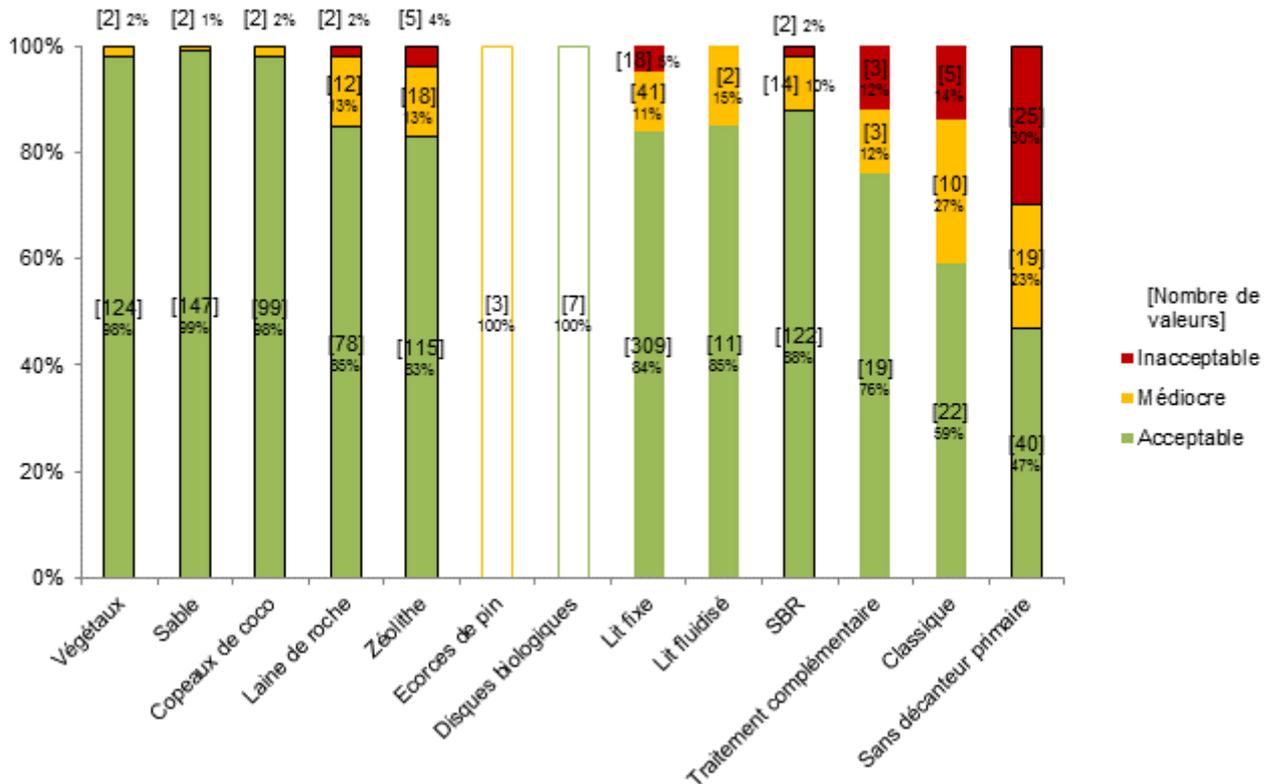


Figure 103⁴¹ : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, du paramètre DCO

⁴¹ Un code couleur (case grisée et italique ET boîte à moustaches pleine ET histogramme encadré de noir) signale toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif. Les boîtes à moustaches vides correspondent à des données issues de nombre faible de concentrations (< 12) OU de nombre d'installation faible (< 3).

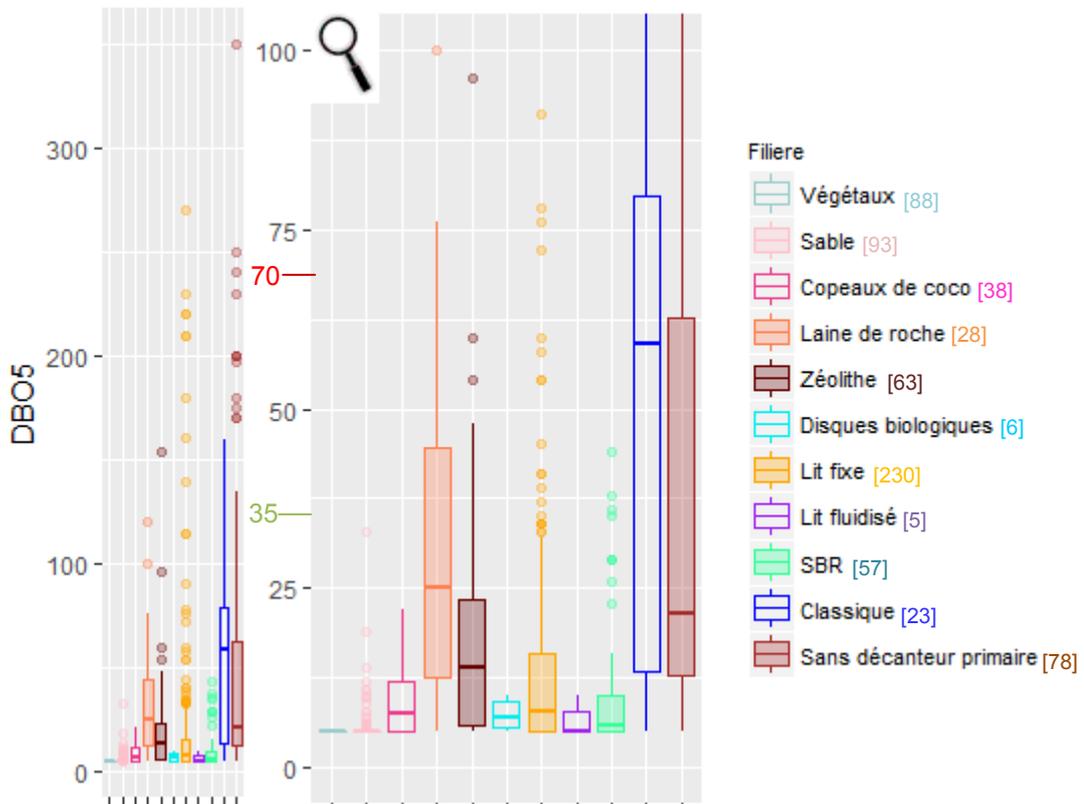


Figure 104: Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les filières (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

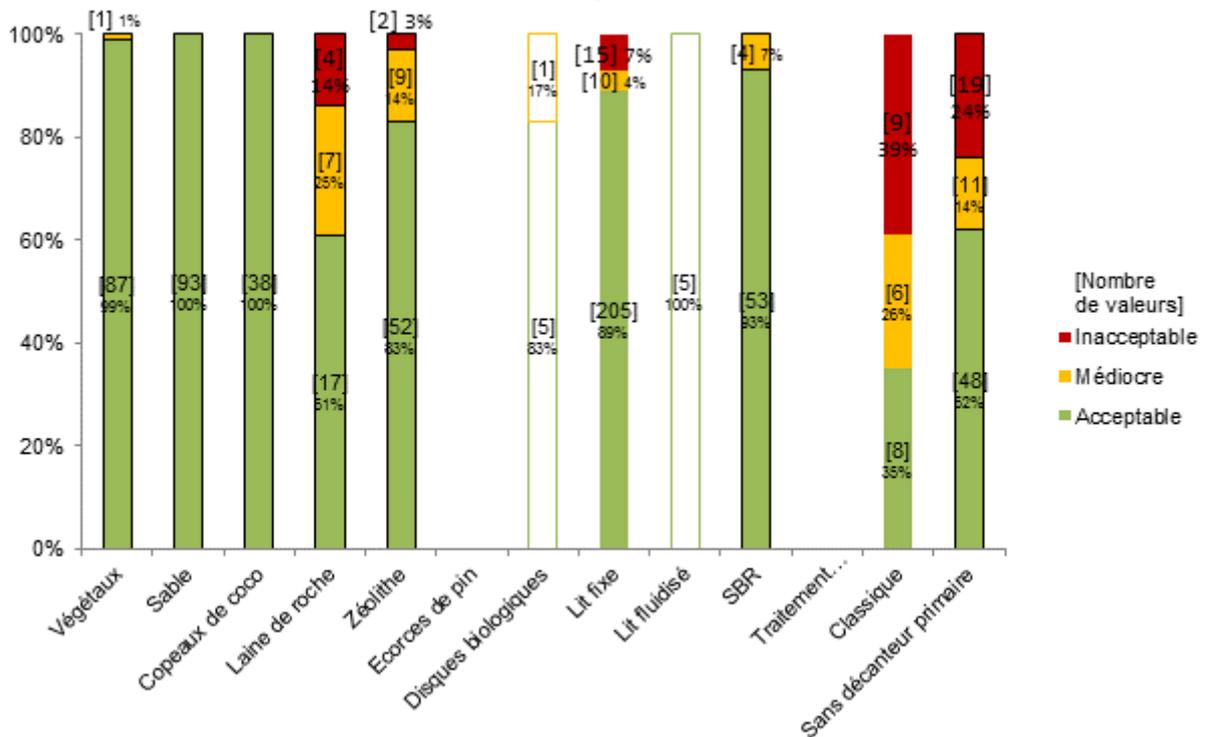


Figure 105⁴² : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, du paramètre chimique DBO₅

⁴² Un code couleur (case grisée et italique ET boîte à moustaches pleine ET histogramme encadré de noir) signale toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif. Les boîtes à moustaches vides correspondent à des données issues de nombre faible de concentrations < 12) OU de nombre d'installation faible (< 3).

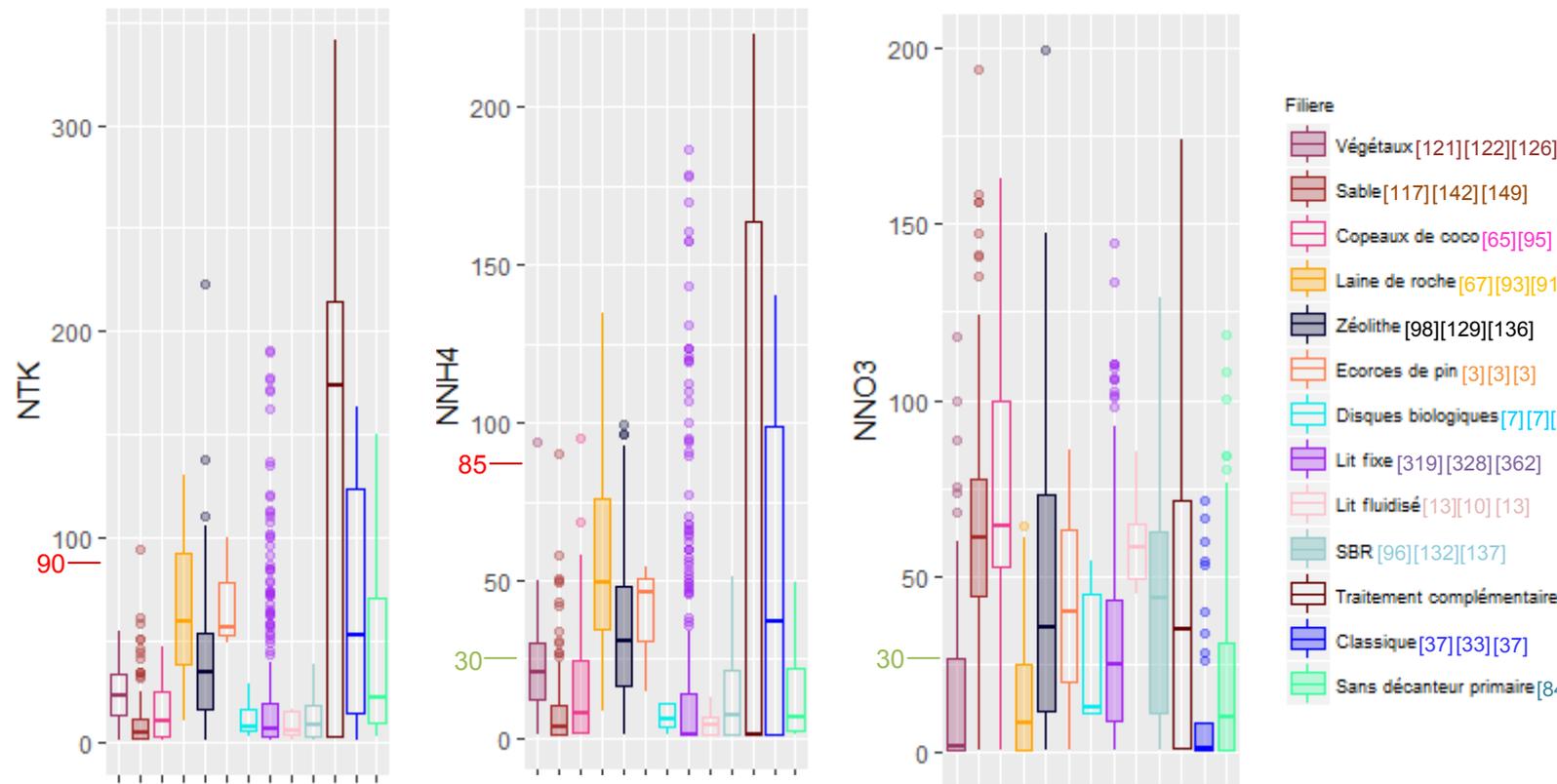


Figure 106 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les filières

Figure 107 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH₄⁺ selon les filières

Figure 108 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO₃⁻ selon les filières

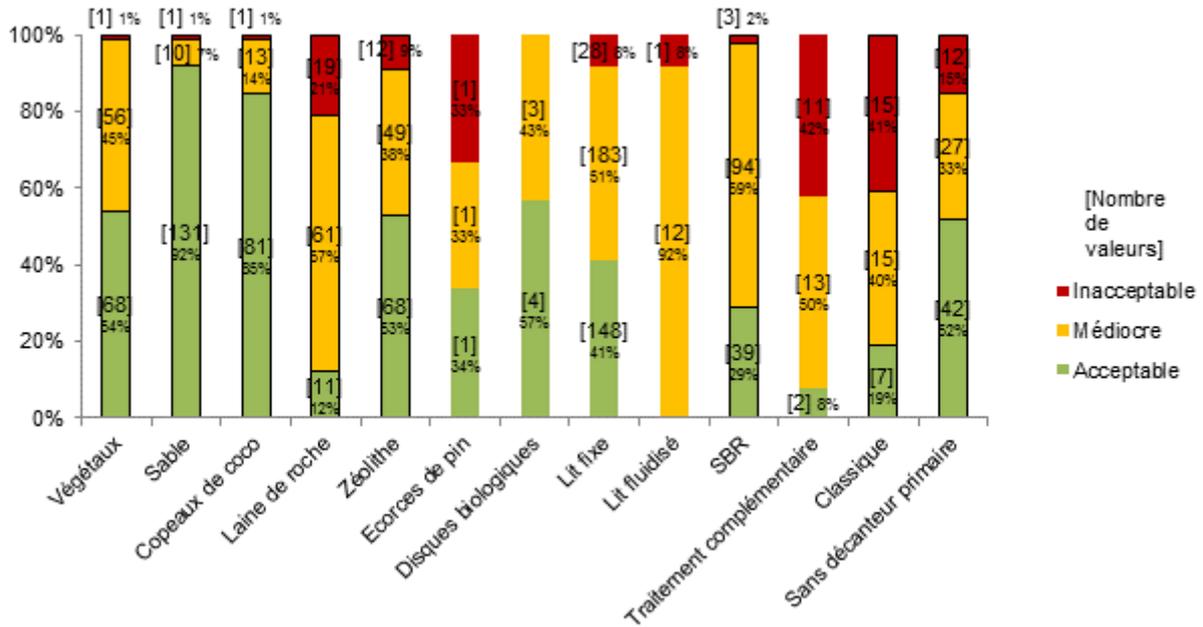


Figure 109 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, des paramètres azotés

➤ **Qualification par filières de la qualité globale des eaux usées traitées**

Les qualifications de qualité globale des eaux usées traitées de chaque filière sont fournies au Tableau 100. Les valeurs détaillées de tous les percentiles sont en annexe 13. Les deux filières « disques biologiques » et « écorces de pin » n'ont pas d'appréciation globale du fait d'un effectif trop faible.

Tableau 100 : Classes de qualité des eaux usées traitées des 11 filières⁴³

Famille	CFSF					
Filière	Végétaux	Sable	Copeaux de coco	Laine de roche	Zéolithe	Ecorces de pin
Qualification qualité globale	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Médiocre	Médiocre	*(3)

Famille	CFI		
Filière	Disques biologiques	Lit fixe	Lit fluidisé
Qualification qualité globale	*(7)	Médiocre	Médiocre

Famille	CL			
Filière	SBR	Traitement complémentaire	Classique	Sans décanteur primaire
Qualification qualité globale	Médiocre	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable

* effectif < à 12 et (nombre de valeurs)

La qualification globale correspond exactement à la classe de qualité du 80^{ème} percentile des MES, et ce, pour toutes les filières.

La chronologie identifiée au niveau du classement des familles vis-à-vis de la qualité globale des eaux usées traitées (famille CFSF = famille CFI > famille CL) se précise à l'échelle des filières :

- les trois filières dont la qualité globale des eaux usées traitées est qualifiée d'« acceptable » sont exclusivement dans la famille des CFSF;
- les trois filières dont la qualité des eaux usées traitées est qualifiée « inacceptable » sont exclusivement dans la famille des CL.

⁴³ Ce classement en filières peut recouvrir des hétérogénéités dans les classes de qualité d'eaux usées traitées issues des dispositifs.

3.3.3. Qualité globale des eaux usées traitées, à l'échelle des 33 dispositifs

L'outil statistique a différencié les 13 dispositifs (parmi trente-trois) ayant une influence expliquant les différences entre les distributions des concentrations des paramètres MES, DCO, DBO₅ et formes azotés.

Ces treize dispositifs sont au nombre :

- de 8 dans la famille des CFSF :
 - dispositif Ab dans la filière « végétaux »,
 - dispositif Aa1 dans la filière « sable »,
 - dispositifs Ad1 et Ad2 dans la filière « copeaux de coco »,
 - dispositifs Ac1 et Ac2 dans la filière « zéolithe »,
 - dispositifs Ae1 et Ae2 dans la filière « laine de roche »,

- de 3 dans la famille des CFI :
 - dispositifs Ba1, Ba3 et Ba4 dans la filière « lit fixe »,

- de 2 dans la famille des CL :
 - dispositif Ca1 dans la filière « sans décanteur primaire »,
 - dispositif Cb1 dans la filière « classique ».

Les résultats relatifs à huit dispositifs non identifiés par l'outil comme statistiquement différents sont mentionnés. Les éléments de conclusion les concernant relèvent d'une analyse statistique descriptive habituelle uniquement.

Ces huit dispositifs se répartissent de la façon suivante :

- 4 dans la famille des CFI :
 - dispositifs Ba6, Ba7 et Ba9 de la filière « lit fixe »,
 - dispositifs Bb de la filière « lit fluidisé »,

- 5 dans la famille des CL :
 - dispositif Cc de la famille « traitement complémentaire »,
 - dispositifs Cd1, Cd2 et Cd3 de la famille des « SBR ».

➤ **Analyse statistique descriptive**

Les résultats de l'analyse statistique descriptive des 21 des 33 dispositifs sont disponibles dans les Tableaux 101 à 103 et les Figures 100 à 119. Pour 12 dispositifs sur 33 dont le nombre de données est faible, soit en nombre de prélèvements, soit en nombre d'installations suivies, les résultats sont disponibles en Annexe 14 à titre d'information.

Tableau 101⁴⁴ : Paramètres MES, DCO, DBO₅ et formes azotées des huit dispositifs de la famille des CFSF

	Végétaux						Sable					
	Ab						Aa1					
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	8	62	6	24	21	17	14	52	7	14	11	66
Médiane	5	51	5	23	21	2	9	35	5	8	4	58
Minimum	LQ			LQ			LQ			LQ		
Maximum	42	271	64	101	94	118	91	267	33	94	90	194
Nombre de valeurs	126	126	88	121	122	126	106	107	51	75	100	107
	Copeaux de coco											
	Ad1						Ad2					
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	37	102	14	35	31	52	19	71	9	10	12	74
Médiane	26	89	14	29	25	42	12	66	7	6	6	72
Minimum	LQ	LQ	12	5	4	LQ	LQ			LQ	LQ	3
Maximum	140	248	15	103	95	140	256	255	28	43	58	163
Nombre de valeurs	17	17	2	17	17	17	84	84	36	48	78	84
	Laine de roche											
	Ae1						Ae2					
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	41	155	35	72	67	15	18	122	14	58	50	15
Médiane	33	140	28	79	71	6	13	103	14	49	45	9
Minimum	5	39	LQ	11	10	LQ	LQ	42	13	13	8	LQ
Maximum	120	470	120	130	121	64	72	523	15	130	135	61
Nombre de valeurs	33	33	26	33	33	33	59	59	2	34	60	58
	Zéolithe											
	Ac1						Ac2					
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	84	171	21	37	30	33	50	125	20	43	36	51
Médiane	27	87	12	23	24	12	21	94	15	39	32	43
Minimum	7	LQ	LQ	LQ			3	LQ	LQ	LQ	LQ	LQ
Maximum	812	1372	15 4	105	97	199	432	552	96	223	100	147
Nombre de valeurs	42	42	27	32	41	42	97	96	36	66	88	94

Tableau 102 : Paramètres chimiques MES, DCO, DBO₅ et formes azotées des sept dispositifs de la famille des CFI

	Lit Fixe											
	Ba1						Ba3					
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	9	70	7	15	8	45	27	143	55	65	61	14
Médiane	5	57	5	4	1	40	10	97	13	40	49	1
Minimum	LQ			LQ			LQ			LQ		
Maximum	67	212	33	107	55	110	230	551	230	191	187	70
Nombre de valeurs	37	37	37	35	28	35	51	51	21	30	46	50

⁴⁴ Un code couleur (case grisée et italique) signale toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif.

	Ba4						Ba6					
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	49	169	25	16	9	42	44	139	22	14	6	22
Médiane	25	108	10	7	1	38	24	103	14	8	1	20
Minimum	LQ			LQ			LQ	35	LQ	LQ		
Maximum	528	1300	270	177	170	145	360	571	115	85	71	68
Nombre de valeurs	122	122	60	102	108	121	80	80	66	79	71	79
	Ba7						Ba9					
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	38	175	-	26	20	22	37	120	15	24	20	28
Médiane	26	101	-	7	3	25	17	90	6	7	5	14
Minimum	4	LQ	-	2	LQ	LQ	LQ			LQ		
Maximum	190	982	-	112	119	45	820	1070	140	120	120	133
Nombre de valeurs	16	16	0	14	16	16	43	43	40	42	42	42
	Lit fluidisé											
	Bb											
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻						
Moyenne	57	138	7	16	13	64						
Médiane	29	112	5	6	4	58						
Minimum	4	33	LQ	LQ								
Maximum	210	369	10	110	95	125						
Nombre de valeurs	13	13	5	13	10	13						

Tableau 103 : Paramètres MES, DCO, DBO₅ et formes azotées des sept dispositifs de la famille des CL

	SBR											
	Cd1						Cd2					
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	40	98	8	13	9	38	30	107	13	17	16	42
Médiane	23	75	6	4	2	42	20	78	7	10	9	40
Minimum	LQ			LQ			LQ			2	LQ	LQ
Maximum	190	271	23	93	62	90	224	584	44	108	75	129
Nombre de valeurs	41	41	17	33	40	41	73	73	37	47	70	74
	Cd3											
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻						
Moyenne	27	69	5	12	13	40						
Médiane	18	53	5	5	7	47						
Minimum	LQ	35	LQ	3	LQ	LQ						
Maximum	130	146	5	51	48	80						
Nombre de valeurs	16	16	5	8	14	14						
	Traitement complémentaire						Classique					
	Cc						Cb1					
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	295	427	-	134	68	44	125	251	67	79	64	6
Médiane	19	97	-	174	1	35	88	199	60	85	52	1
Minimum	LQ	LQ	-	3	LQ	LQ	LQ			LQ		
Maximum	2600	3772	-	341	223	174	1200	1092	340	162	140	60
Nombre de valeurs	25	25	0	13	26	26	27	27	22	27	23	27
	Sans décanteur primaire											
	Ca1											
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻						
Moyenne	288	407	58	40	15	22						
Médiane	120	204	22	20	7	12						
Minimum	3	LQ	LQ	3	LQ	LQ						
Maximum	4500	3900	350	290	94	119						
Nombre de valeurs	79	81	78	81	74	78						

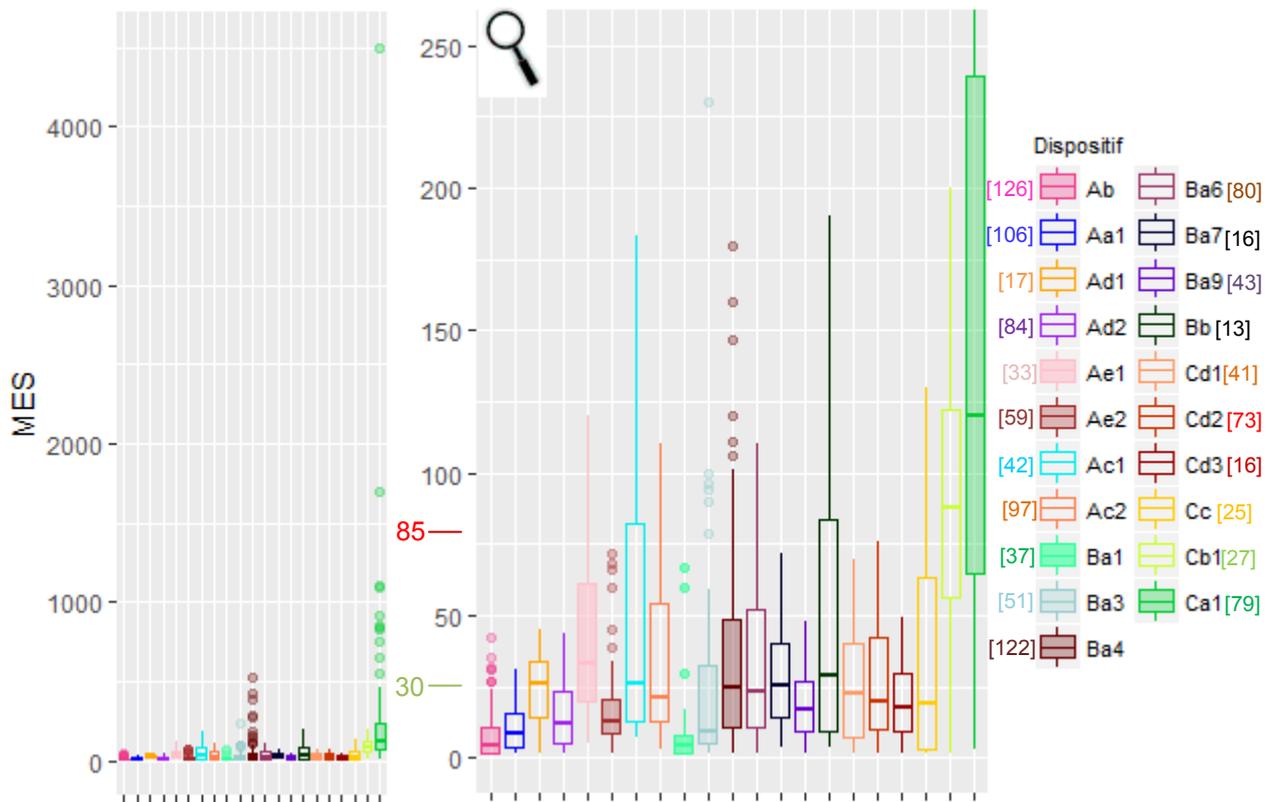


Figure 110 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les dispositifs (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

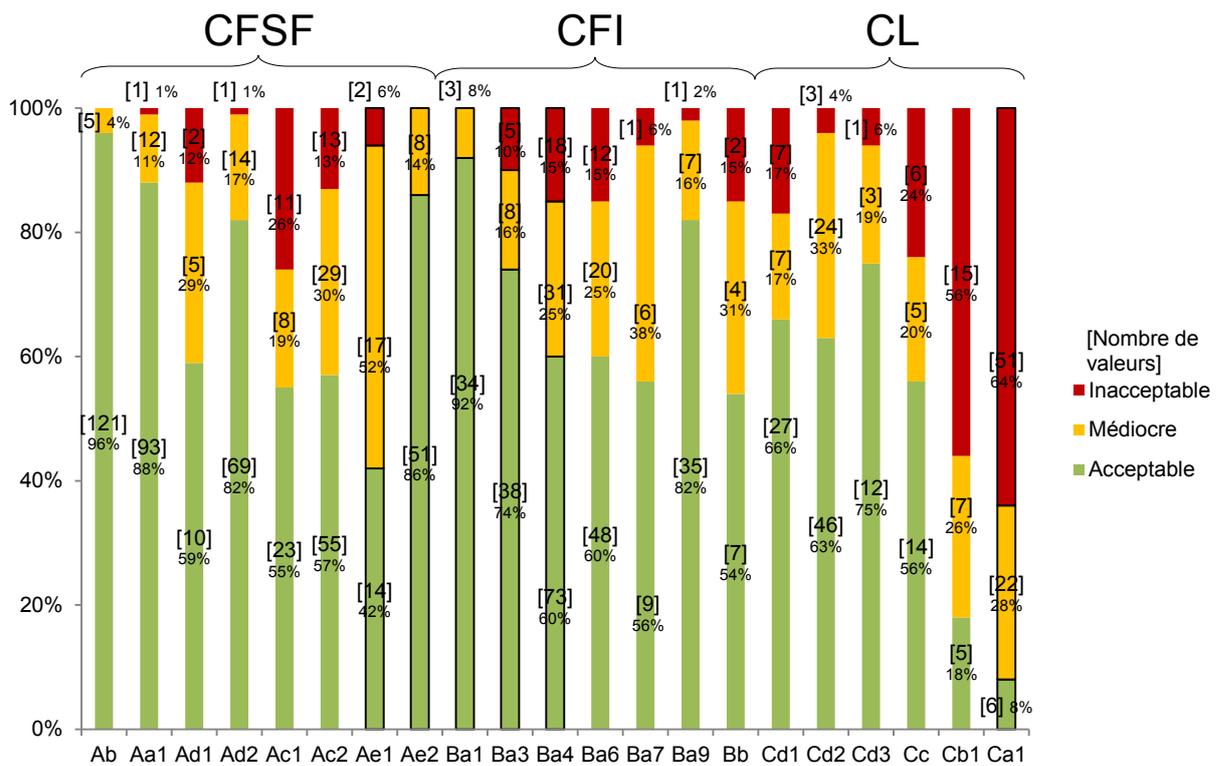


Figure 111 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, du paramètre chimique MES

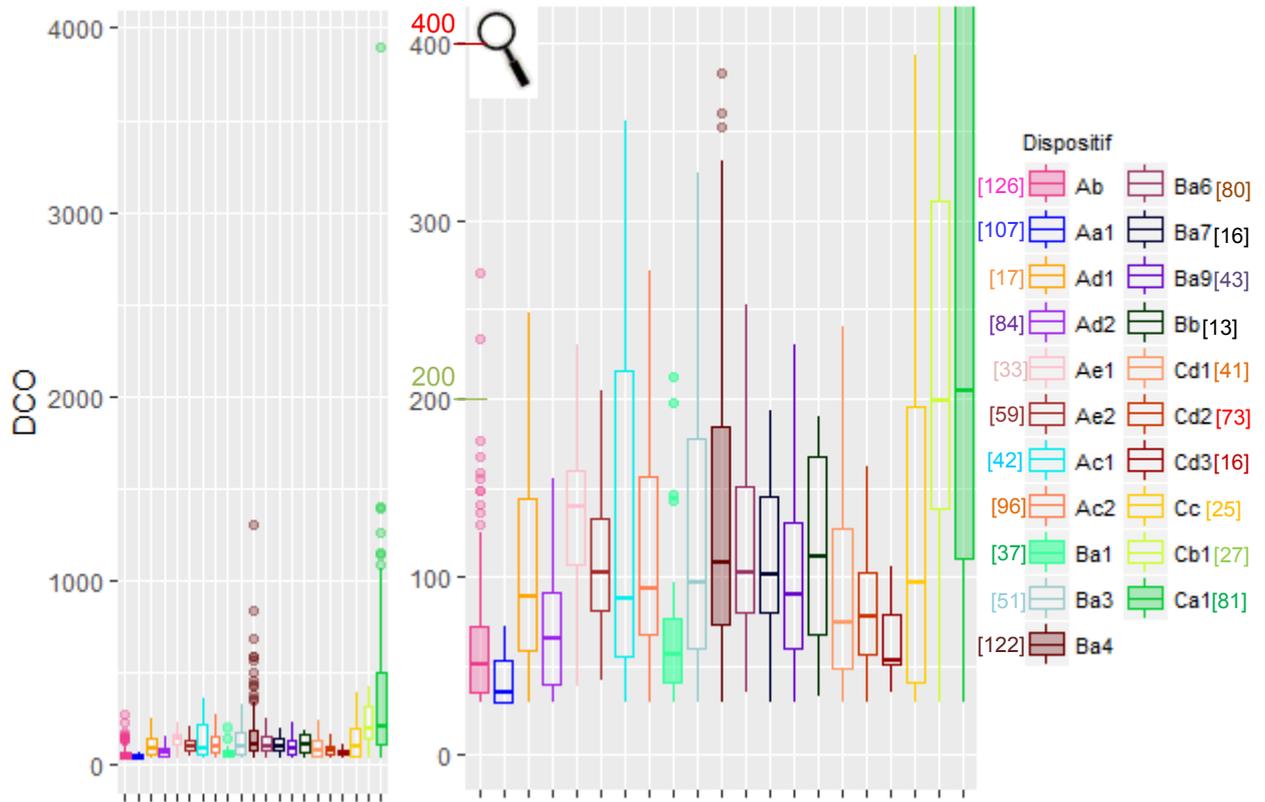


Figure 112 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les dispositifs (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

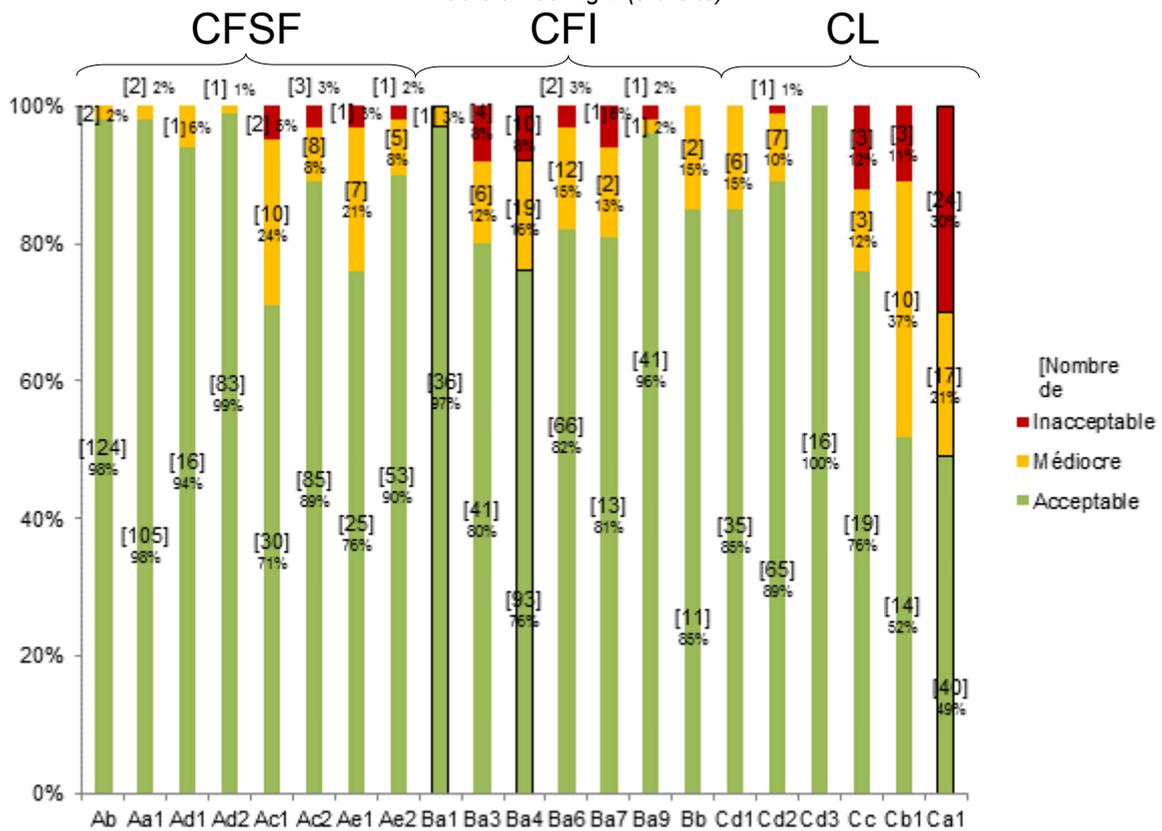


Figure 113 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, du paramètre chimique DCO

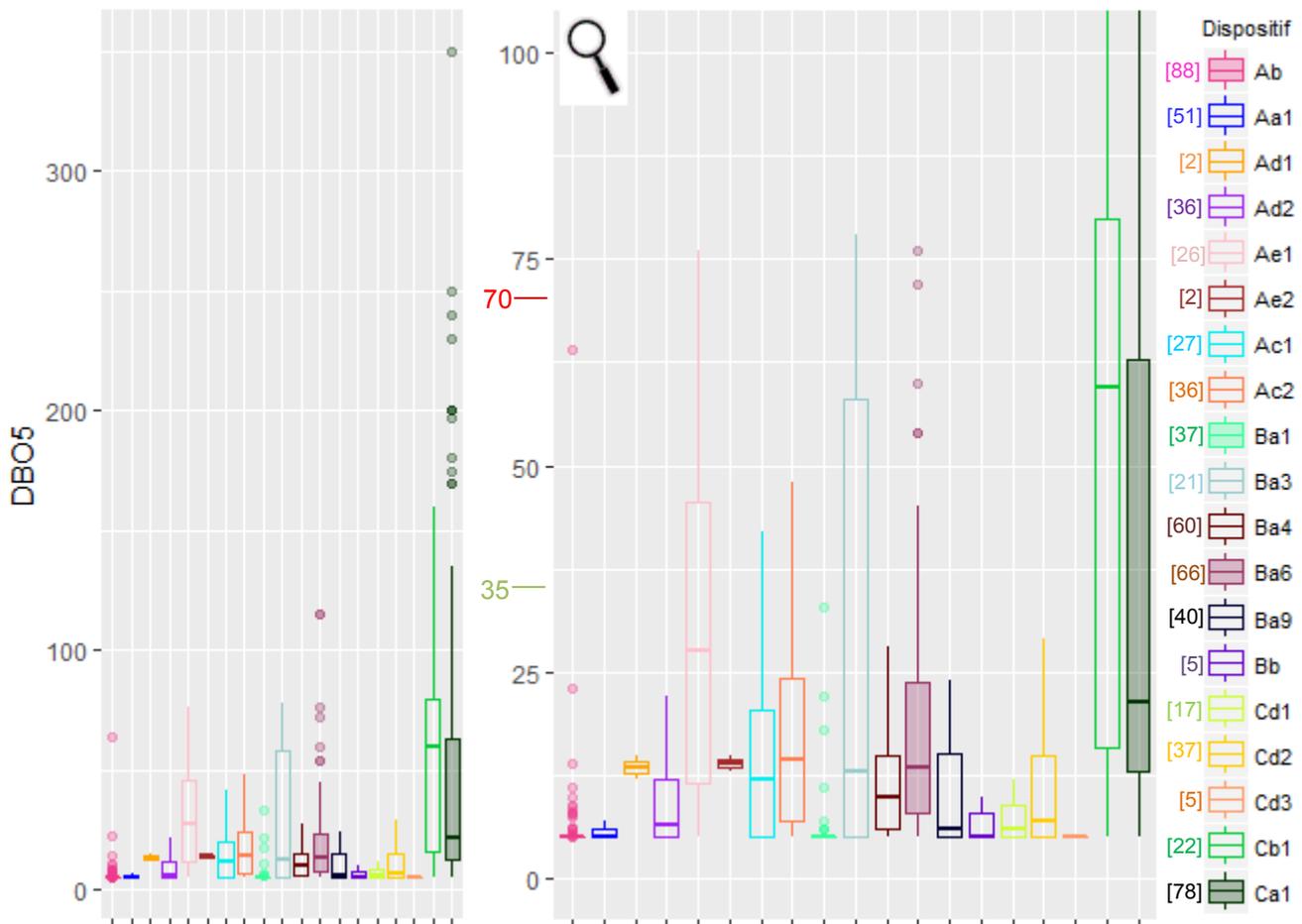


Figure 114 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les dispositifs (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

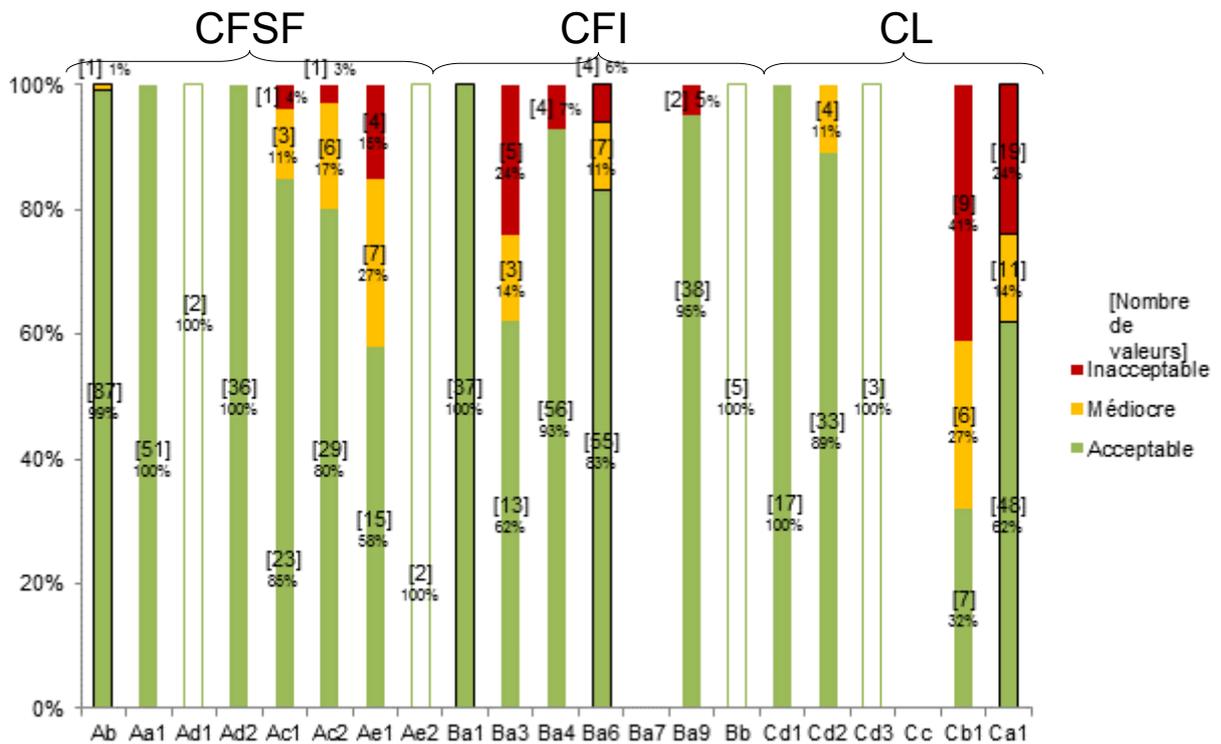


Figure 115 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, du paramètre chimique DBO₅

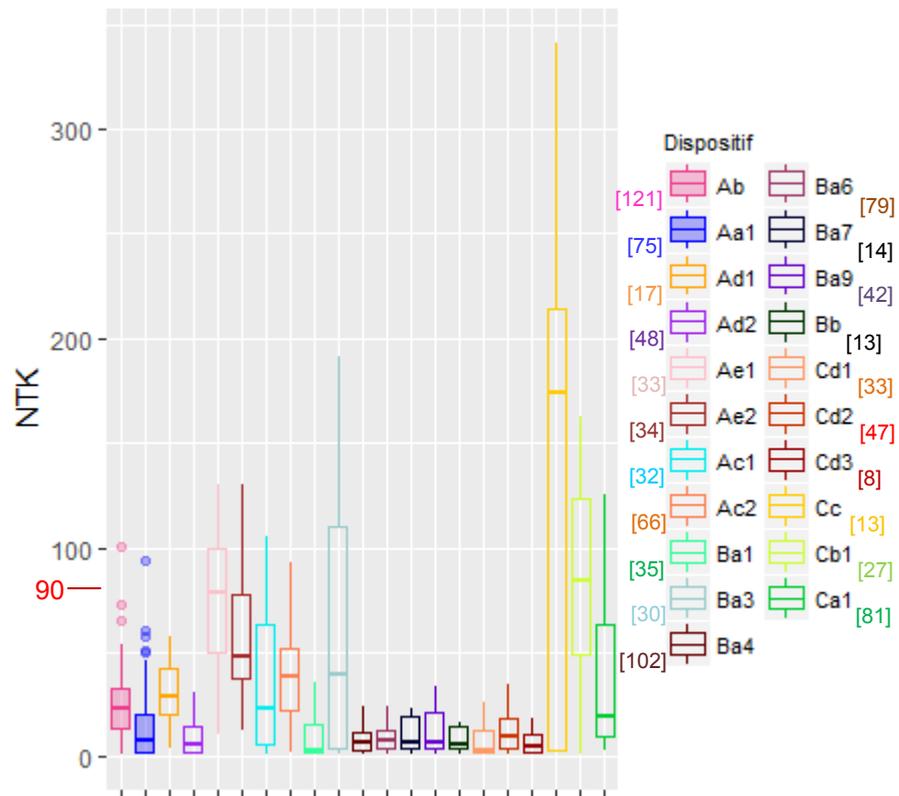


Figure 116 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les dispositifs

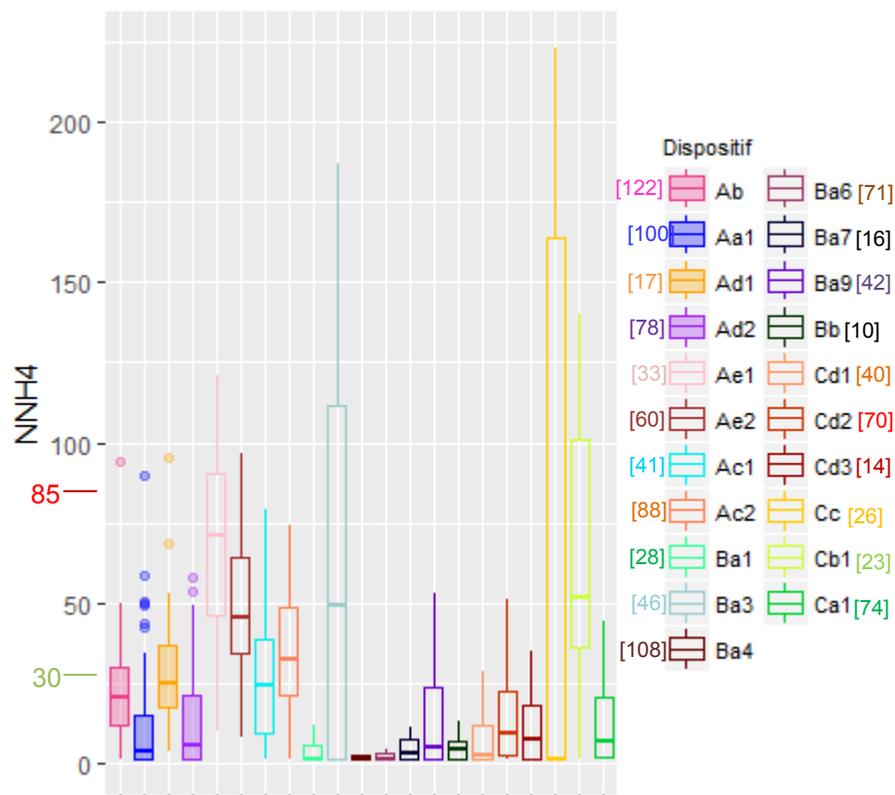


Figure 117 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NH_4^+$ selon les dispositifs

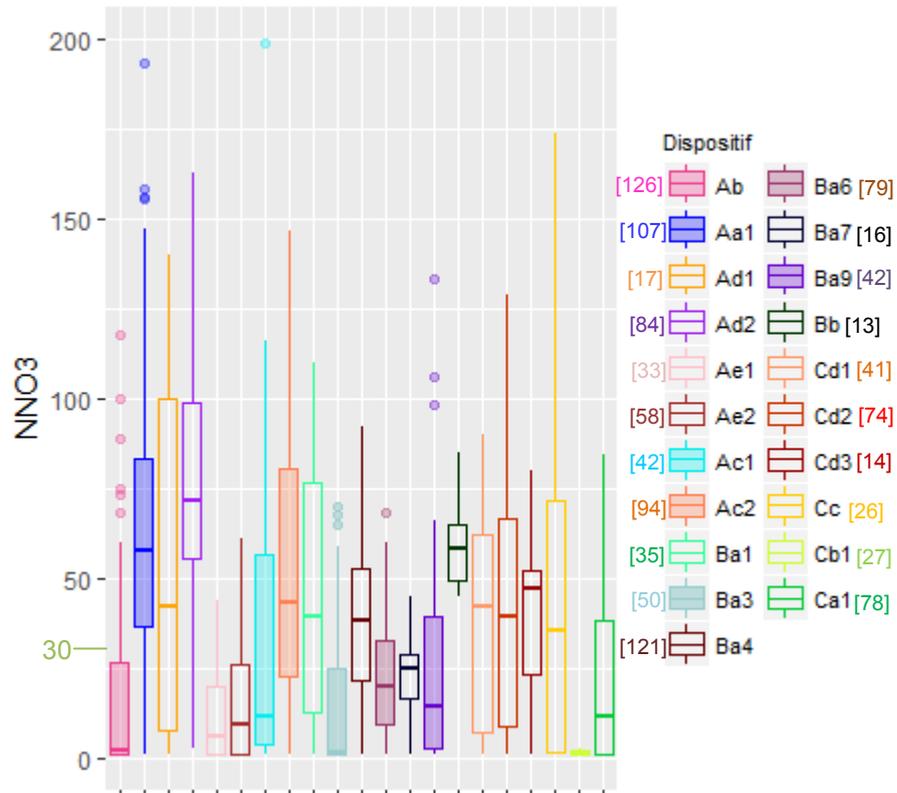


Figure 118 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO3- selon les dispositifs

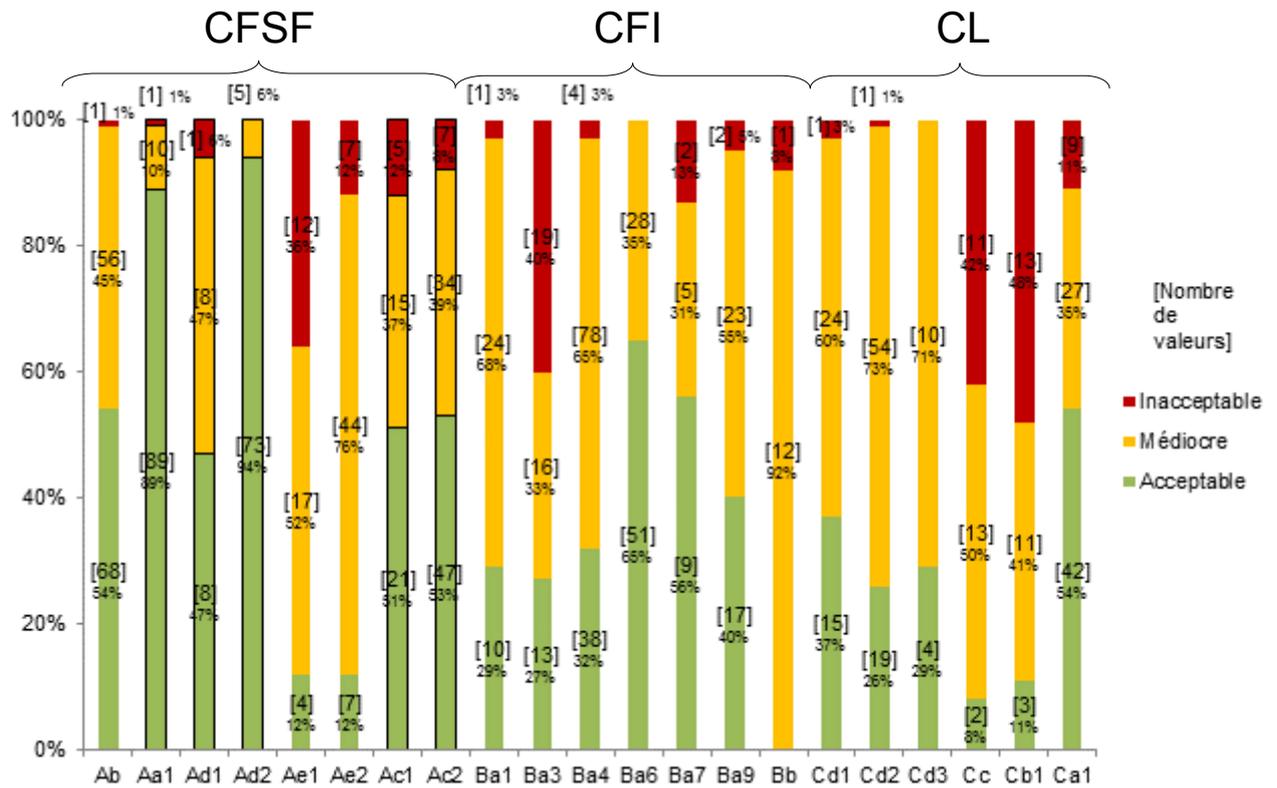


Figure 119 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, des paramètres azotés

➤ **Qualification par dispositif de la qualité globale des eaux usées traitées**

En application de la grille définissant la qualité globale, détaillée au chapitre 3, les qualifications de qualité globale des eaux usées traitées de chaque filière sont fournies au Tableau 104.

Tableau 104 : Classes de qualité des eaux usées traitées des 21 dispositifs

Famille	CFSF							
Filière	Sable	Végétaux	Zéolithe		Copeaux de coco		Laine de roche	
Dispositif	Aa1	Ab	Ac1	Ac2	Ad1	Ad2	Ae1	Ae2
Qualification qualité globale	Acceptable	Acceptable	Inacceptable	Médiocre	Médiocre	Acceptable	Médiocre	Médiocre

Famille	CFI						
Filière	Lit fixe						Lit fluidisé
Dispositif	Ba1	Ba3	Ba4	Ba6	Ba7	Ba9	Bb
Qualification qualité globale	Acceptable	Inacceptable	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Acceptable	Médiocre

Famille	CL					
Filière	Sans décanteur primaire	Classique	Traitement complémentaire	SBR		
Dispositif	Ca1	Cb1	Cc	Cd1	Cd2	Cd3
Qualification qualité globale	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable	Médiocre	Médiocre	Médiocre

La chronologie identifiée au niveau des familles (famille CFSF = famille CFI > famille CL) se poursuit à l'échelle des dispositifs pour le classement des extrêmes :

- les cinq dispositifs dont les eaux usées traitées sont qualifiées d'« acceptable » sont dans la famille des CFSF (filtre à sable, filtre avec végétaux et l'un des dispositifs de filtre de copeaux de coco) ou dans la famille des CFI (dispositifs Ba1 et Ba9).
- les cinq dispositifs dont les eaux usées traitées sont qualifiées « inacceptable », trois sont dans celles des CL (dispositifs Ca1, Cb1 et Cc) et les deux autres sont dans la famille des CFI (dispositif Ba3) et dans la famille des CFSF (dispositif Ac1).

Ces résultats sont synthétisés par la Figure 120.

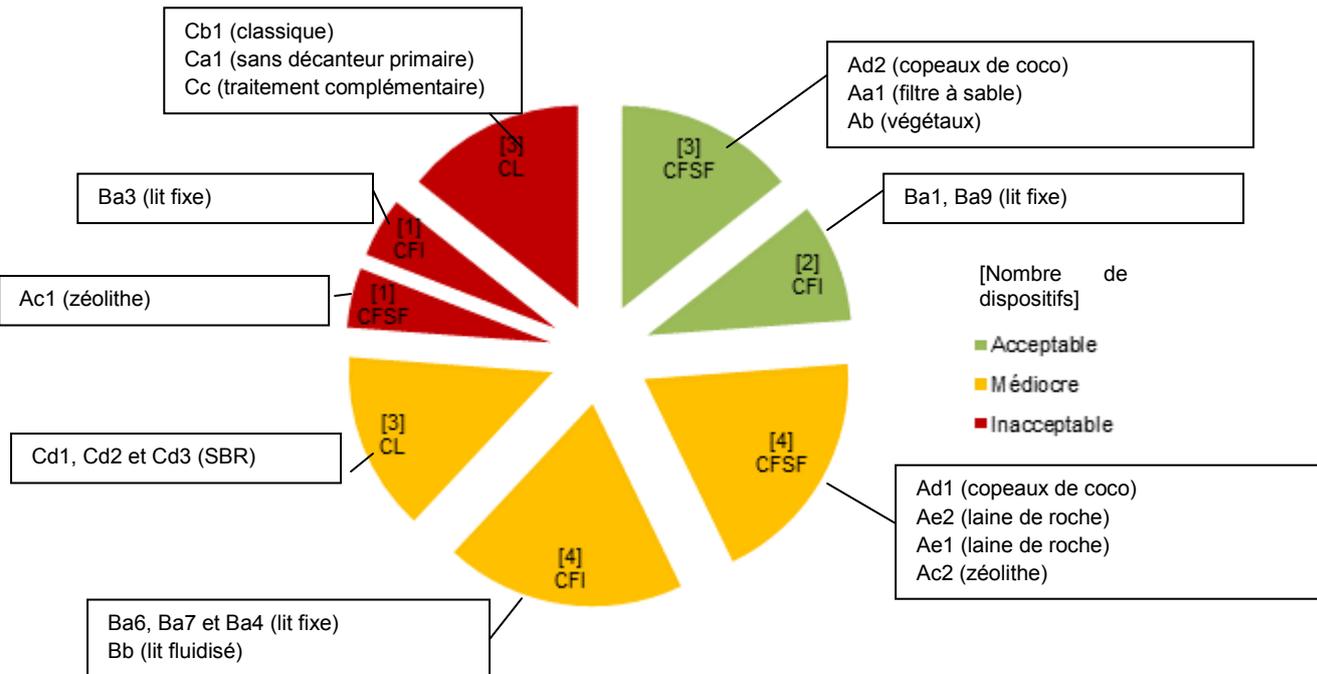


Figure 120 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de qualité

Seuls 5 dispositifs parmi 21 ont une qualification globale d'« acceptable ». Il s'agit :

- du dispositif traditionnel : filtre à sable,
- de l'un des dispositifs de la filière « copeaux de coco »,
- du l'unique dispositif de la filière « végétaux »,
- du dispositif Ba1 de la filière « lit fixe »,
- du dispositif Ba9 de la filière « lit fixe ».

Cette analyse porte sur 20 dispositifs agréés et un dispositif traditionnel : le filtre à sable vertical.

4 dispositifs agréés et le dispositif traditionnel délivrent une eau usée traitée de qualité globale « acceptable ».

20 % des dispositifs d'épuration agréés étudiés délivrent une eau usée de qualité acceptable.

80 % des dispositifs agréés étudiés délivrent une eau usée traitée de qualité « médiocre » à « inacceptable ».

4. Analyse de l'entretien « curatif »

Pour rappel, concernant le traitement des données commentées, la notion globale d'entretien est fractionnée en deux sections :

- Les opérations dites d'entretien « curatif » de l'installation. Ce sont des opérations à réaliser en urgence et de façon obligatoire pour éviter les nuisances. Ces opérations consistent parfois en des opérations de réparation, mais elles peuvent également nécessiter du remplacement de matériel (y compris le média filtrant).
- Les opérations de vidange. Ces opérations consistent à extraire des sous-produits issus du traitement dont les qualificatifs diffèrent selon les dispositifs. On parle
 - de boues pour des dispositifs de la famille des CFI et des CL.
 - de matières de vidange lorsque les sous-produits sont extraits de fosses toutes eaux.
 - de dépôt de surface pour les boues déposées en surface du 1^{er} étage de filtres plantés.

Le but de ce traitement de données commentées est d'identifier pour chaque famille, filière et dispositif, les différentes opérations définies ci-dessus réalisées sur l'installation pendant la durée du suivi, ainsi que les éventuelles différences entre chaque famille, filière et dispositif.

Ce chapitre s'intéresse à l'entretien « curatif ». Une analyse des données disponibles sur les opérations de vidange a été réalisée. Cette analyse est reportée, à titre informatif, en Annexe 15 car elle ne participe pas à la définition du classement des familles, filières et dispositifs suivis.

Ce sont 183 installations pour lesquelles les opérations d'entretien « curatif » ont été répertoriées. Ces 183 installations ont cumulé 62 opérations d'entretien « curatif » ; certaines installations n'ont eu aucune opération d'entretien « curatif », le maximum rencontré sur une installation s'établit à 5 opérations.

Ces opérations, réalisées sur les différentes filières, sont présentées dans le Tableau 105. Ce tableau indique également la famille, la filière et le dispositif concerné.

Tableau 105 : Liste des opérations d'entretien « curatif » selon la famille, la filière et le dispositif

Description des opérations	Type d'opération d'entretien « curatif »	Famille	Filière	Dispositif
Hydraulique du système	Décolmatage d'un coude en entrée	CFSF	Copeaux de coco	Ad2
	Remise en place du préfiltre	CFSF	Laine de roche	Ae1
	Remplacement du tuyau d'alimentation de l'auget	CFSF	Copeaux de coco	Ad1
	Réparation de la rampe d'alimentation de l'auget	CFSF	Copeaux de coco	Ad1
	Réglage des rampes de répartition	CFSF	Laine de roche	Ae1
	Modification de la pente des écoulements hydrauliques du système	CFSF	Végétaux	Ab1
	Curage du drain d'épandage	CFSF	Sable	Aa3
	Réglage de la pompe de relevage des eaux usées traitées	CFSF	Sable	Aa1
Changement de matériel	Changement des diffuseurs	CFI	Lit fixe	Ba1, Ba6
	Changement de sonde	CFI	Lit fixe	Ba1
	Changement du compresseur/surpresseur	CFI	Lit fixe	Ba1, Ba6, Ba9
		CL	BA classique	Cb1

	Changement des électrovannes	CFI CL	Lit fixe SBR	Ba1 Cd1, Cd2
	Changement du moteur d'entraînement	CFI	Disques biologiques	Bc1
	Changement de la pompe de reprise des eaux usées traitées	CFSF CFI CL	Laine de roche Lit fixe Sans décanteur 1	Ae1 Ba9 Ca1
	Changement de la pompe de recirculation des boues	CFI	Lit fixe	Ba9
	Changement du tuyau d'injection d'air (airlift)	CL	Sans décanteur 1 BA classique	Ca1 Cb1
	Changement du coude du diffuseur	CFI	Lit fixe	Ba6
	Changement d'un composant de la pompe à air	CFI	Lit fixe	Ba1
	Changement de la pompe à air	CL	BA classique	Cb1
	Changement de l'horloge du programme de recirculation	CL	Sans décanteur 1	Ca1
	Changement des raccords de flexible	CL	SBR	Cd2
	Changement de la batterie de commande	CL	SBR	Cd2
Média	Remplacement du média	CFI	Lit fixe	Ba1
	Remplacement du média du traitement complémentaire	CL	Traitement complémentaire	Cc1
	Nettoyage du premier niveau de sacs	CFSF	Laine de roche	Ae1
Programmation	Adaptation du temps d'aération	CFI	Lit fixe	Ba3
	Adaptation du temps de recirculation	CFI	Lit fixe	Ba6
	Reprogrammation	CFI	Lit fixe	Ba3
			Lit fluidisé	Bb1
	Réalimentation électrique du dispositif disjoncté	CL	Sans décanteur primaire	Ca1
Circulation air/boue	Réparation des raccords en sortie du surpresseur	CFI	Lit fixe	Ba3
	Reconnexion du tuyau d'injection d'air (airlift)	CFI	Lit fixe	Ba9
	Modification du tuyau de recirculation	CFI	Lit fixe	Ba6
	Rallonge du té d'inspection sur la canalisation de recirculation des boues	CFI	Lit fixe	Ba6
	Ajout de plaque par un professionnel qualifié pour augmenter la hauteur de la paroi entre le réacteur et le clarificateur	CL	Sans décanteur primaire	Ca1
	Remise en service de la pompe de recirculation suite à une défaillance de la minuterie	CL	Sans décanteur primaire	Ca1
	Rebranchement du manchon permettant le retour des boues	CL	SBR	Cd5
Divers	Mise sous pression pour décolmatage des diffuseurs d'air	CFI	Lit fixe	Ba7
	Réensemencement du réacteur	CL	BA classique	Cb1

	Réparation/renforcement de la filière suite à la déformation/écrasement de la cuve de traitement	CFSF	Ecorces de pin	Af1
--	--	------	----------------	-----

Les règles retenues sont décrites de façon détaillée au Chapitre 2.6, ainsi que la méthodologie permettant d'analyser ces opérations liées à l'entretien « curatif ».

Pour rappel, les règles retenues pour les opérations d'entretien « curatif » sont basées selon les postulats suivants :

- Le propriétaire trouve acceptable de réaliser une opération d'entretien « curatif » lorsque l'installation est strictement âgée de plus de 5 ans.

Cette affirmation a été définie à dire d'expert, en se positionnant à la place du propriétaire de l'installation, sans lien aucun avec les éventuelles garanties commerciales dont chaque dispositif peut éventuellement bénéficier.

A partir de ces règles, 3 catégories de degré d'acceptabilité de la fréquence d'entretien « curatif » ont été définies : « inacceptable », « médiocre », « acceptable » précisées dans le Tableau 106.

Tableau 106 : Règles « floues » pour le degré d'acceptabilité des fréquences des opérations d'entretien « curatif » selon l'âge des installations

Age - Nb d'opérations d'entretien « curatif »	Jeune (< 1 an)	Moyen (3 ans - 5 ans)	Agé (> 7 ans)
0 opération	Acceptable (10)	Acceptable (10)	Acceptable (10)
1 opération	Inacceptable (0)	Médiocre (5)	Acceptable (10)
2 opérations ou plus	Inacceptable (0)	Inacceptable (0)	Médiocre (5)

A chaque fréquence « acceptable », « médiocre » et « inacceptable » correspond une note respectivement de 10, 5 et 0. Ces notes seront utilisées par l'outil pour le classement des familles, des filières et des dispositifs vis-à-vis de l'entretien curatif. Fréquences et notes sont présentées dans ce chapitre.

4.1. Analyse des opérations d'entretien « curatif » de chaque famille

L'analyse porte sur 183 installations en proportions variables selon les familles étudiées : de 36 à 77 installations, avec des effectifs équivalents pour la famille des CFSS (70 installations) et celle des CFI (77 installations). L'effectif est environ moitié moins important pour la famille des CL (36 installations).

Les opérations d'entretien « curatif » sont connues pour des dispositifs dont les gammes d'âge sont étendues. Même si les médianes des 3 familles sont identiques (3,1 ans), l'amplitude de l'âge des CFSS (jusqu'à 12 ans) est beaucoup plus grande que celle des CFI et CL qui n'excède pas plus de 6,2 ans (Tableau 107).

La règle la plus souvent utilisée pour les données recueillies et constituant la base de données est :

Si l'âge de l'installation est moyen (entre 3 ans et 5 ans) et si aucune opération d'entretien « curatif » n'a été réalisée, alors c'est acceptable (10/10).

Le parc suivi est donc le plus souvent non sujet à des opérations d'entretien « curatif ».

Le Tableau 107 regroupe le contexte de l'analyse (effectif, âge en fin de suivi) et fournit les résultats obtenus par les règles précitées et ce, pour chaque famille. L'outil utilise la logique floue pour analyser

la situation de chaque famille et lui attribuer une note dite « inférée⁴⁵ ». C'est à partir de ces notes inférées qu'est définie la moyenne de chaque famille.

Tableau 107 : Analyse des opérations d'entretien « curatif » par la logique floue pour les 3 familles

Familles	Nombre d'installations	Age en fin de suivi (années)		Nombre d'installations avec des opérations de fréquence:			Moyenne des notes inférées ¹
		Gamme	Médiane	Acceptable	Médiocre	Inacceptable	
CFSF	70	[0,8;12,6]	3,1	62	3	5	9,1/10
CFI	77	[0,1;6,2]	3,1	55	15	7	8,1/10
CL	36	[0,5;5,3]	3,1	20	12	4	7,2/10

La note moyenne de la famille des CFSF est la meilleure et souligne que les opérations d'entretien « curatif » de cette famille sont moins fréquentes, comparée aux familles des CFI, puis des CL. L'ensemble de ces résultats est visualisé sous forme d'histogramme en Figure 121.

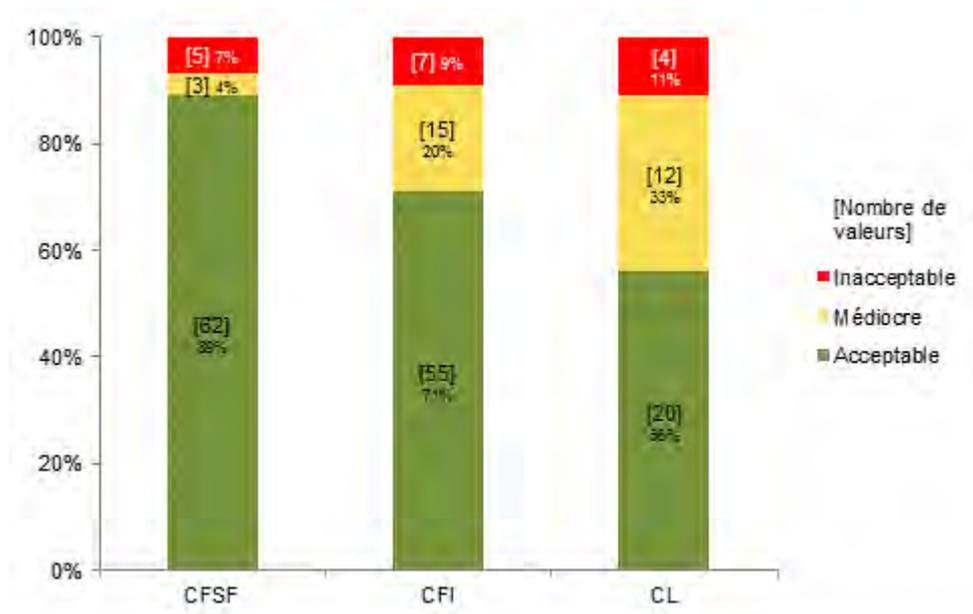


Figure 121: Répartition des installations par famille selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif »

Pour la famille des CFSF, 11 % du jeu de données des CFSF (soit 8 installations) ont une fréquence d'entretien « médiocre » ou « inacceptable ».

Pour la famille des CFI, 29 % du jeu de données (soit 22 installations) ont une fréquence d'entretien « médiocre » ou « inacceptable ».

Pour la famille des CL, 44 % du jeu de données (soit 16 installations) ont une fréquence d'entretien « médiocre » ou « inacceptable » et représente la proportion la plus forte des trois familles.

⁴⁵ La note « inférée » est la note calculée par l'outil (cf Chapitre 2.6).

4.2. Analyse des opérations d'entretien « curatif » de chaque filière

L'analyse porte sur des installations en effectifs variables selon les filières étudiées : de 1 à 70 installations. Les faibles effectifs, inférieurs ou égaux à 2 unités, sont mentionnés pour information.

Le Tableau 108 regroupe le contexte de l'analyse (effectif, âge en fin de suivi) et fournit les résultats obtenus par les règles précitées et ce, pour chaque filière. L'outil utilise la logique floue pour analyser la situation de chaque filière et lui attribuer une note dite « inférée² ». C'est à partir de ces notes « inférées⁴⁶ » qu'est définie la moyenne de chaque filière. La moyenne des notes inférées² n'est calculée que lorsque le nombre d'au moins 3 installations par filière est atteint. Dans le cas contraire, il n'est pas possible de calculer une note et les cases sont noircies.

Tableau 108 : Analyse des opérations d'entretien «curatif» par la logique floue pour les 13 filières

Familles	Filières	Nombre d'installations	Age en fin de suivi (années)		Nombre d'installations avec des opérations aux fréquences:			Moyenne des notes inférées ²
			Gamme	Médiane	Acceptable	Médiocre	Inacceptable	
CFSF	Sable	13	[0,9;7,7]	3,4	11	1	1	8,8/10
	Végétaux	16	[2,3;5,2]	3,1	15	1	0	9,6/10
	Zéolithe	16	[1 ; 12,6]	3,2	16	0	0	10/10
	Copeaux de coco	14	[1,3 ; 4,2]	2,6	11	1	2	8,3/10
	Laine de roche	10	[0,8 ; 5,4]	3,4	9	0	1	9/10
	Ecorces de pin	1		1,2	0	0	1	-
CFI	Lit fixe	70	[0,1 ; 6,2]	3,2	50	15	5	8,2/10
	Lit fluidisé	4	[1,3 ; 2,5]	1,8	3	0	1	7,7/10
	Disques biologiques	3	[2,7 ; 4,1]	2,7	2	0	1	6,7/10
CL	Sans décanteur primaire	12	[0,8 ; 5,2]	4,0	6	5	1	7,0/10
	Classique	6	[1,6 ; 5,3]	3,7	2	3	1	5,9/10
	Traitement compl.	2	[0,5 ; 3,1]	1,8	1	1	0	-
	SBR	16	[1,4 ; 4,6]	2,7	11	3	2	7,8/10

⁴⁶ La note « inférée » est la note calculée par l'outil (cf Chapitre 2.6).

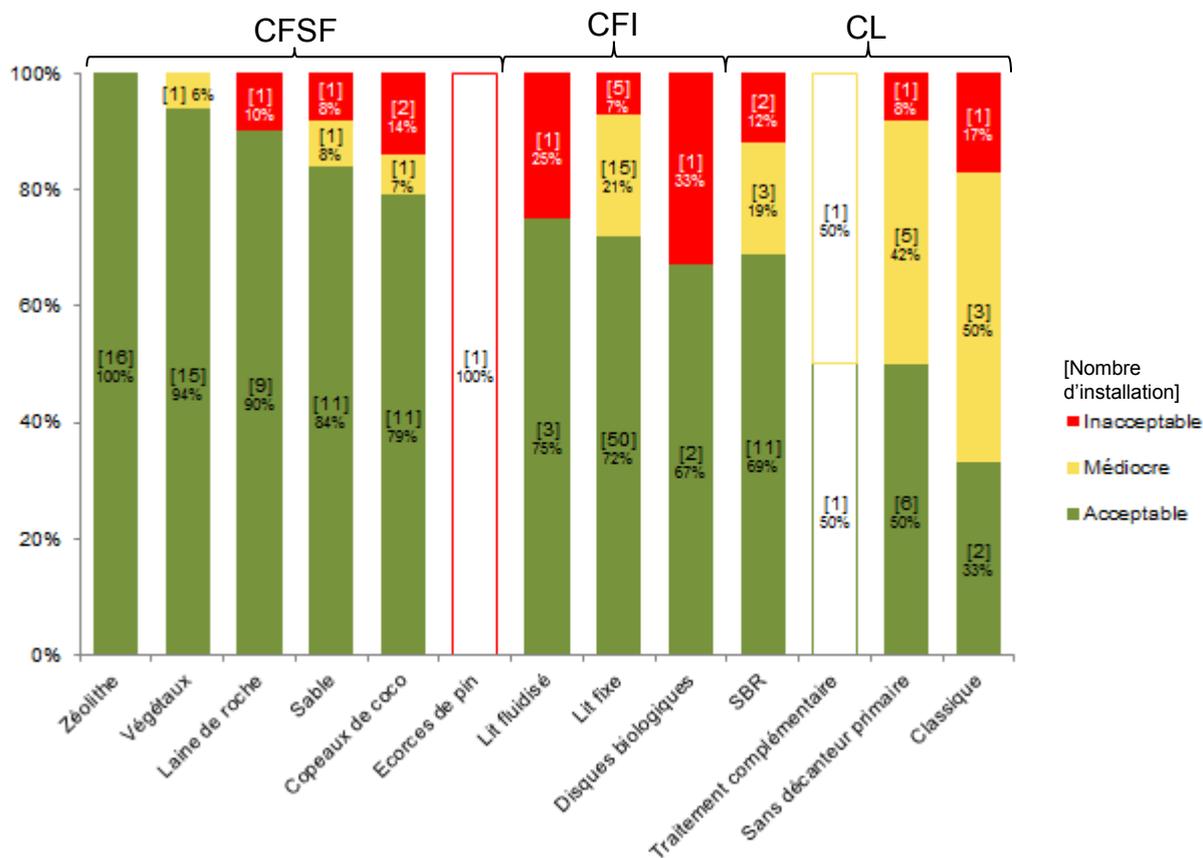


Figure 122 : Répartition des installations par filière selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif »

Nota : Les filières ayant au moins 3 installations sont représentées en remplissage plein sur l'histogramme de la Figure 122, celles n'ayant qu'une ou deux installations sont illustrées par de simples traits de couleurs.

Les filières de la famille CFSF montrent de bons résultats pour l'entretien «curatif» : de 79% à 100% des installations présentent des opérations d'entretien «curatif» de fréquence « acceptable ». Au sein de cette famille, la filière « zéolithe » a les meilleurs résultats, puisque aucune opération d'entretien « curatif » n'a été réalisée sur les 16 installations suivies. L'une des installations de la filière « végétaux » a fait l'objet d'une modification de pente des écoulements hydrauliques. Vient ensuite la filière « laine de roche » pour laquelle l'une des installations a fait l'objet de plusieurs opérations d'entretien « curatif » expliquant le classement d'une installation en fréquence « inacceptable ». Pour la filière « sable », les dysfonctionnements relevés sur 2 des 3 installations portent sur un organe extérieur au traitement biologique : la pompe de relevage des eaux usées traitées. Sont classés en dernière position les filtres à copeaux de coco avec des opérations assez fréquentes pour maintenir l'équirépartition des eaux usées à traiter.

Dans la famille des CFI, la fréquence des opérations d'entretien « curatif » est « acceptable » dans 67 % à 75 % des cas selon la filière.

Les diverses opérations, listées dans le Tableau 106, réalisées par les constructeurs ou leurs opérateurs qualifiés concernent principalement des changements de matériels et des adaptations. Notons que l'opération d'entretien « curatif » enregistrée sur l'une des 4 installations de la filière « lit fluidisé » concerne sa reprogrammation et que pour la filière « disques biologiques », l'opération réalisée sur l'une des 3 installations concerne le changement du moteur d'entraînement des disques.

Pour les filières de la famille CL, les opérations d'entretien « curatif » sont les plus fréquentes et la fréquence « acceptable » n'est obtenue que pour 33 % à 69 % des installations. Ces résultats ne

concernent que 3 filières : pour la quatrième filière « traitement complémentaire », le suivi des opérations d'entretien « curatif » a été réalisé sur un effectif trop réduit (2 installations).

Dans la famille des CL, c'est la filière « SBR » qui présente les fréquences d'opérations d'entretien « curatif » les plus faibles.

4.3. Analyse de l'entretien « curatif » de chaque dispositif

L'analyse porte sur des installations aux effectifs variables selon les dispositifs étudiés : de 1 à 21 installations par dispositif. Les faibles effectifs, inférieurs à 3 unités sont mentionnés pour information.

Le Tableau 109 regroupe le contexte de l'analyse (effectif, âge en fin de suivi) et fournit les résultats obtenus par les règles précitées et ce, pour chaque dispositif. L'outil utilise la logique floue pour analyser la situation de chaque dispositif et lui attribuer une note dite « inférée⁴⁷ ». La moyenne de chaque dispositif est définie à partir de ces notes inférées. Cette moyenne n'est calculée que lorsque l'effectif d'au moins 3 installations par dispositif est atteint. Ainsi, il est possible de fournir une note pour 19 dispositifs (parmi les 33 suivis) dont le nombre d'installations suivies varie de 3 à 21. En absence de note, les cases du Tableau 109 sont noircies.

Tableau 109 : Analyse des opérations d'entretien « curatif » par la logique floue des 33 dispositifs

Familles	Filières	Dispositifs	Nombre d'installations	Age en fin de suivi (années)		Effectif des opérations aux fréquences			Moyenne des notes inférées
				Gamme	Médiane	Acceptable	Médiocre	Inacceptable	
CFSF	Sable	Aa1	11	[0,9 ; 7,7]	4,0	10	1	0	9,5/10
		Aa2	1		2,6	1	0	0	-
		Aa3	1		1,0	0	0	1	-
	Végétaux	Ab	16	[2,3 ; 5,2]	3,1	15	1	0	9,6/10
	Zéolithe	Ac1	2	[3,7 ; 6,5]	5,1	2	0	0	-
		Ac2	14	[1,1 ; 12,6]	2,5	14	0	0	10/10
	Copeaux de coco	Ad1	6	[1,3 ; 3,7]	2,3	4	0	2	6,9/10
		Ad2	8	[1,9 ; 4,2]	3,9	7	1	0	9,4/10
	Laine de roche	Ae1	6	[0,8 ; 5,4]	3,4	5	0	1	8,3/10
		Ae2	4	[2,5 ; 4,3]	3,4	4	0	0	10/10
Ecorces de pin	Af	1		1,2	0	0	1	-	
CFI	Lit fixe	Ba1	7	[2,1 ; 6,2]	5,0	2	3	2	5,0/10
		Ba2	1		2,8	1	0	0	-
		Ba3	8	[1,8 ; 5,3]	3,4	6	1	1	8,2/10
		Ba4	21	[0,1 ; 5,0]	3,4	21	0	0	10/10
		Ba5	2		3,2	2	0	0	-
		Ba6	18	[0,8 ; 4,9]	3,0	11	7	0	8,0/10

⁴⁷ La note "inférée" est la note calculée par l'outil (cf Chapitre 2 p.57).

		Ba7	5	[0,8 ; 3,3]	1,9	4	0	1	8,4/10
		Ba8	1		1,3	1	0	0	-
		Ba9	7	[1,8 ; 6,1]	3,4	2	4	1	5,4/10
	Lit fluidisé	Bb	4	[1,3 ; 2,5]	1,8	3	0	1	7,7/10
	Disques biologiques	Bc	3	[2,7 ; 4,1]	2,7	2	0	1	6,7/10
CL	Sans décanteur primaire	Ca1	11	[0,8 ; 5,2]	4,0	5	5	1	6,8/10
		Ca2	1		1,3	1	0	0	-
	Classique	Cb1	4	[3,5 ; 5,3]	4,0	0	3	1	3,9/10
		Cb2	1		3,7	1	0	0	-
		Cb3	1		1,6	1	0	0	-
	Trait. compl.	Cc1	2	[0,5 ; 3,1]	1,8	1	1	0	-
	SBR	Cd1	5	[1,4 ; 3,1]	2,3	4	1	0	8,6/10
		Cd2	7	[2,4 ; 4,6]	3,5	4	2	1	7,1/10
		Cd3	2	[2,3 ; 3,1]	2,7	2	0	0	-
		Cd4	1		1,9	1	0	0	-
Cd5		1		1,8	0	0	1	-	

L'ensemble de ces résultats est présenté sous forme d'histogrammes⁴⁸ (Figure 123 à 125) par famille.

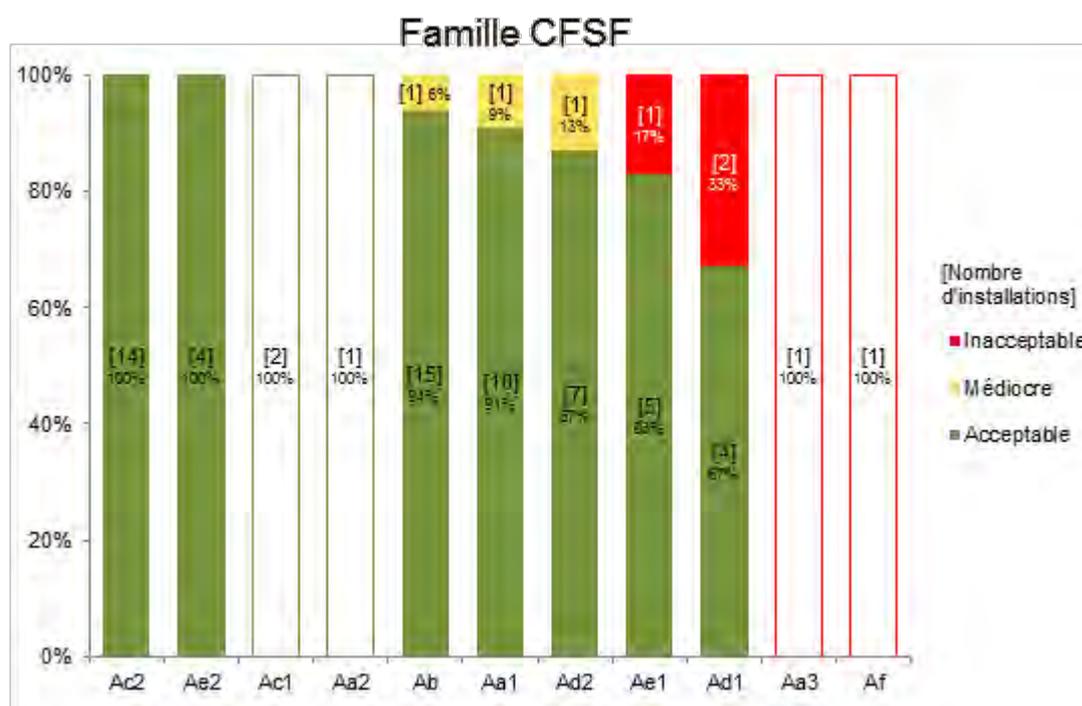


Figure 123 : Répartition des installations des CFSF par dispositif selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif »

⁴⁸ Les histogrammes vides mentionnent, pour information, les résultats analysés à partir d'un nombre réduit d'installations (< 3).

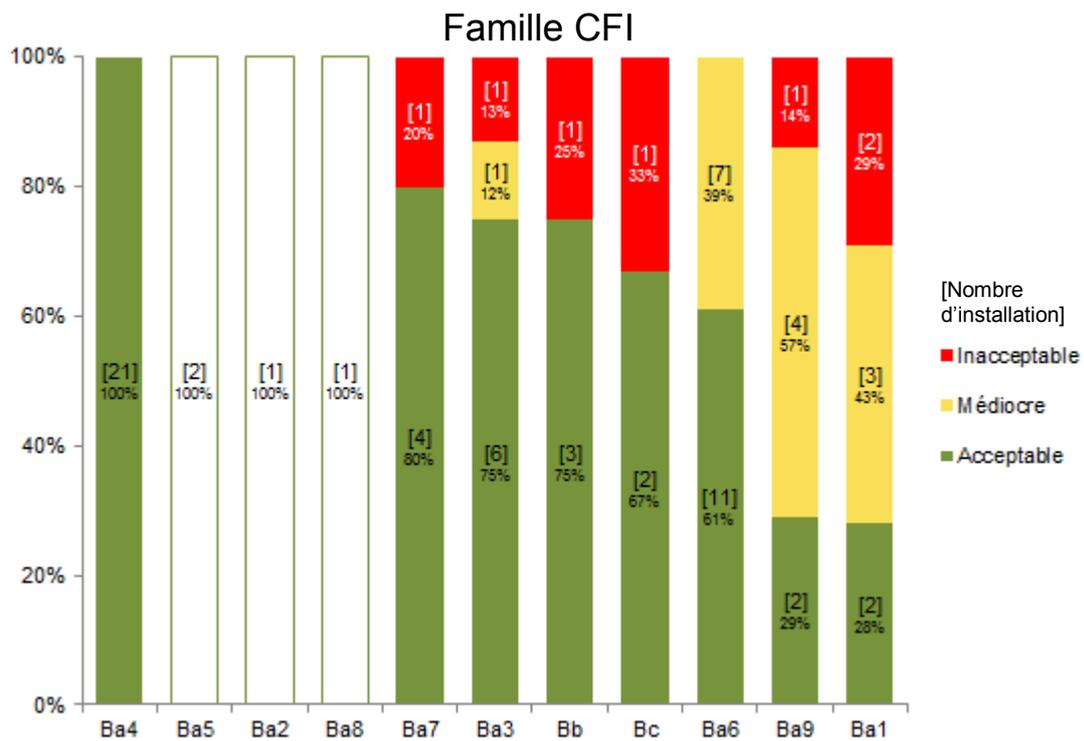


Figure 124 : Répartition des installations des CFI par dispositif selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif »

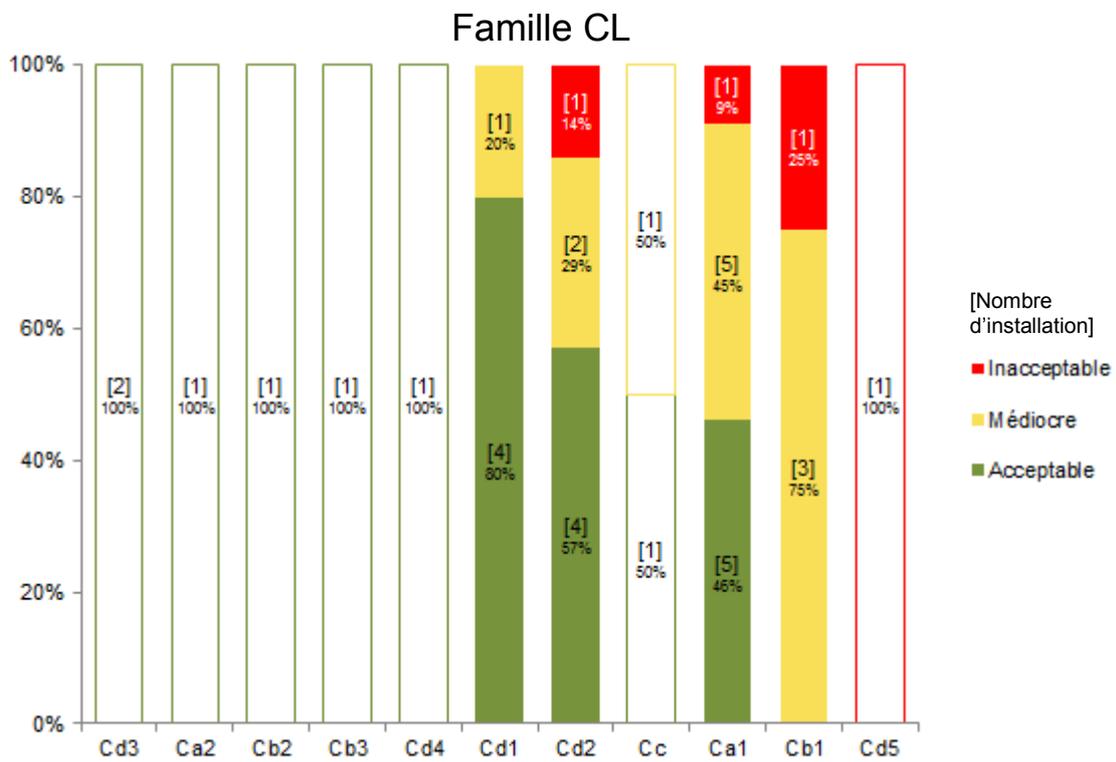


Figure 125 : Répartition des installations des CL par dispositif selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif »

Cette analyse à l'échelle du dispositif apporte essentiellement des précisions sur les dispositifs de la filière « lit fixe ». Les résultats pour ces 6 dispositifs montrent des situations diverses avec des

fréquences d'opération « acceptable » pouvant être très fortes (100 % pour Ba4) à faibles (autour de 30 % pour Ba1 et Ba9). Un seul dispositif (Ba4) de cette filière « lit fixe » présente une fréquence d'opération « acceptable » pour 100 % de ses installations.

Les conclusions de l'analyse à l'échelle des dispositifs des familles des CFSF et CL sont proches de celles énoncées pour l'analyse à l'échelle des filières: les dispositifs de la famille CFSF montrent des fréquences d'entretien « curatif » qualifiées d'acceptable pour 67 % et 100 % des installations selon les dispositifs. Respectivement pour ceux de la famille des CL, les mêmes fréquences varient de 46 % à 80 % maximum.

Quatre dispositifs de la famille des CFSF (Aa1, Ab, Ac2 et Ae2), ainsi qu'un de la famille des CFI (Ba4) sont peu sujets aux opérations d'entretien « curatif ». Cette situation leur confère une note supérieure à 9,5. C'est dans les familles des CFI et des CL qu'appartiennent les trois dispositifs (Ba1, Ba9 et Cb1) aux fréquences d'opération curative les plus contraignantes : la note la plus basse est de 3,9.

La Figure 126 résume les résultats de cette analyse de l'entretien « curatif ».

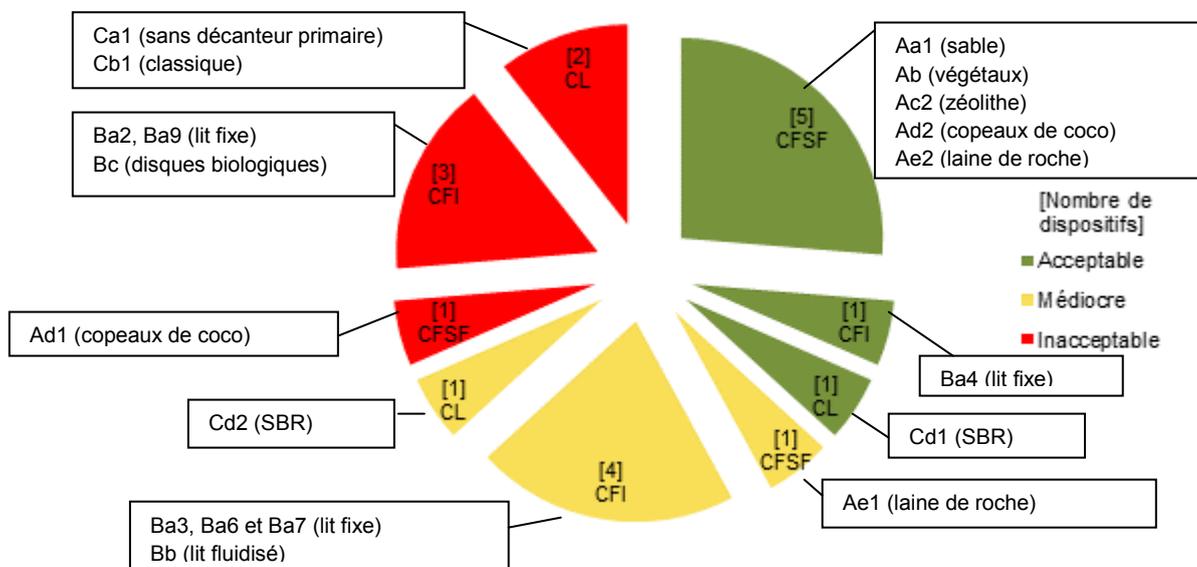


Figure 126 : Nombre de dispositifs dont les notes de l'entretien « curatif » sont « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » selon les familles

En qualifiant la fréquence d'entretien « curatif » d'« acceptable » pour les notes supérieures ou égales à 8,5 et d'« inacceptable » (entretien trop fréquent) pour les notes inférieures ou égales à 7, la famille des CFSF dispose du plus grand nombre de dispositifs ayant une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« acceptable », les familles CFI et CL n'en possède qu'un.

3 dispositifs ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« inacceptable » dans la famille des CFI, 2 dispositifs dans la famille des CL et un seul dispositif dans la famille des CFSF.

5. Analyse conjointe de la qualité des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif »

5.1. Par famille⁴⁹

Les qualifications par famille de la qualité globale des eaux usées traitées sont fournies dans le Tableau 110.

Tableau 110 : Qualification de la qualité globale des eaux usées traitées des trois familles

	Famille CFSF	Famille CFI	Famille CL
Qualification de qualité globale des eaux usées traitées	Médiocre	Médiocre	Inacceptable

En rappel, les cases grisées des tableaux signalent toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifié comme ayant un effet significatif.

La fréquence de l'entretien « curatif » a été notée et les résultats sont présentés dans le Tableau 111.

Tableau 111 : Note et qualification de la fréquence de l'entretien « curatif » pour les 3 familles

Famille	CFSF	CFI	CL
Note	9,1	8,1	7,2
Qualification d'acceptabilité de la fréquence de l'entretien « curatif » par famille	Acceptable	Médiocre	Médiocre

Tant vis-à-vis de la qualité des eaux usées traitées que de l'entretien « curatif », les notes croissent de la famille des CL à celle des CFI jusqu'à celle des CFSF.

La Figure 127 regroupant l'entretien « curatif » et la qualité des eaux traitées par famille illustre cette conclusion.

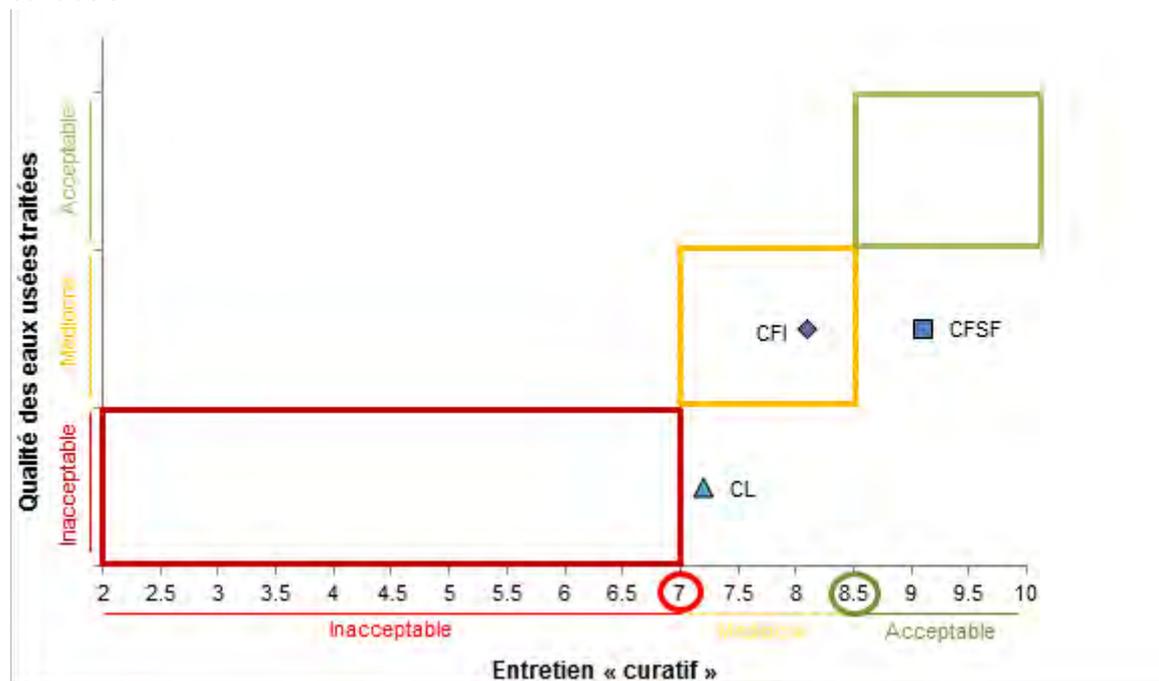


Figure 127 : Analyse conjointe de la qualité globale des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » des 3 familles

⁴⁹ Ce classement en familles (ou filières) peut recouvrir des hétérogénéités dans les classes de qualité d'eaux usées traitées issues des filières et des dispositifs.

Cette analyse conjointe confirme les résultats déjà annoncés dans les chapitres précédents c'est-à-dire que :

- La famille des CFSF montre sa pertinence ; elle est aussi performante en termes de qualité des eaux usées traitées que la famille des CFI, tout en étant moins contraignante en termes de fréquence vis-à-vis de l'entretien « curatif ».
- La famille des CL montre toutes ses limites ; elle est la moins performante en termes de qualité des eaux usées traitées tout en étant la plus contraignante en termes de fréquence vis-à-vis de l'entretien « curatif ».
- la famille des CFI se situe entre les deux précédentes ; elle est aussi performante en termes de qualité des eaux usées traitées que la famille des CFSF tout en étant plus contraignante en termes de fréquence vis-à-vis de l'entretien « curatif ».

5.2. Par filière⁵⁰

Chaque famille est constituée de filières : il existe 6 filières dans la famille des CFSF, 3 filières dans celle des CFI et 4 filières dans celle des CL. L'analyse à l'échelle des familles est poursuivie à l'échelle des filières afin d'identifier les particularités permettant d'affiner la vue d'ensemble précédente.

La qualité globale des eaux usées traitées des filières a été qualifiée et les résultats sont présentés, par ordre décroissant de qualité des eaux usées traitées, dans le Tableau 112.

Tableau 112 : Classes de la qualité des eaux usées traitées de 11 filières⁵¹

Famille	CFSF				
Filière	<i>Sable</i>	<i>Végétaux</i>	<i>Copeaux de coco</i>	<i>Zéolithe</i>	<i>Laine de roche</i>
Classe	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Médiocre	Médiocre

Famille	CFI		CL			
Filière	<i>Lit fluidisé</i>	<i>Lit Fixe</i>	<i>SBR</i>	<i>Traitement complémentaire</i>	<i>Sans Décanteur</i>	<i>Classique</i>
Note /10	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable

Nota : la notation des filières « écorces de pin » et « disques biologiques » n'a pas été réalisée, faute d'un nombre de valeurs suffisant.

⁵⁰ Ce classement en filières peut recouvrir des hétérogénéités dans les classes de qualité d'eaux usées traitées issues des dispositifs.

⁵¹ Un code couleur (case grisée et italique) signale toutes les familles, filières ou dispositifs que l'outil statistique a identifiés comme ayant un effet significatif.

L'acceptabilité de la fréquence de l'entretien « curatif » a été notée (Chapitre 4). La Figure 128 présente cette fréquence d'entretien « curatif » par ordre décroissant de note.

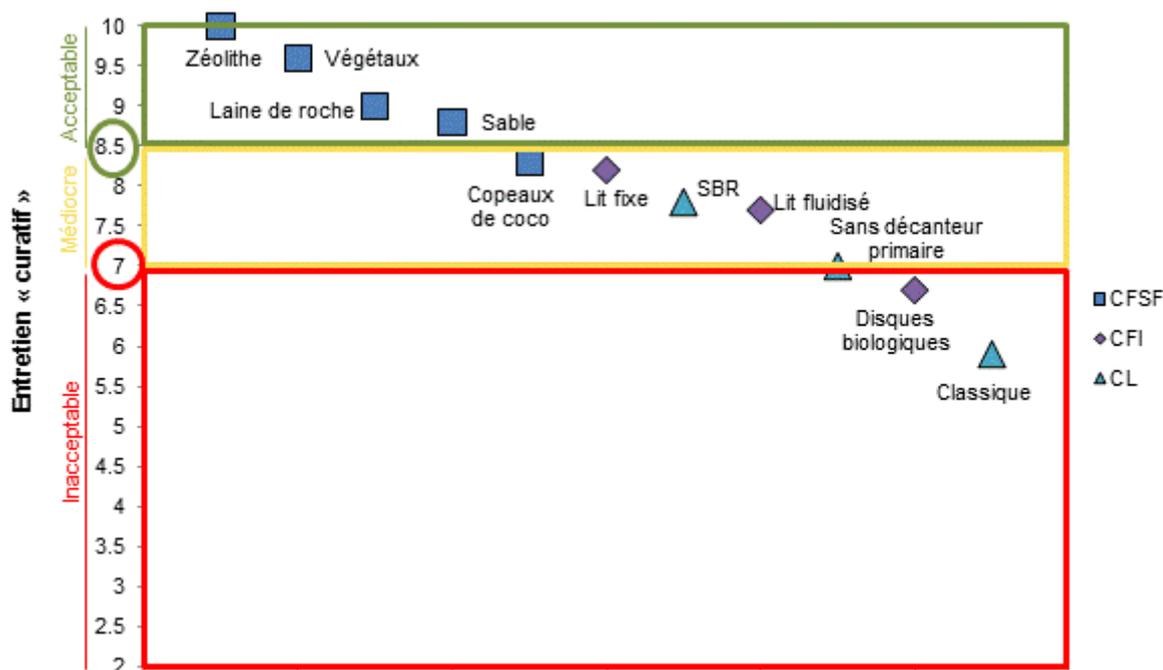


Figure 128 : Notes d'entretien « curatif » de 11 filières par ordre décroissant

Nota : la notation des filières « écorces de pin » et « traitement complémentaire » n'est jamais faite faute d'un nombre de d'installations suivies suffisant.

La Figure 129, regroupant l'entretien « curatif » et la qualité des eaux traitées pour les dix filières dont les informations communes existent, illustre la classification comparée et combinée (qualité, entretien) des filières. Pour trois filières, « écorces de pin », « disques biologiques » et « traitement complémentaire », les informations ne sont pas disponibles.

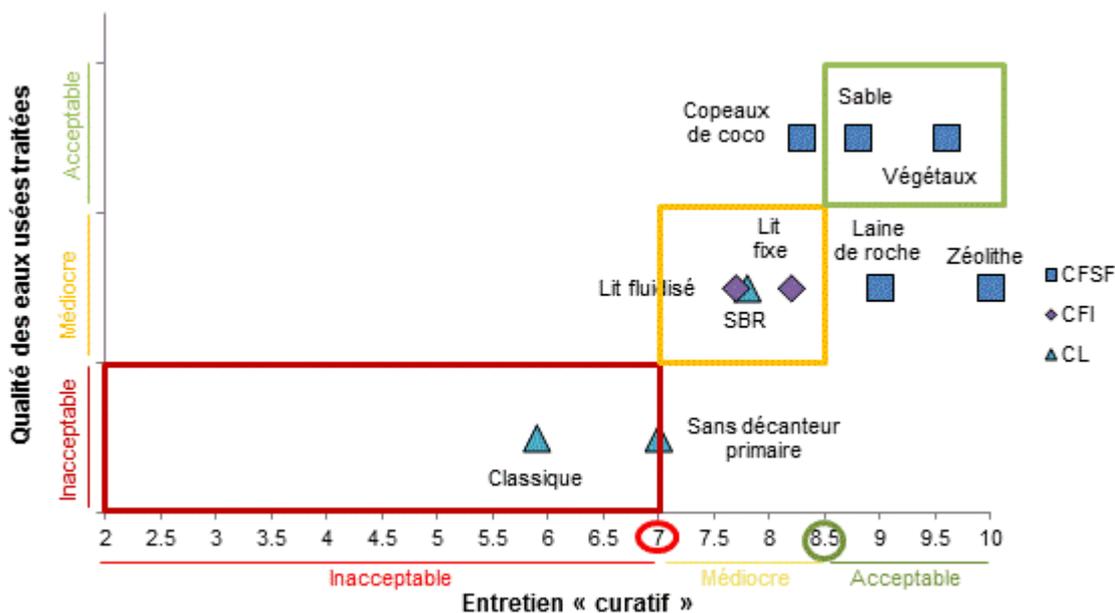


Figure 129 : Analyse conjointe de la qualité globale des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » de 10 filières

De ce graphe, se dégagent trois grands groupes :

- Un premier groupe (qualification « acceptable » de la qualité des eaux traitées et entretien « curatif » supérieure ou égale à 8,5) avec deux filières, toutes les deux de la famille des CFSF :
 - Filière « sable »
 - Filière « végétaux »

- Un deuxième groupe (qualification « inacceptable » de la qualité des eaux traitées et entretien « curatif » inférieure ou égale à 7) avec les deux filières, toutes les deux de la famille des CL
 - Filière « sans décanteur primaire »,
 - Filière « classique ».

- Un troisième groupe (n'appartenant pas aux groupes précédents) avec six filières, appartenant aux trois familles. Ces filières sont :
 - Filière « copeaux de coco »,
 - Filière « zéolithe »,
 - Filière « laine de roche »,
 - Filière « lit fixe »,
 - Filière « lit fluidisé »
 - Filière « SBR ».

La filière « copeaux de coco » est la seule de ce groupe à délivrer une eau usée traitée qualifiée d'« acceptable ».

Les filières « zéolithe » et « laine de roche » sont les seules de ce groupe dont l'acceptabilité des fréquences des opérations d'entretien « curatif » sont acceptables.

5.3. Par dispositif

Chaque filière est constituée de dispositifs : il existe le même nombre de dispositifs (11) dans chaque famille. Sous réserve d'un nombre de valeurs et d'un nombre d'installations suivies suffisant, cette analyse est poursuivie à l'échelle des dispositifs afin d'identifier les particularités permettant d'affiner la vue d'ensemble de chaque filière.

La Figure 130 résume la qualité globale des eaux usées traitées pour 21 dispositifs, les autres n'ayant pas un effectif suffisant⁵². 13 dispositifs ont été identifiés par l'outil comme ayant un impact statistiquement significatif.

⁵² C'est-à-dire strictement supérieur à 12 valeurs ou strictement supérieur à 2 installations.

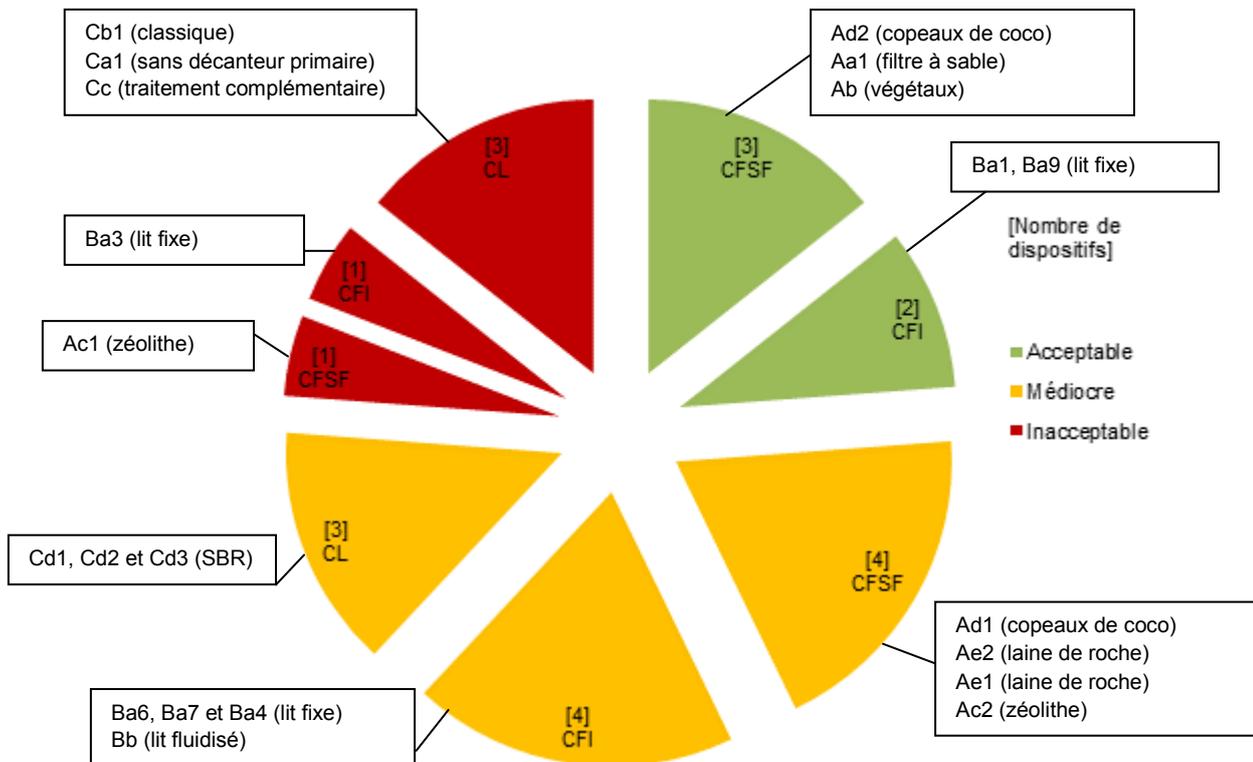


Figure 130 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de qualité globale

Cette analyse porte sur 20 dispositifs agréés et un dispositif traditionnel : le filtre à sable vertical.
4 dispositifs agréés :

- dispositif étudié de la filière « végétaux »,
- l'un des deux dispositifs étudiés de la filière « copeaux de coco » et
- deux dispositifs Ba1 et Ba9 de la filière "lit fixe",

et le dispositif traditionnel délivrent une eau usée traitée de qualité globale « acceptable ».

20 % des dispositifs d'épuration agréés étudiés délivrent une eau usée de qualité « acceptable ».

80 % des dispositifs agréés étudiés délivrent une eau usée traitée de qualité « médiocre » à « inacceptable ».

L'acceptabilité de la fréquence des opérations d'entretien « curatif » a été notée et les résultats sont présentés dans la Figure 131. Cette notation est attribuée aux 19 dispositifs pour lesquels les données sont disponibles.

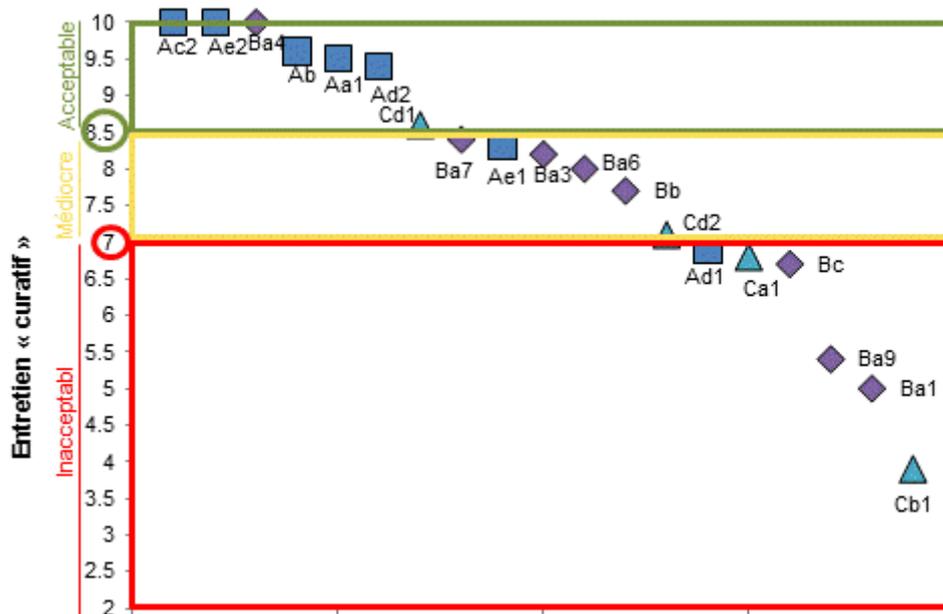


Figure 131: Notes d'entretien « curatif » des 19 dispositifs par ordre décroissant

La Figure 132 regroupant l'entretien « curatif » et la qualité des eaux traitées pour les 19 dispositifs dont les informations communes existent, illustre le classement comparatif combiné (qualité, entretien) des dispositifs.

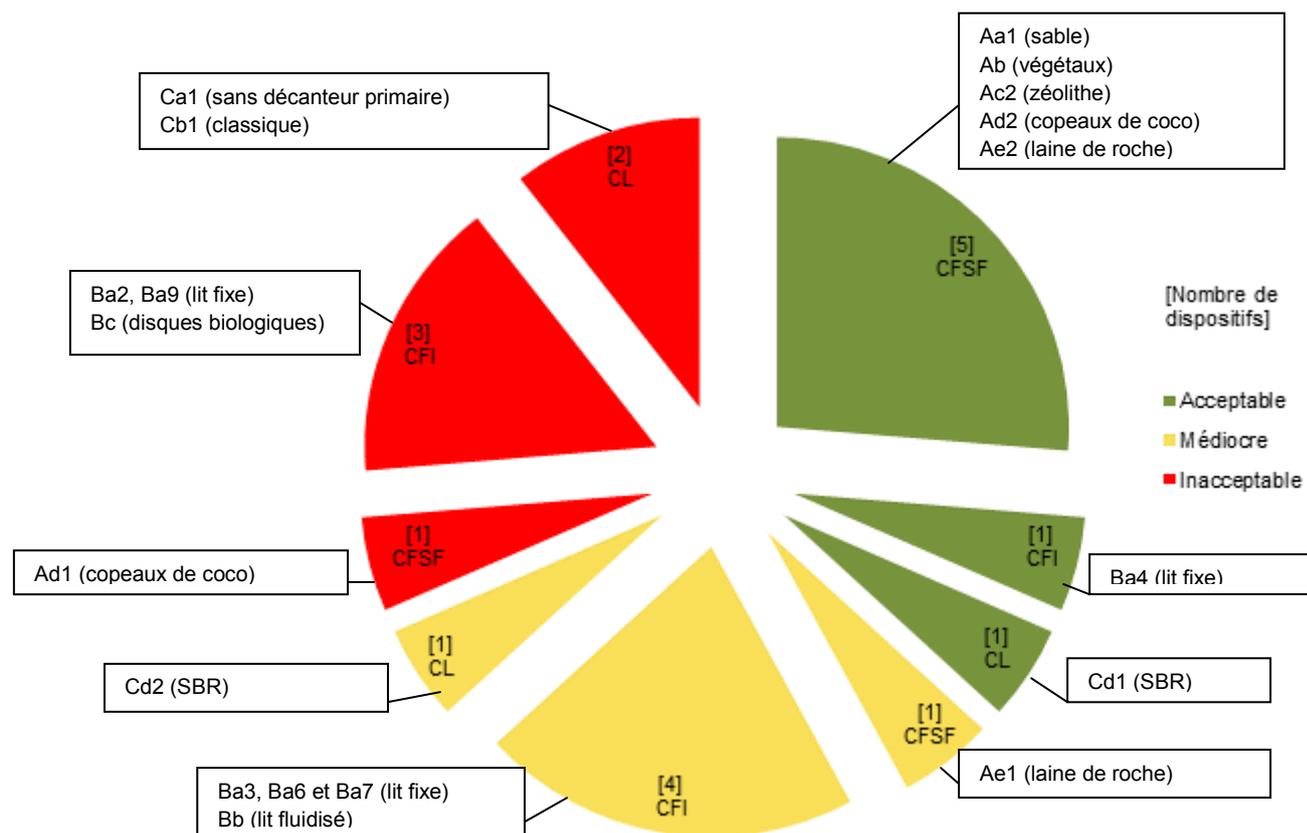


Figure 132 : Nombre de dispositifs par famille et par classe d'acceptation de fréquence d'entretien « curatif »

En qualifiant d'« acceptable », les notes supérieures ou égales à 8,5 et d'« inacceptables » les notes inférieures ou égales à 7, la famille des CFSF dispose du plus grand nombre de dispositifs ayant une qualification d'« acceptable » des fréquences d'entretien « curatif » alors que les familles CFI et CL n'en possède qu'un. Parmi ces deux mêmes familles, 2 dispositifs ont une qualification « médiocre » ainsi qu'un seul dispositif de la famille des CFSF.

4 des 8 dispositifs de la famille des CFI ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« acceptable » et 3 d'entre eux ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« inacceptable » ; quant aux dispositifs de la famille des CL, 2 d'entre eux, parmi 4 ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« inacceptable ».

La technicité nécessaire au fonctionnement des dispositifs des familles des CFI et des CL génère le plus souvent une surveillance accrue et des opérations d'entretien « curatif » dont la fréquence est qualifiée de « médiocre » à « inacceptable » vis-à-vis de la référence fixée à dire d'expert (absence d'opération pendant 5 années consécutives).

La Figure 133 regroupant l'entretien « curatif » et la qualité globale des eaux traitées pour les 18 dispositifs dont les informations communes existent, illustre la qualification combinée (qualité, entretien) des dispositifs.

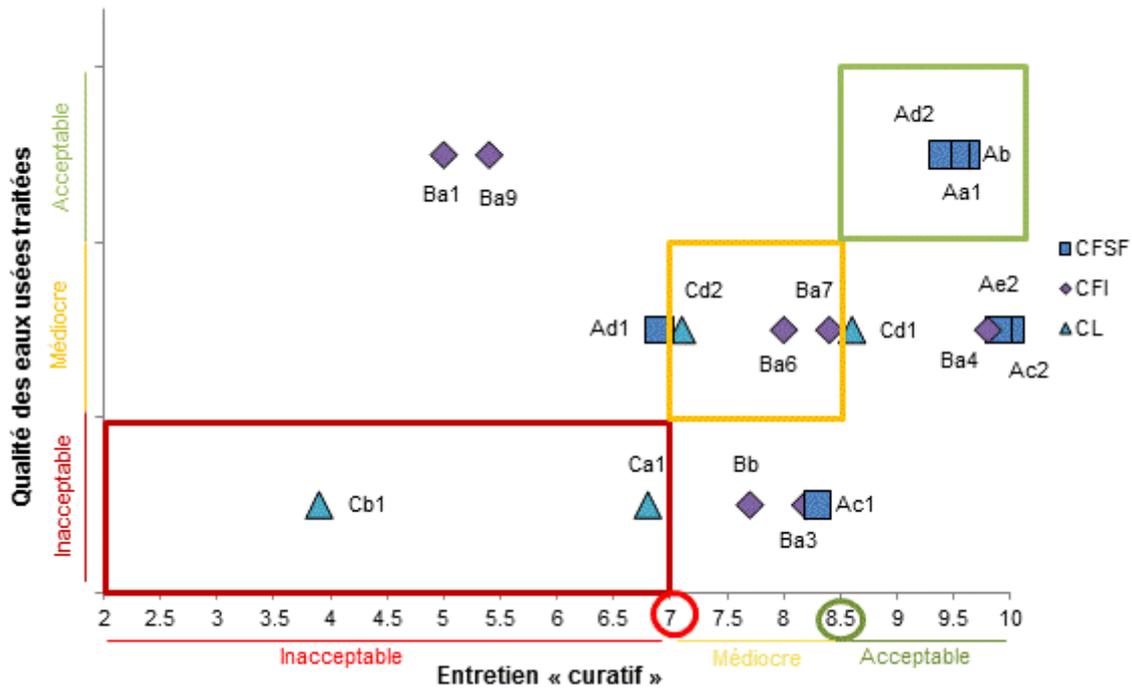


Figure 133 : Analyse conjointe de la qualité des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » de 18 dispositifs

De ce graphe, se dégagent trois grands groupes :

- Un premier groupe (qualification « acceptable » de la qualité des eaux traitées et entretien « curatif » supérieur ou égal à 8,5) avec trois dispositifs, tous les trois dans la famille des CFSF :
 - Aa1 : c'est le filtre à sable drainé traditionnel de la filière « sable »,
 - Ad2 : c'est l'un des dispositifs de la filière « copeaux de coco »,
 - Ab : c'est l'unique dispositif suivi de la filière « végétaux ».
- Un deuxième groupe (qualification « inacceptable » de la qualité des eaux traitées et entretien « curatif » inférieur ou égal à 7) avec les deux dispositifs :
 - Cb1 : un des dispositifs de la filière « classique »
 - Ca1 : un des dispositifs de la filière « sans décanteur primaire »
- Un troisième groupe (n'appartenant pas aux groupes précédents avec treize dispositifs, appartenant aux trois familles. La majorité (7) des dispositifs est dans la famille des CFI, 4 appartiennent à la famille des CFSF et 2 sont dans celle des CL. Ces dispositifs sont :
 - Ba1, Ba9, Ba4, Ba6, Ba7 et Ba3 : dispositifs de la filière « lit fixe »,
 - Bb : unique dispositif de la filière « lit fluidisé »,
 - Ac2 et Ac1 : dispositifs de la filière « zéolithe »,
 - Ae2: dispositifs de la filière « laine de roche »,
 - Ad1 : un des dispositifs de la filière « copeaux de coco »,
 - Cd1 et Cd2 : dispositifs de la filière « SBR ».

Les dispositifs Ba1 et Ba9 sont les deux seuls de ce groupe à délivrer une eau usée traitée qualifiée d'« acceptable ». A l'inverse, trois dispositifs (Ba3, Bb et Ae1) délivrent une eau usée traitée qualifiée d'« inacceptable ».

Quatre dispositifs (Ac2, Ae2, Ba4 et Cd1) ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« acceptable ». Trois dispositifs (Ca1, Ba9, Ba1 et Cb1) ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« inacceptable ».

En conclusion, les dispositifs, qui obtiennent une classe de qualité des eaux usées traitées et de fréquence d'entretien « curatif », toutes deux « acceptable », sont trois dispositifs de la famille CFSF :

- Le filtre à sable traditionnel de la filière « sable ».
- Le dispositif étudié de la filière « végétaux ».
- L'un des deux dispositifs étudiés de la filière « copeaux de coco ».

6. Les coûts de l'étude

Le coût total de cette étude conduite en multi partenariat et réalisée de 2011 à 2017 a été calculé afin de faire connaître l'engagement financier de l'ensemble des partenaires publics impliqués dans l'étude.

De plus, et si besoin, cette connaissance fournit les éléments utiles à l'évaluation financière de la poursuite de cette étude vis-à-vis des dispositifs agréés qui n'ont pas été suivis dans le cadre initial.

6.1. Estimation du coût de l'étude

Les partenaires de cette étude sont nombreux et leurs rôles sont mentionnés au Chapitre 1.4. Les coûts et financements portent sur des étapes différentes de l'étude selon les partenaires, à savoir :

- les 22 structures départementales (CD et SATESE) et les 48 SPANC en régie, qui ont réalisé les missions suivantes :
 - le travail d'animation pour mettre en œuvre le suivi *in situ* sur le terrain : choix des sites, présentation de l'étude aux particuliers volontaires, contractualisation avec les particuliers,
 - la réalisation des mesures de pollution *in situ* : déplacements sur les sites, équipement des points de mesure en matériel de métrologie pour les bilans 24 heures, prélèvement des échantillons moyens 24 heures ou prélèvements ponctuels, envoi des échantillons en laboratoires d'analyse,
 - les coûts d'analyses,
 - la participation des agents aux comités de suivi organisés par le Groupe National Public.
- les Agences de l'eau ont apporté un financement aux Conseils Départementaux et aux SPANC au titre de l'amélioration de la connaissance du fonctionnement des dispositifs de traitement en assainissement non collectif,
- l'Onema (Agence française pour la biodiversité depuis le 1^{er} Janvier 2017) a soutenu financièrement un programme d'actions de recherches réalisé par Irstea incluant l'élaboration d'un protocole de suivi des installations et la rédaction d'un guide de comparaison des installations d'ANC à l'échelon national à partir de l'analyse des données collectées à l'échelon local. L'Onema a également financé le Cerema pour la réalisation d'un suivi *in situ* des eaux usées traitées,
- l'AMRF a apporté également une contribution financière à Irstea.

Durant les sept années d'étude, 1 448 visites au total ont été réalisées. Parmi elles, 1 324 visites soit

- 879 prélèvements ponctuels,
- 305 bilans 24 heures et
- 20 bilans 24 heures sur 7 jours consécutifs

ont été réalisés par les CD et SPANC.

Les montants dépensés par les CD / SPANC pour réaliser ces visites avec analyses ont été de :

- 350 € HT par prélèvement ponctuel,
- 850 € HT par bilan 24 heures,
- 2 850 € HT par campagne de 7 jours consécutifs de bilans 24 heures.

Ces coûts indiqués pour les prélèvements ponctuels et bilans 24 heures, soit en une journée, soit pendant 7 jours consécutifs réalisés par les Conseils Départementaux (ou les SPANC) tiennent compte des frais de déplacement, du transport des échantillons, des frais d'analyse en laboratoire et du temps humain passé (temps de déplacement, installation matériel, rédaction de la fiche de visite et de prélèvement et saisie dans le fichier Excel).

Irstea et le Cerema ont réalisé un nombre total de 102 bilans 24 heures et 22 prélèvements ponctuels dont les coûts, intégrés dans une problématique plus large, n'ont pas été individualisés.

Les montants financiers de l'étude répartis par poste de travail sont mentionnés dans le Tableau 113.

Tableau 113 : Détail du coût de l'étude suivi in situ des installations d'ANC

Postes de travail et acteurs			Coût	Financeurs
Recueil de données	animation et contractualisation avec les particuliers	CD	118 800 € HT	Agences de l'eau CD
	prélèvements ponctuels	CD / SPANC	307 650 € HT	Agences de l'eau CD SPANC
	bilans 24 h	CD	259 250 € HT	Agences de l'eau CD
	campagne : 7 j consécutifs de bilans 24 h		57 000 € HT	
	contractualisation avec les particuliers, prélèvements bilans 24h	Cerema	98 000 € HT	AFB / Cerema
Alimentation de la base de données		CD	68 400 € HT	CD
Recueil de données, bibliographie. Traitement de données, méthodologies Animation / coordination Rédaction		Irstea	480 000 € HT	AFB / AMRF Irstea
Gouvernance de l'étude	Suivi de l'étude et préparation des comités de suivi	Irstea / Agences de l'eau AFB / AMRF	46 800 € HT	autofinancement
	Frais de déplacement et transport pour comités de suivi	Tous les acteurs	43 600 € HT	
TOTAL			1 479 500 € HT	

Le travail d'animation et de gouvernance de l'étude, aux différentes échelles territoriales (départementales, au niveau des quatre animateurs de secteurs définis pour cette étude et nationales) a été évalué à partir d'un décompte de nombre de jours de travail payés sur la base d'un salaire moyen mensuel (charges comprises) de 4500 €.

Les institutions publiques ont donc investi de l'ordre 1480 000 € HT dans cette problématique. L'étude s'étant déroulée de 2011 à 2017 inclus, son coût annuel est de l'ordre de 211 500 € HT pendant sept années.

6.2. Evaluation des coûts d'une éventuelle poursuite d'étude

Cette analyse des coûts de l'étude de sept ans permet de définir plus précisément les coûts d'une éventuelle poursuite pour les dispositifs qui n'ont pas fait l'objet d'un suivi dans le cadre de cette étude.

Les techniques de traitement de données par voie statistique identifient un effectif minimum de l'ordre de 30 valeurs par dispositif étudié. Cet effectif est volontairement accru de 10 % afin de tenir compte des valeurs non validées et supprimées du jeu de données final. Par dispositif, on retient donc un effectif minimum de 34 visites réparties pour moitié en prélèvements ponctuels et pour moitié en bilans 24 heures.

A ces frais de réalisation des mesures de pollution, s'ajoute le coût d'exploitation des résultats. Les méthodologies de recueil et de traitement de données ayant été élaborées dans le cadre de l'étude actuelle, le coût du traitement de données (rédaction comprise) est estimé à 150 € HT / visite. Pour un dispositif donné, sachant qu'il y a 34 résultats analytiques à traiter, le coût d'exploitation s'élève à près de 5 075 € HT par dispositif.

Ce coût d'un suivi *in situ* (Tableau 114) comprend les frais de réalisation de visites avec mesures de pollution (recueil des données) et les coûts d'exploitation des résultats analytiques obtenus (traitement des données et la rédaction des conclusions). Ce coût n'intègre pas la recherche des installations, ni l'éventuelle gouvernance d'une nouvelle étude.

Tableau 114 : Estimation du coût du suivi *in situ* d'un dispositif d'ANC

Postes de travail		Coût
Recueil de données : suivi <i>in situ</i>	prélèvements ponctuels	5 950 € HT
	bilans 24 h	14 450 € HT
Exploitation des résultats (traitement des données) et rédaction des conclusions		5 100 € HT
TOTAL		25 500 € HT

Ainsi, à partir des coûts observés durant cette étude, le coût du suivi *in situ* permettant de qualifier de façon fiable le niveau de qualité d'une eau usée traitée par un dispositif donné s'établit à 25 500 € HT.

7. Conclusion

Le suivi *in situ* des installations d'Assainissement Non collectif porte sur des dispositifs pour lesquels l'eau usée traitée est accessible pour un prélèvement au niveau d'un point de rejet localisé. L'étude a ainsi écarté les installations non drainées (utilisant le sol en place ou le sable). Les dispositifs sont très variés et nombreux : l'étude a porté sur 33 dispositifs différents classés en 13 filières appartenant elles même à trois familles de traitement : i) Cultures Fixées sur Support Fin (CFSF), ii) Cultures Fixées Immergées (CFI) et iii) Cultures Libres (CL).

L'objectif de l'étude est d'évaluer la qualité des eaux usées traitées par les installations dans leurs conditions réelles de fonctionnement. Elle analyse également la fréquence des opérations d'entretien « curatif » relevées sur les installations suivies et croise ces deux traitements de données pour une analyse conjointe.

Pour ce faire 1448 visites ont été réalisées sur 246 installations et des classes de qualité d'eaux usées traitées et d'acceptabilité des fréquences des opérations d'entretien « curatif » ont été élaborées.

Pour comparer statistiquement la qualité des eaux usées traitées, il a été créé un modèle original sous le logiciel R permettant d'identifier les effets des facteurs d'influence sur les distributions des paramètres chimiques analysés (MES, DBO₅, DCO et les paramètres azotés). 13 dispositifs sont ainsi identifiés comme ayant un impact statistiquement significatif sur la qualité des eaux usées traitées.

Les résultats des statistiques descriptives ont permis de classer selon 3 classes de qualité globale des eaux usées traitées (« acceptable », « médiocre » et « inacceptable ») :

- les 3 familles de traitement,
- 11 filières (les deux autres filières : « écorce de pin » de la famille des CFSF et « disques biologiques » de la famille des CFI sont d'un effectif insuffisant pour pouvoir qualifier la qualité de leurs eaux usées traitées),

21 dispositifs (les 12 autres n'ayant pas un effectif suffisant pour l'analyse statistique). sont présentés en Figure 134 ci-dessous.

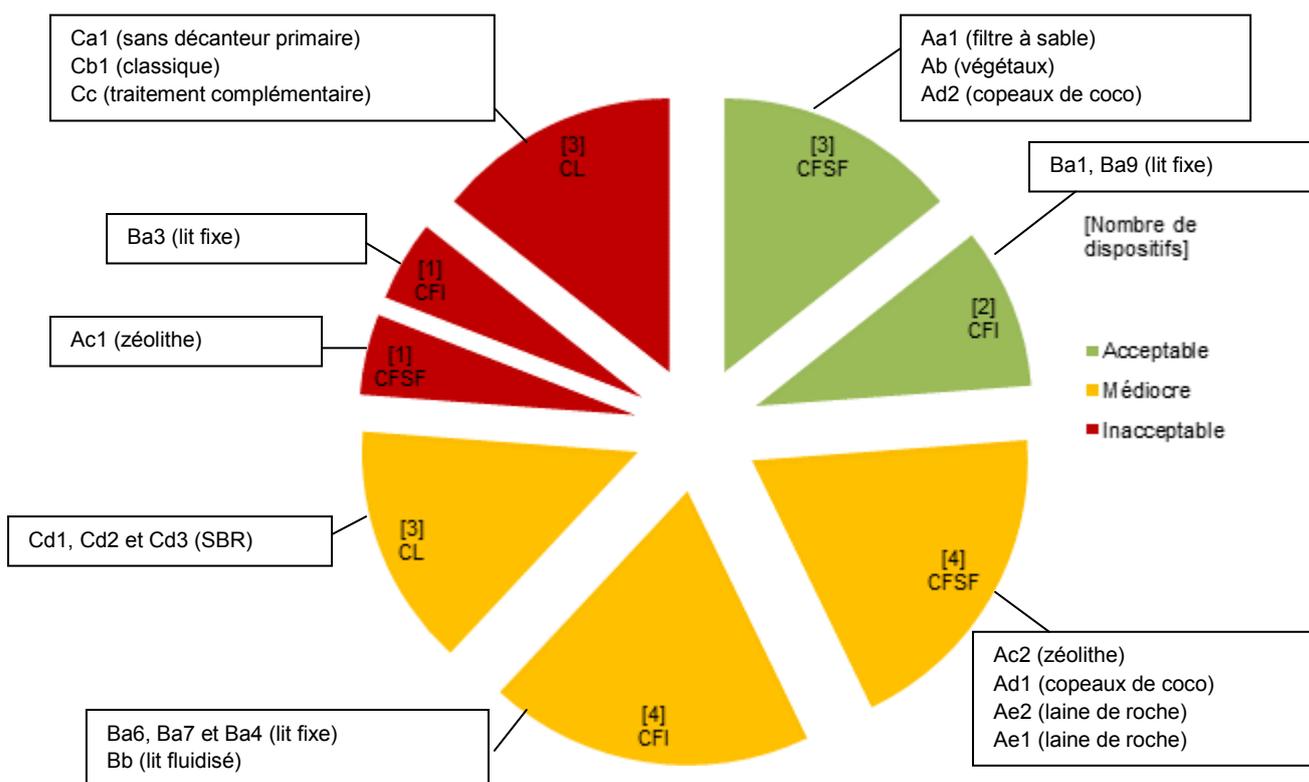


Figure 134 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de qualité globale

Cette analyse porte sur un dispositif traditionnel : le filtre à sable vertical drainé et 20 dispositifs agréés.

4 dispositifs agréés et le dispositif traditionnel délivrent une eau usée traitée de qualité globale « acceptable ».

20 % des dispositifs d'épuration agréés étudiés délivrent une eau usée de qualité « acceptable ».

80 % des dispositifs agréés étudiés délivrent une eau usée traitée de qualité « médiocre » à « inacceptable ».

Ensuite, l'analyse de la fréquence des opérations d'entretien « curatif » (hors entretien courant et vidange) a été conduite à l'aide de l'outil FISPRO de « logique floue » à partir des opérations répertoriées dans le cadre du suivi des installations et de règles d'acceptabilité de ces fréquences (« acceptable », « médiocre » et « inacceptable »).

Les résultats de cette analyse ont permis de classer selon les 3 classes d'acceptabilité de la fréquence d'entretien « curatif » :

- les 3 familles de traitement,
- 11 filières (les filières « écorces de pin » et « traitement complémentaire » n'ont pas été qualifiées faute d'un nombre d'installations suivies suffisant),
- 19 dispositifs d'effectif d'installations suffisant.

La fréquence des opérations d'entretien « curatif » de la famille des CFSF est qualifiée d'« acceptable », celles des familles des CFI et des CL sont qualifiées de « médiocre ».

Les qualifications par filière de la fréquence des opérations d'entretien « curatif » sont fournies ci-dessous.

- 4 des 5 filières de la famille des CFSF présentent une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« acceptable », la dernière correspond à une qualité « médiocre ».
- 2 des 3 filières de la famille des CFI ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée de « médiocre », la dernière est qualifiée d'« inacceptable ».
- 2 des 3 filières de la famille des CL ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'inacceptable, la dernière est qualifiée de « médiocre ».

Les résultats de la qualification de la fréquence des opérations d'entretien « curatif » sont mentionnés en Figure 135 pour 19 dispositifs.

Parmi les 19 dispositifs qualifiés :

- 7 des dispositifs ont une fréquence d'entretien « curatif » « acceptable » soit 37 %.
- 6 des dispositifs ont une fréquence d'entretien « curatif » « médiocre » soit 31,5 %.
- 6 des dispositifs une fréquence d'entretien « curatif » « inacceptable » soit 31,5 %.

C'est la famille des CFSF qui présente la plus grande proportion de dispositifs de fréquence d'entretien « curatif » acceptable. En effet, 70 % des dispositifs étudiés et qualifiés de la famille des CFSF ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée d'« acceptable ».

Dans la famille des CFI, seul 1 des 8 dispositifs qualifiés (soit 13 %) présente une fréquence d'entretien « curatif » « acceptable ». 50 % des dispositifs qualifiés de la famille des CFI ont une fréquence d'entretien « curatif » qualifiée de « médiocre » et 37 % ont une fréquence d'entretien qualifiée d'« inacceptable ».

Tableau 115 : Classe de qualité des eaux usées traitées des 11 filières

Famille	CFSF				
Filière	Sable	Végétaux	Copeaux de coco	Zéolithe	Laine de roche
Classe	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Médiocre	Médiocre

Famille	CFI		CL			
Filière	Lit fluidisé	Lit Fixe	SBR	Traitement complémentaire	Sans Décanteur	Classique
Note /10	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable

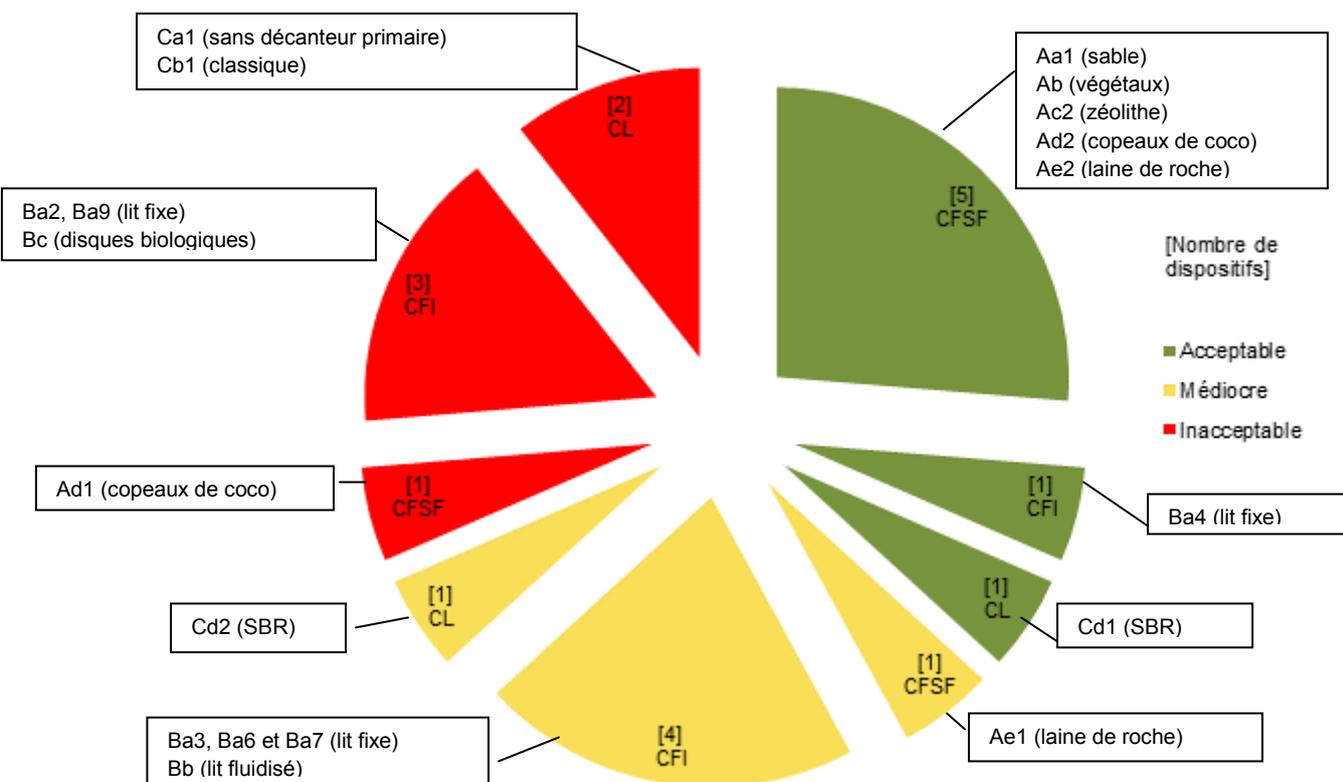


Figure 135 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de fréquence d'entretien

Dans la famille des CL, seul 1 des 4 dispositifs qualifiés (soit 25 %) présente une fréquence d'entretien « curatif » « acceptable », 25 % des dispositifs qualifiés de cette famille ont une fréquence d'entretien « curatif » « médiocre » et 50 % ont une fréquence d'entretien qualifiée d' « inacceptable ».

La technicité nécessaire au fonctionnement des dispositifs des familles des CFI et des CL génère le plus souvent une surveillance accrue et des opérations d'entretien « curatif » dont la fréquence est qualifiée de « médiocre » à inacceptable vis-à-vis de la référence fixée à dire d'expert (absence d'opération pendant 5 années consécutives).

Pour finir, la Figure 136 présente l'analyse conjointe des deux critères : qualité des eaux usées traitées et acceptabilité de la fréquence d'entretien « curatif » des 18 dispositifs pour lesquels les deux qualifications sont disponibles.

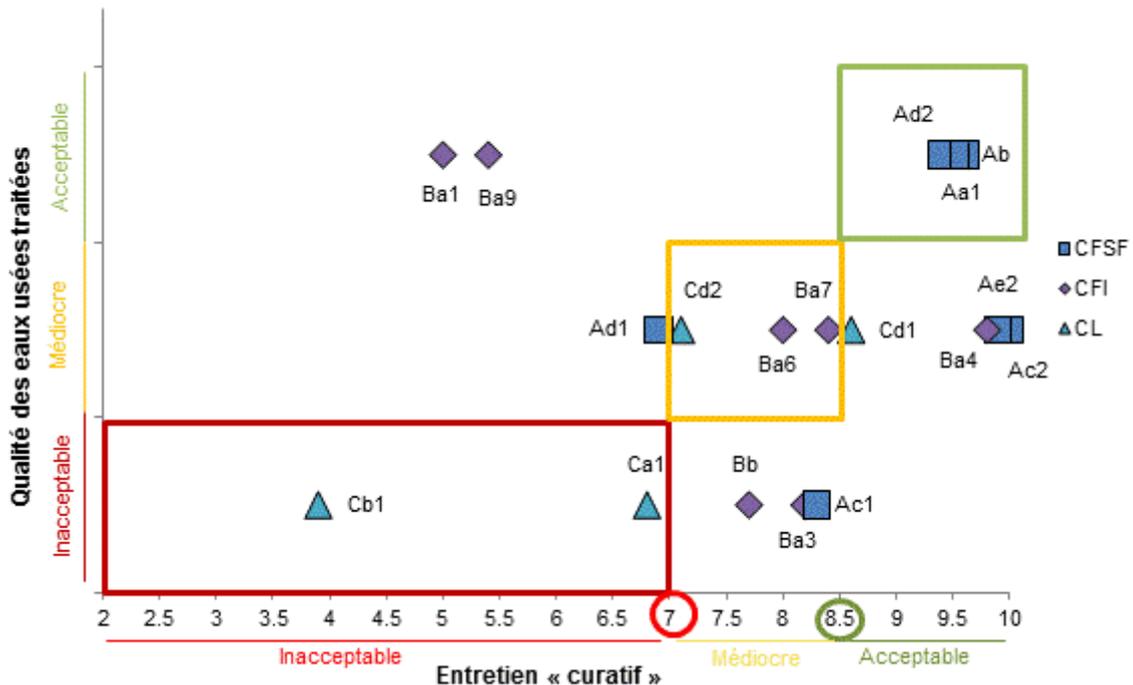


Figure 136 : Analyse conjointe de la qualité des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » des 18 dispositifs

Les dispositifs, qui obtiennent une classe de qualité des eaux usées traitées et de la fréquence d'entretien « curatif », toutes deux « acceptables », sont trois dispositifs de la famille CFSF :

- Le filtre à sable traditionnel de la filière « sable ».
- Le dispositif étudié de la filière « végétaux ».
- L'un des deux dispositifs étudiés de la filière « copeaux de coco ».

Suivent deux dispositifs de la filière « lit fixe » de la famille CFI : qualité « acceptable » mais fréquence d'entretien « curatif » « inacceptable ». Ces 5 dispositifs sont les seuls à délivrer une eau usée traitée de qualité « acceptable ».

Sur la base des critères retenus, 12 % des dispositifs agréés étudiés répondent au qualificatif d'« acceptable » à la fois vis-à-vis de la qualité des eaux usées traitées et de la fréquence d'entretien « curatif ».

À travers cette étude d'un coût global sur 7 ans de 1 479 500 € HT, le groupe national public « suivi *in situ* des installations d'assainissement non collectif » fournit des informations objectives sur la qualité des eaux usées traitées et l'entretien « curatif » de près d'une vingtaine de dispositifs d'ANC dans leurs conditions réelles de fonctionnement, qu'ils soient de type « agréé » ou « traditionnel ».

Cette étude donne un éclairage scientifique et technique destiné à alimenter la réflexion des responsables des politiques publiques exerçant une action de soutien auprès des citoyens concernés par l'assainissement non collectif. Cette étude, mise en ligne sur le site public d'Irstea⁵³ par le lien <http://cemadoc.irstea.fr/cemoa/PUB00054553>, est accessible à tous acteurs et toute personne intéressée par l'ANC.

⁵³ Sont également disponibles sous le même lien des documents associés, c'est-à-dire, une synthèse technique, un ensemble de 33 fiches techniques par dispositif, une synthèse tout public et la base de données.

8. Glossaire

Capacité nominale : capacité d'une installation définie par le constructeur (en lien avec l'habitat à assainir). Elle s'exprime en nombre d'Equivalent Habitant (EH) sachant qu'un EH correspond à la charge organique biodégradable ayant une demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO₅) de 60 grammes d'oxygène par jour (article R. 2224-6 du CGCT).

Ecart-type : il permet de mesurer la dispersion ou l'étalement de valeurs autour de la moyenne. L'écart-type correspond à la racine carrée de la variance.

Empirique : qui se base sur les données mesurées (ou collectées sur le terrain) et non pas sur un modèle paramétrique. On parle de distribution empirique ou de fonction de répartition empirique.

Fonction de maximum de vraisemblance : il s'agit d'ajuster une loi théorique à un échantillon. La vraisemblance mesure la « probabilité » que les observations soient effectivement issues de la distribution théorique retenue.

Loi centrée réduite : il s'agit d'une loi centrée en 0 (moyenne = 0) et d'écart-type 1. Dans le cas d'une loi normale centrée réduite, une variable X suit une loi normale centrée réduite si : $Y = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$, avec \bar{x} = moyenne de X et σ l'écart-type de X.

Taux de charge estimé : estimation exprimée en % de la capacité nominale et construite à partir d'un facteur correctif intégrant principalement le type de personnes présentes au foyer (adulte/enfant) et la durée de présence.

Taux de charge théorique : ratio entre la population présente (en habitants) et la charge nominale (en Equivalent Habitants). Par exemple, la présence de 2 adultes + 1 enfant, assimilée à 3 habitants, correspond de façon théorique à une pollution équivalente à 3 hab. Pour une installation ayant une capacité nominale de 4 EH, le taux de charge nominale théorique est le ratio : 3 / 4 soit 75 %.

Variables dépendantes : variables à expliquer, qui peuvent être des données mesurées ou enregistrées. Dans cette étude, il s'agit de la mesure des différents paramètres chimiques des rejets des installations d'ANC.

Variables explicatives ou facteurs d'influence: il s'agit des variables qui permettent d'expliquer la variation des valeurs observées de la variable dépendante.

9. Sigles & Abréviations

AC : Assainissement Collectif.

AFB : Agence française pour la biodiversité.

AMRF : Association des Maires Ruraux de France.

ANC : Assainissement Non Collectif.

Ascomade : Association des collectivités pour la maîtrise des déchets et de l'environnement.

Cerema : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

CD : Conseils Départementaux.

CERIB : Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton.

CFSF : Cultures Fixées sur Support Fin.

CFI : Cultures Fixées Immergées.

CL : Cultures Libres.

Cofrac : Comité français d'accréditation.

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

EH : Equivalent Habitant.

ETP : Equivalent Temps Plein.

GNP : Groupe National Public.

Inra : Institut national de la recherche agronomique.

Insee : Institut national de la statistique et des études économiques.

Irstea : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture.

LQ : Limite de Quantification.

MES : Matières En Suspension.

NK : Azote Kjeldhal.

N-NH₄⁺ : Azote ammoniacal.

N-NO₃⁻ : Azote nitrique.

Onema : Office national de l'eau et des milieux aquatiques.

RTT : Réduction du Temps de Travail.

SATAA : Service d'Assistance Technique à l'Assainissement Autonome.

SATANC : Service d'Assistance Technique à l'Assainissement Non Collectif.

SATESE : Service d'Assistance Technique à l'Exploitation des Stations d'Épuration.

SPANC : Service Public d'Assainissement Non Collectif.

SSAFIR : Suivi in Situ de l'Assainissement non collectif sur les Filières du Rhône.

WE : Week-End.

10. Bibliographie

Ayphassorho Hugues, Besson Aurélien, Lebental Bruno. (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, 92 p.

Conseil européen, Directive européenne relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (dir 91/271/CEE). JOCE du 30 mai 1991, p 40.

Dubois Vivien et Boutin Catherine, 2016. Les bandelettes : outil simple, rapide et économique pour évaluer les filières par cultures fixées sur support fin. L'eau, l'industrie, les nuisances, n° 392, p. 41-46

Dubois Vivien, à paraître en 2018. Les eaux usées émises par les particuliers : quantité et qualité. Rapport Onema « Thème : l'eau en espace urbanisé ».

Duchêne Philippe et Vanier Christian., 2002. Réflexion sur les paramètres de qualité exigés pour les rejets de stations d'épuration. Ingénieries- EAT, n°29, p 3-16.

Eme Claire et Boutin Catherine. 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 p + annexes.

Escoffier Brigitte et Pagès Jérôme (2016). Analyses factorielles simples et multiples ; objectifs, méthodes et interprétation, Dunod, Paris, 241 p.

Guillaume Serge et Charnomordic Brigitte.2011. Learning interpretable Fuzzy Inference Systems with FisPro, International Journal of Information Sciences, doi:10.1016/j.ins.2011.03.025 , 181(20), 4409-4427.

Hill Catherine, Analyse statistique des données de survie, Médecine-Sciences, Paris, 1999, ISBN 2257123107, 190 p.

Mbengue Ababacar, 2010, Faut-il brûler les tests de signification statistique ?, M@n@gement, 13-2, pp. 99-127.

Mercoiret Lea, 2010, Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités. Rapport Onema « Domaine : écotechnologie et pollution », 50 p + annexes.

Py Bernard, Statistiques Descriptives : Nouvelle méthode pour bien comprendre et réussir, Economica, Paris, 2007, ISBN 978-2717853896, 353 p.

R Development Core Team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.)

11. Table des illustrations

Figure 1 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon taux de charge et familles, du paramètre MES	8
Figure 2 : Nombre de filières par famille et par classe de qualité globale	10
Figure 3 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de qualité globale	12
Figure 4 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de fréquence d'entretien	14
Figure 5 : Analyse conjointe de la qualité des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » des dispositifs	15
Figure 6 : Représentation schématique des définitions : familles, filières, dispositifs.....	21
Figure 7 : Chronologie du nombre de visite par année et par acteur.....	24
Figure 8 : Nombre de visites et pourcentages associés par acteur fin 2016	25
Figure 9 : Nombre d'installations suivies par département pendant l'étude et pourcentages associés	25
Figure 10 : Répartition des installations par famille de procédés.....	26
Figure 11 : Date de mise en service des installations suivies	28
Figure 12 : Age des installations lors de la visite	29
Figure 13 : Capacités nominales des installations suivies	29
Figure 14 : Description statistique du taux de charge théorique (à gauche) et du taux de charge estimé (à droite) en pourcentage	43
Figure 15 : Représentation graphique des statistiques descriptives par une boîte à moustaches	45
Figure 16 : Description de la distribution du nombre d'heures passées devant la télévision par jour (à gauche) et zoom de 0 à 8 h (à droite)	46
Figure 17 : Comparaison de la distribution empirique des MES à une loi normale centrée réduite	47
Figure 18 : Comparaison de la distribution empirique des MES (en ln) à une loi normale	48
Figure 19 : Partitionnement de la variable d'entrée « âge de l'installation en fin de suivi ».....	54
Figure 20 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre MES (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	60
Figure 21 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre DBO ₅ (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	60
Figure 22 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO ₅ (ensemble des données).....	61
Figure 23 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon le taux de charge et par famille (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	65
Figure 24 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon taux de charge et familles, du paramètre MES	65
Figure 25 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon le taux de charge et par famille (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)	66
Figure 26 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon taux de charge et familles, du paramètre DCO	66
Figure 27 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO ₅ selon le type de prélèvement et par famille (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	67
Figure 28 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES pour la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	69
Figure 29 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO ₅ pour la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	69
Figure 30 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO ₅ (famille CFSF).....	69
Figure 31 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les filières de la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	75
Figure 32 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFSF, du paramètre MES	75
Figure 33 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les filières de la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)	76
Figure 34 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFSF, du paramètre DCO	76
Figure 35 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO ₅ selon les filières de la famille CFSF (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	77

Figure 36 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFSF, du paramètre DBO ₅	77
Figure 37 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES (deux dispositifs de la filière « laine de roche »)	78
Figure 38 : Répartition, dans chaque classe de qualité, du paramètre MES (deux dispositifs de la filière « laine de roche »)	78
Figure 39 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES pour la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	80
Figure 40 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO pour la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)	80
Figure 41 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO ₅ (famille CFI)	80
Figure 42 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les dispositifs de la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	84
Figure 43 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « lit fixe », du paramètre MES	84
Figure 44 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les dispositifs de la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)	85
Figure 45 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « lit fixe », du paramètre DCO	85
Figure 46 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO ₅ selon les dispositifs de la famille CFI (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	86
Figure 47 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « lit fixe », du paramètre DBO ₅	86
Figure 48 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	88
Figure 49 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO ₅ de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	88
Figure 50 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO ₅ (famille CL)	88
Figure 51 : Distribution des concentrations (mg/L) du paramètre MES selon les filières de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	92
Figure 52 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CL, du paramètre MES	92
Figure 53 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les filières de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)	93
Figure 54 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CL, du paramètre DCO	93
Figure 55 : Distribution des concentrations(en mg/L) du paramètre DBO ₅ selon les filières de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	94
Figure 56 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CL, du paramètre DBO ₅	94
Figure 57 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK des filières nitrifiantes	98
Figure 58 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ des filières nitrifiantes ...	98
Figure 59 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ des filières nitrifiantes	98
Figure 60 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des paramètres azotés des filières nitrifiantes	98
Figure 61 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK pour les dispositifs nitrifiants	105
Figure 62 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ pour les dispositifs nitrifiants	105
Figure 63 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ pour les dispositifs nitrifiants	106
Figure 64 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ pour les dispositifs nitrifiants et selon l'âge	106
Figure 65 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, des paramètres caractéristiques de l'azote	106
Figure 66 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les dispositifs de la filière « sable »	107

Figure 67 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ selon les dispositifs de la filière « sable »	107
Figure 68 : Distribution des concentrations	107
Figure 69 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « sable », des paramètres caractéristiques de l'azote	108
Figure 70 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ selon les deux dispositifs de la filière « zéolithe » et le taux de charge	109
Figure 71 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « zéolithe », des paramètres caractéristiques de l'azote	109
Figure 72 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre chimique N-NO ₃ ⁻ selon les dispositifs de la filière « copeaux de coco »	110
Figure 73 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « copeaux de coco », des paramètres caractéristiques de l'azote	110
Figure 74 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants	111
Figure 75 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants	111
Figure 76 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des paramètres azotés des filières dénitrifiantes	112
Figure 77 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre chimique NK selon les familles	117
Figure 78 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre chimique NK selon les familles et le taux de charge	117
Figure 79 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ selon les familles	117
Figure 80 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ selon les familles et le taux de charge	117
Figure 81 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ selon les familles	118
Figure 82 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ selon les familles et le taux de charge	118
Figure 83 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles nitrifiants-dénitrifiants, des paramètres caractéristiques de l'azote	118
Figure 84 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les dispositifs de la filière « lit fixe »	120
Figure 85 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les dispositifs de la filière « lit fixe » et le taux de charge	120
Figure 86 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ selon les dispositifs de la filière « lit fixe »	121
Figure 87 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ selon les dispositifs de la filière « lit fixe »	121
Figure 88 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ selon les dispositifs de la filière « lit fixe » et le taux de charge	121
Figure 89 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs de la filière « lit fixe », des paramètres caractéristiques de l'azote	122
Figure 90 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les familles (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	126
Figure 91 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, du paramètre chimique MES	126
Figure 92 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les familles (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)	127
Figure 93 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, du paramètre chimique DCO	127
Figure 94 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO ₅ selon les familles (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	128
Figure 95 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, du paramètre chimique DBO ₅	128
Figure 96 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les familles	129
Figure 97 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ selon les familles	129
Figure 98 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ selon les familles	129
Figure 99 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, des paramètres azotés ..	129
Figure 100 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les filières (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	132

Figure 101 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, du paramètre MES	134
Figure 102 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les filières (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)	134
Figure 103 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, du paramètre DCO	134
Figure 104 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO ₅ selon les filières (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	134
Figure 105 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, du paramètre chimique DBO ₅	134
Figure 106 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les filières	135
Figure 107 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ selon les filières	135
Figure 108 : Distribution des concentrations (en mg/L)	135
Figure 109 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières, des paramètres azotés... ..	135
Figure 110 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les dispositifs (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)	140
Figure 111 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, du paramètre chimique MES	140
Figure 112 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les dispositifs (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)	141
Figure 113 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, du paramètre chimique DCO.....	142141
Figure 114 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO ₅ selon les dispositifs (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)	142
Figure 115 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, du paramètre chimique DBO ₅	142
Figure 116 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les dispositifs.....	143
Figure 117 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NH ₄ ⁺ selon les dispositifs ...	143
Figure 118 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre N-NO ₃ ⁻ selon les dispositifs ..	144
Figure 119 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, des paramètres azotés	146
Figure 120 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de qualité.....	146
Figure 121 : Répartition des installations par famille selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif ».....	150
Figure 122 : Répartition des installations par filière selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif ».....	152
Figure 123 : Répartition des installations des CFSF par dispositif selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif »	154
Figure 124 : Répartition des installations des CFI par dispositif selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif »	155
Figure 125 : Répartition des installations des CL par dispositif selon leurs fréquences « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » de l'entretien « curatif »	155
Figure 126 : Nombre de dispositifs dont les notes de l'entretien « curatif » sont « acceptable », « médiocre » ou « inacceptable » selon les familles	156
Figure 127 : Analyse conjointe de la qualité globale des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » des 3 familles.....	157
Figure 128 : Notes d'entretien « curatif » de 11 filières par ordre décroissant	159
Figure 129 : Analyse conjointe de la qualité globale des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » de 10 filières	159
Figure 130 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de qualité globale	161
Figure 131 : Notes d'entretien « curatif » des 19 dispositifs par ordre décroissant	162
Figure 132 : Nombre de dispositifs par famille et par classe d'acceptation de fréquence d'entretien « curatif »	163
Figure 133 : Analyse conjointe de la qualité des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » de 18 dispositifs	164
Figure 134 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de qualité globale	170
Figure 135 : Nombre de dispositifs par famille et par classe de fréquence d'entretien	172
Figure 136 : Analyse conjointe de la qualité des eaux usées traitées et de l'entretien « curatif » des 18 dispositifs	173

Tableau 1 : Facteurs d'influence statistiquement significatifs et paramètres dont les distributions sont impactées	7
Tableau 2 : Définition des trois classes de qualité retenues pour l'étude en termes de concentration en mg/L par paramètre	7
Tableau 3 : Définition des trois classes de d'acceptabilité des fréquences d'entretien « curatif » selon les notes	13
Tableau 4 : Nombre de visites et d'installations pour chaque dispositif suivi dans le cadre du suivi in situ	27
Tableau 5 : Nombre d'installations, de visites et de prélèvements par famille	34
Tableau 6 : Origine de l'absence de validation des données par famille parmi 1407 prélèvements	36
Tableau 7 : Nombre d'installations, visites et prélèvements par familles et ensemble	36
Tableau 8 : Limites de quantification retenues	37
Tableau 9 : Nombre de données harmonisées	37
Tableau 10 : Exemple de calcul de la période de suivi de l'entretien d'une installation	38
Tableau 11 : Nombre d'installations analysées pour l'entretien « curatif » et la vidange	39
Tableau 12 : Activités des personnes générant les eaux usées à traiter par l'installation de l'habitation	41
Tableau 13 : Détermination du facteur correctif de charge	42
Tableau 14 : Taux de charge théorique et le taux de charge estimé (% de la capacité nominale)	42
Tableau 15 : Mesures statistiques fournies par la représentation graphique en boîte à moustaches et analyse de la dispersion	46
Tableau 16 : Exemple de codage des variables explicatives par des variables indicatrices	49
Tableau 17 : Exemple d'un ensemble de référence et des variables explicatives testées	50
Tableau 18 : Exemple de 2 tests successifs permettant d'identifier les effets significatifs et non significatifs des variables explicatives	50
Tableau 19 : Rappel du nombre d'installations validées pour le traitement des données commentées	52
Tableau 20 : Variables d'entrée des deux systèmes étudiés	53
Tableau 21 : Partition des variables d'entrée pour les deux systèmes	54
Tableau 22 : Règles « floues » pour le degré d'acceptabilité des fréquences des opérations d'entretien « curatif »	55
Tableau 23 : Règles « floues » pour le degré d'acceptabilité des fréquences des opérations de vidange selon les trois classes du taux de charge	56
Tableau 24 : Exemple des notes inférées et arrondies calculées par l'outil pour un dispositif	57
Tableau 25 : Concentrations réglementaires et concentrations retenues (en mg/L) pour le suivi in situ	58
Tableau 26 : Définition des trois classes de qualité en termes de concentration (en mg/L) par paramètre caractéristique de la matière organique	58
Tableau 27 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO ₅ en mg/L (vue d'ensemble)	59
Tableau 28 : Identification des facteurs d'influence (dont famille) sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO ₅	61
Tableau 29 : Quantification de l'influence du type de prélèvement sur les médianes du paramètre DBO ₅	62
Tableau 30 : Quantification de l'influence des familles sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO ₅	62
Tableau 31 : Quantification de l'influence du taux de charge sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO ₅	62
Tableau 32 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO ₅ (en mg/L) selon les familles et le taux de charge	63
Tableau 33 : Concentrations du paramètre DBO ₅ (en mg/L) selon les familles et le type de prélèvement	64
Tableau 34 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO ₅ en mg/L (famille CFSF)	68
Tableau 35 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la famille CFSF) sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO ₅	70
Tableau 36 : Quantification de l'influence des cinq filières de la famille CFSF sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO ₅	70
Tableau 37 : Nombre de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO ₅ selon les trois dispositifs de la filière « sable »	71
Tableau 38 : Nombres de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO ₅ selon les deux dispositifs de la filière « zéolithe »	71

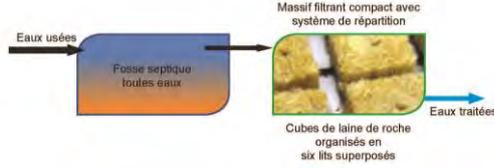
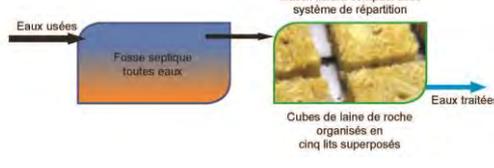
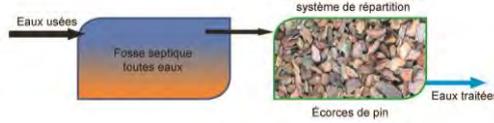
Tableau 39 : Nombres de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO ₅ selon les deux dispositifs de la filière « copeaux de coco »	72
Tableau 40 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « copeaux de coco ») sur la concentration des paramètres MES et DCO	72
Tableau 41 : Quantification de l'influence de l'âge sur les médianes du paramètre DCO	72
Tableau 42 : Nombres de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO ₅ selon les deux dispositifs de la filière « laine de roche »	72
Tableau 43 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « laine de roche ») sur la concentration des paramètres MES et DCO	73
Tableau 44 : Quantification de l'influence des deux dispositifs de la filière « laine de roche » sur les médianes du paramètre MES	73
Tableau 45 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO ₅ (en mg/L) selon les cinq filières de la famille des CFSF	74
Tableau 46 : Concentration du paramètre MES (en mg/L) selon les deux dispositifs de la filière « laine de roche »	78
Tableau 47 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO ₅ en mg/L (famille CFI)	79
Tableau 48 : Identification des facteurs d'influence (dont filières de la famille CFI) sur la concentration des paramètres MES et DCO	81
Tableau 49 : Nombre de valeurs des paramètres chimiques MES, DCO et DBO ₅ selon les neuf dispositifs de la filière « lit fixe »	82
Tableau 50 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « lit fixe ») sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO ₅	82
Tableau 51 : Quantification de l'influence des six dispositifs de la filière « lit fixe » sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO ₅	82
Tableau 52 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO ₅ (en mg/L) selon les six dispositifs de la filière « lit fixe »	83
Tableau 53 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO ₅ en mg/L (famille CL)	87
Tableau 54 : Identification des facteurs d'influence (dont filières de la famille CL) sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO ₅	89
Tableau 55 : Quantification de l'influence des quatre filières de la famille CL sur les médianes des paramètres MES, DCO et DBO ₅	89
Tableau 56 : Nombre de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO ₅ selon les deux dispositifs de la filière « sans décanteur primaire »	90
Tableau 57 : Nombre de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO ₅ selon les trois dispositifs de la filière « classique »	90
Tableau 58 : Nombre de valeurs des paramètres MES, DCO et DBO ₅ selon les 5 dispositifs de la filière « SBR »	90
Tableau 59 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « SBR » de la famille CL) sur la concentration des paramètres MES, DCO et DBO ₅	90
Tableau 60 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO ₅ (en mg/L) selon les quatre filières de la famille CL	91
Tableau 61 : Facteurs ayant un impact statistiquement significatif et paramètres dont les distributions sont impactés	95
Tableau 62 : Définition des classes de qualité en mg/L en fonction des paramètres azotés	97
Tableau 63 : Concentrations des paramètres NK, NNH_4^+ et NNO_3^- (en mg/L) des filières nitrifiantes	97
Tableau 64 : Identification des facteurs d'influence (dont filières des dispositifs nitrifiants) sur la concentration des paramètres NK, N-NH_4^+ et N-NO_3^-	99
Tableau 65 : Quantification de l'influence des filières sur les médianes des paramètres NK, N-NH_4^+ et N-NO_3^-	99
Tableau 66 : Quantification de l'influence de l'âge sur les médianes du paramètre N-NO_3^-	100
Tableau 67 : Quantification de l'influence du taux de charge sur les médianes des paramètres NK et N-NH_4^+	100
Tableau 68 : Nombre de valeurs des paramètres NK, N-NH_4^+ et N-NO_3^- selon les trois dispositifs de la filière « sable »	100
Tableau 69 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « sable ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH_4^+ et N-NO_3^-	101
Tableau 70 : Quantification de l'influence des dispositifs sur les médianes des paramètres NK, N-NH_4^+ et N-NO_3^-	101
Tableau 71 : Nombre de valeurs des paramètres NK, N-NH_4^+ et N-NO_3^- selon les deux dispositifs de la filière « zéolithe »	101

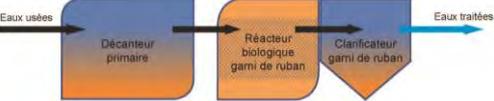
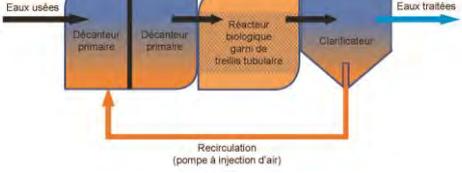
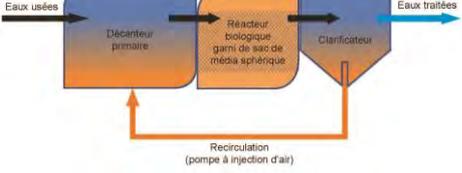
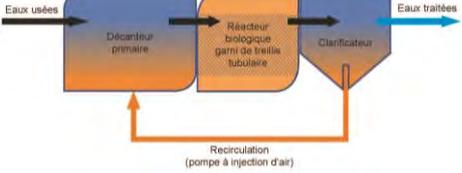
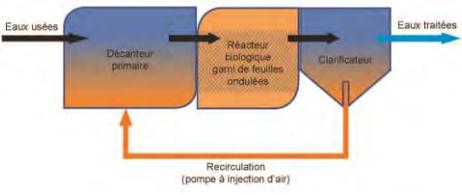
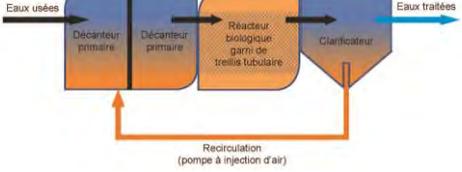
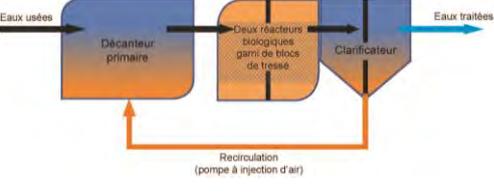
Tableau 72 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « zéolithe ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	101
Tableau 73 : Quantification de l'influence des deux dispositifs sur les médianes du paramètre N-NO ₃ ⁻	102
Tableau 74 : Quantification de l'influence du taux de charge sur les médianes des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	102
Tableau 75 : Nombre de valeurs des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻ selon les deux dispositifs de la filière « copeaux de coco ».....	102
Tableau 76 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « copeaux de coco ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	103
Tableau 77 : Quantification de l'influence des deux dispositifs sur les médianes du paramètre N-NH ₄ ⁺	103
Tableau 78 : Nombre de valeurs des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻ selon les deux dispositifs de la filière « laine de roche ».....	103
Tableau 79 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « laine de roche ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	103
Tableau 80 : Concentrations du paramètre N-NO ₃ ⁻ (en mg/L) selon les filières nitrifiantes et l'âge ...	104
Tableau 81 : Concentrations des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻ (en mg/L) selon les dispositifs	107
Tableau 82 : Concentrations du paramètre N-NO ₃ ⁻ (en mg/L) selon les deux dispositifs de la filière « zéolithe » et le taux de charge.....	108
Tableau 83 : Concentrations du paramètre N-NH ₄ ⁺ (en mg/L) selon les deux dispositifs de la filière « copeaux de coco ».....	109
Tableau 84 : Concentration (en mg/L) des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻ des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants.....	111
Tableau 85 : Identification des facteurs d'influence (dont filières des dispositifs nitrifiants-dénitrifiants) sur la concentration des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	112
Tableau 86 : Quantification de l'influence des familles sur la concentration des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	112
Tableau 87 : Identification des facteurs d'influence (dont filières « lit fixe » et « lit fluidisé ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	113
Tableau 88 : Identification des facteurs d'influence (dont filières des dispositifs dénitrifiants-dénitrifiants) sur la concentration des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	113
Tableau 89 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « lit fixe ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	114
Tableau 90 : Quantification de l'influence des dispositifs sur les médianes du paramètre N-NO ₃ ⁻	114
Tableau 91 : Quantification de l'influence du taux de charge sur les médianes des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	115
Tableau 92 : Identification des facteurs d'influence (dont dispositifs de la filière « SBR ») sur la concentration des paramètres NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻	115
Tableau 93 : Concentrations des paramètres chimiques NK, N-NH ₄ ⁺ et N-NO ₃ ⁻ (en mg/L) selon les familles et le taux de charge.....	116
Tableau 94 : Concentrations des paramètres chimiques NK et N-NO ₃ ⁻ (en mg/L) selon les six dispositifs de la filière « lit fixe » et le taux de charge.....	119
Tableau 95 : Concentrations du paramètre chimique N-NH ₄ ⁺ (en mg/L) selon les six dispositifs de la filière « lit fixe » et le taux de charge.....	119
Tableau 96 : Facteurs ayant un impact statistiquement significatif et paramètres dont les distributions sont impactés.....	123
Tableau 97 : Paramètres MES, DCO, DBO ₅ et formes azotées des trois familles.....	125
Tableau 98 : Classes de qualité des eaux usées traitées des trois familles.....	130
Tableau 99 : Paramètres MES, DCO, DBO ₅ et formes azotées des filières.....	130
Tableau 100 : Classes de qualité des eaux usées traitées des 11 filières.....	136
Tableau 101 : Paramètres MES, DCO, DBO ₅ et formes azotées des huit dispositifs de la famille des CFSF.....	138
Tableau 102 : Paramètres chimiques MES, DCO, DBO ₅ et formes azotées des sept dispositifs de la famille des CFI.....	138
Tableau 103 : Paramètres MES, DCO, DBO ₅ et formes azotées des sept dispositifs de la famille des CL.....	139
Tableau 104 : Classes de qualité des eaux usées traitées des 21 dispositifs.....	145
Tableau 105 : Liste des opérations d'entretien « curatif » selon la famille, la filière et le dispositif....	147

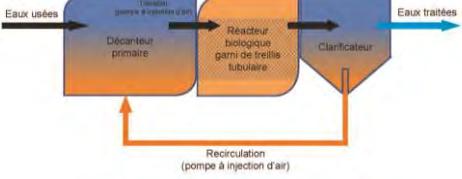
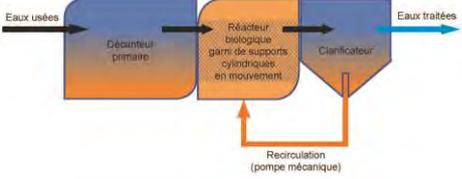
Tableau 106 : Règles « floues » pour le degré d'acceptabilité des fréquences des opérations d'entretien « curatif » selon l'âge des installations	149
Tableau 107 : Analyse des opérations d'entretien « curatif » par la logique floue pour les 3 familles	150
Tableau 108 : Analyse des opérations d'entretien «curatif» par la logique floue pour les 13 filières .	151
Tableau 109 : Analyse des opérations d'entretien « curatif » par la logique floue des 33 dispositifs.	153
Tableau 110 : Qualification de la qualité globale des eaux usées traitées des trois familles	157
Tableau 111 : Note et qualification de la fréquence de l'entretien « curatif » pour les 3 familles	157
Tableau 112 : Classes de la qualité des eaux usées traitées de 11 filières	158
Tableau 113 : Détail du coût de l'étude suivi in situ des installations d'ANC	167
Tableau 114 : Estimation du coût du suivi in situ d'un dispositif d'ANC.....	168
Tableau 115 : Classe de qualité des eaux usées traitées des 11 filières	171

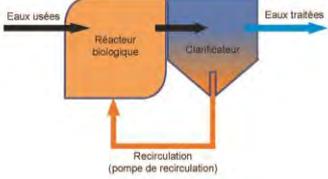
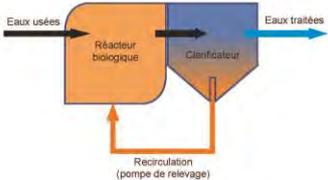
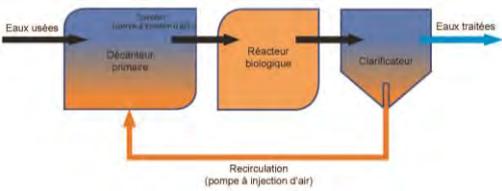
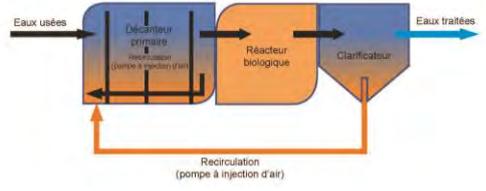
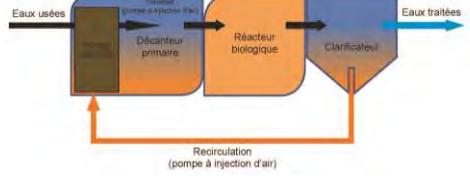
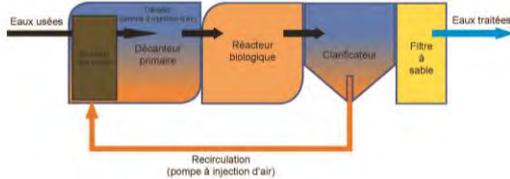
Annexe 1 : Schémas descriptifs des 33 dispositifs

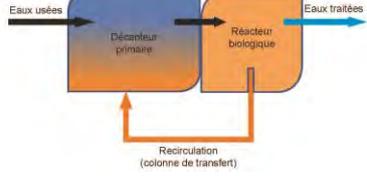
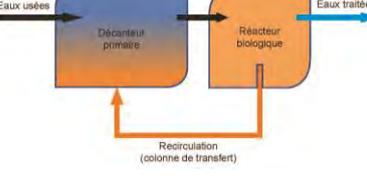
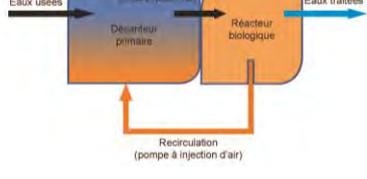
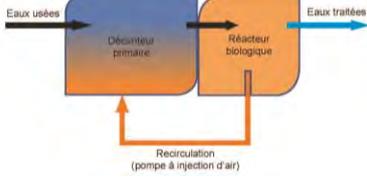
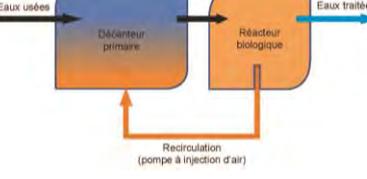
Famille A	Filières	Dispositifs	Schémas
Cultures Fixées sur Support Fin : CFSF	Média : sable (a)	Aa1	
		Aa2	
		Aa3	
	Avec végétaux (b)	Ab	
	Média : zéolithe (c)	Ac1	
	Ac2		
	Média : copeaux de coco (d)	Ad1 (0,6-0,7 m ² /EH) Ad2 (0,8-0,9 m ² /EH)	

Famille A	Filières	Dispositifs	Schémas
Cultures Fixées sur Support Fin : CFSF	Média : laine de roche (e)	Ae1	
	Média : laine de roche (e)	Ae2	
	Média : écorces de pin (f)	Af	

Famille B	Filières	Dispositifs	Schémas
Cultures Fixées Immersées CFI	Lit fixe (a)	Ba1	<p>2 cuves parallélépipédiques à axe horizontal en béton ou en polyéthylène ; aérateurs à membrane sous forme de tube</p> 
		Ba2	<p>3 cuves parallélépipédiques à axe horizontal en polyéthylène ; aérateurs à membrane sous forme de tube ou de plateau</p> 
		Ba3	<p>1 cuve sphérique à axe vertical en polyéthylène ; aérateurs à membrane sous forme de tube</p> 
		Ba4	<p>1 cuve parallélépipédique à axe horizontal en béton ; aérateurs à membrane sous forme de disque</p> 
		Ba5	<p>1 cuve cylindrique à axe vertical en polyéthylène ou béton ou polypropylène ; aérateurs à membrane sous forme de tube</p> 
		Ba6	<p>1 cuve cylindrique à axe horizontal en polyester armé renforcé de fibre de verre ; aérateurs à membrane sous forme de tube</p> 
		Ba7	<p>1 cuve cylindrique à axe vertical en polyéthylène et polyuréthane ; aérateurs à membrane sous forme de tube</p> 
		Ba8	<p>1 cuve parallélépipédique à axe horizontal en polyéthylène + 1 cuve cylindrique à axe vertical en polyéthylène ; aérateurs à membrane sous forme de tube</p> 

Famille B	Filières	Dispositifs	Schémas
Cultures Fixées Immergées CFI	Lit fixe (a)	Ba9	<p>1 cuve cylindrique à axe vertical en béton ; aérateurs à membrane sous forme de tube</p> 
	Lit fluidisé (b)	Bb1	<p>1 cuve parallélépipédique à axe horizontal en polyéthylène ; aérateurs à membrane sous forme de disque</p> 
	Disques biologiques (c)	Bc1	<p>1 cuve cylindrique à axe vertical en polyester armé renforcé de fibre de verre ; alternance de phase aérée et immergée par rotation des disques</p> 

Famille C	Filières	Dispositifs	Schémas
Cultures Libres CL	Sans décanteur primaire (a)	Ca1	<p>1 cuve cylindrique à axe vertical en polyester renforcé de fibre de verre ; aérateur à membrane sous forme de disque</p> 
		Ca2	<p>1 cuve parallélépipédique à base tronconique en polyéthylène haute densité ; aérateur sous forme de turbine</p> 
	Filière classique (b)	Cb1	<p>3 cuves cylindriques à axe vertical en polyéthylène copolymère haute performance ; aérateurs à membrane sous forme de tube</p> 
		Cb2	<p>1 cuve cylindrique à axe vertical en polypropylène ; aérateurs à membrane sous forme de tube</p> 
		Cb3	<p>1 cuve rectangulaire en polypropylène ; aérateur à membrane sous forme de tube</p> 
	Traitement complé mentaire (c)	Cc	<p>1 cuve rectangulaire en polypropylène ; aérateur à membrane sous forme de tube</p> 

Famille C	Filières	Dispositifs	Schémas
CL Cultures Libres	SBR (d)	Cd1	<p>1 cuve cylindrique à axe horizontal en polypropylène ; aérateur à membrane sous forme de disque</p> 
		Cd2	<p>2 cuves cylindriques à axe horizontal en polypropylène ; aérateur à membrane sous forme de disque</p> 
		Cd3	<p>1 cuve cylindrique à axe horizontal en polyéthylène ; aérateur à membrane sous forme de tube</p> 
		Cd4	<p>1 cuve cylindrique à axe horizontal en polyéthylène ou une cuve octogonale à axe vertical en béton; aérateur à membrane sous forme de tube</p> 
		Cd5	<p>2 cuves parallélépipédiques à axe horizontal en polyéthylène haute densité; aérateur à membrane sous forme de disque</p> 

Annexe 2 : Fiche descriptive pour les CFSF

Référence de l'installation :

Renseignements généraux :

Département du lieu de l'installation :
SPANC :
Date de mise en service de l'installation :
Capacité nominale (EH) :

Photo
Installation

Caractéristiques de l'habitation et de ses habitants :

Nombre d'habitations raccordées :

Type d'habitation(s) :

Nombre de pièces principales ou nombre d'EH :

Nombre d'habitants total :

Nombre d'habitants permanents :

Nombre d'habitants secondaires :

Nombre d'habitants saisonniers ou touristes :

Activité : **Salariée à l'extérieur (nbre) :**
 Salariée sur place et type d'activité (nbre) :

 Salariée à mi-temps (nbre) :

 Retraitée (nbre) :

 Secondaires (nbre et période de présence) :

 Saisonniers ou touristes (nbre et période de présence) :

 Enfant externe présent midi, soir et week-end (nbre) :

 Enfant interne présent uniquement le week-end (nbre) :

 Enfant ½ pension présent soir et week-end (nbre) :

 Enfant 1 week-end sur 2 (nbre) :

Jours et heures de disponibilité de l'occupant :

Photo FTE

Volume d'eau consommée annuellement : m³

Habitude de consommation d'eau (bain, douche, ...) :

Usage autre que domestique (arrosage, lavage voiture, ...) :

Caractéristiques techniques de la filière :

Collecte des eaux usées

Présence d'un regard en amont équipable :

Prétraitement

Nature :

Fabricant :

Matériau et descriptif :

Dimensionnement :

Nombre de tampons accessibles :

Présence et type de préfiltre intégré :

Ventilation :

Photo filtre

Traitement

Nature et dénomination de la filière :

N° d'agrément :

Fabricant :

Descriptif :

Dimensionnement :

Présence de géotextile, géogrille, géomembrane :

Mode d'aération du filtre :

Photo
Point de prélèvement
n°1

Évacuation des eaux usées traitées

Mode d'évacuation :

Dimensionnement :

Position et numéro du (des) points de prélèvement (photos)

Point n°1 :

Point n°2 :



N° INSTALLATION:

CAPACITE (EH):

Date mise en service:

SUIVI SPANC

Contexte du prélèvement :

Date du prélèvement (jj/mm/aaaa):.....

Heure du prélèvement (heure début/heure fin pour prélèvement 24H):.....

Nom du préleveur:.....

Position du point de prélèvement: 1 2 3 *Obs:*.....

Mode de prélèvement: Ponctuel 24H Autres :.....

Si Ponctuel: Vol(L):..... Nombre flacons utilisés.....

Si 24H: Prélèvement en amont en aval de.....ml toutes les.....min soit.....échantillons

Si 24H: Débit d'entrée théoriquem³/h Débit en sortie..... m³/h

Temps de conservation entre le prélèvement et le transport jusqu'au labo:.....

Météo actuelle : Ensoleillé Sec Couvert Pluie Pluie d'orage Neige Gel

Obs:.....

Météo veille : Ensoleillé Sec Couvert Pluie Pluie d'orage Neige Gel

Qualité du rejet :

Aspect échantillon: Translucide Trouble Opaque *Obs:*.....

MES : non Un peu Beaucoup *Obs:*.....

Couleur échantillon: Brun Jaune Vert Blanc *Obs:*.....

Odeur échantillon: Non Oui *Obs:*.....

Lecture bandelettes: NH₄⁺:.....mg/L

NO₂⁻:.....mg/L Ajout d'acide:oui non NO₃⁻:.....mg/L

Ex: Lecture NH₄⁺ comprise entre 10 et 25 mais plus proche de 25 soit 21,25 d'après la méthode d'utilisation

Tests terrain: pH:..... ; O₂:..... mg/L ; Potentiel redox:.....mV

Tests terrain: T:.....°C ; Si 24H: Consommation d'eau relevée au compteur:.....L/j

Observations particulières pouvant influencer l'interprétation des résultats physico-chimiques:

non oui *Obs:*.....

Etat visuel et technique de la filière: traitement primaire:

Etat général de fonctionnement: Très bon Bon Mauvais Très mauvais

Obs:

Mesure de boues:.....cm Position point de mesure:..... Hauteur d'eau totale :.....cm

Obs:.....

Présence de corrosion: non Un peu Beaucoup *Obs:*.....

Couverture végétale uniforme: oui non *Obs:*.....

Dysfonctionnement : non mineur majeur *Obs:*.....

Impact olfactif: non oui *Obs:*.....

Etat visuel et technique de la filière: traitement et évacuation

Etat général de fonctionnement: Très bon Bon Mauvais Très mauvais

Obs:.....

Distribution équilibrée au niveau du regard de répartition: oui non

Obs:.....

Couverture végétale uniforme: oui non *Obs:*.....

Relevé d'écoulement préférentiel dans le massif filtrant ou signes de colmatage: oui non

Obs:.....

Présence de filaments blancs: non Un peu Beaucoup *Obs:*.....

Dysfonctionnement: non mineur majeur *Obs:*.....

Impact olfactif: non oui *Obs:*.....

Aération du filtre: Très bonne Bonne Mauvaise Très mauvaise *Obs:*.....

Etat de l'exutoire: présence de dépôt non oui *Obs:*.....

Suivi de l'entretien :

Etat général d'entretien de l'installation: Très bon Bon Mauvais Très mauvais

Obs:.....

QUESTIONS A L'USAGER

Changement d'occupants depuis la dernière campagne: oui non ; si oui nombre d'occupants:.....

Nombre d'occupants lors du prélèvement: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 Autres:.....

Nombre d'occupants la veille du prélèvement: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 Autres:.....

Obs:.....

Modification de la consommation d'eau : non oui *Obs:*.....

Impact olfactif de l'installation : non oui parfois *Obs:*.....

Observations diverses :

Entretien :

Contrat d'entretien : oui non *Obs:*.....

Date de la dernière visite d'entretien:..... *Obs:*.....

Opération d'entretien : oui (remplir le tableau ci-dessous)

Aucune opération d'entretien depuis la dernière campagne (questionnaire terminé)

	Filières particulières concernées	Non	Oui	Date (jj/mm/aaaa)	Commentaire
Vidange		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Nettoyage préfiltre		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Nettoyage regards de visites		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Nettoyage auget ou chasse	Filtres coco AUTOEPUR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Entretien rampes de répartition	COMPACT'o ST2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Scarification du lit de coco	Filtres coco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Faucardage des filtres	Filtres plantés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Curage du 1er étage	Jardin d'assainissement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Renouvellement du média	Filtres coco, zéolite, laine de roche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Changement unités septodiff	Septodiffuseur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Autres:.....

Annexe 4 : Estimation de la charge réelle à traiter par l'estimation de la charge organique (DCO) journalière

Aucun prélèvement d'eaux usées brutes, ni de mesure de débit n'a été réalisé à l'entrée des installations. La charge réelle est ainsi estimée à partir d'une méthodologie décrite dans cette annexe.

Il est fait le choix d'estimer une charge moyenne annuelle par habitation pour la matière organique caractérisée par le paramètre DCO. Cette charge va varier en fonction :

- du nombre de personnes vivant ou ayant une activité au sein de l'habitation,
- de l'activité de ces personnes.

Les notions de capacité nominale, taux de charge théorique et taux de charge estimé sont définies dans le glossaire.

De très nombreuses situations (Tableau 1) liées aux activités des personnes du domicile, vont influencer la pollution à traiter par l'installation de l'habitation.

Tableau 1 : Activités des personnes générant les eaux usées à traiter par l'installation de l'habitation

Activités dans une famille engendrant des rejets d'eaux usées différents		
Adulte		retraité
		travaillant à l'extérieur
		avec activité professionnelle salissante à domicile (ex : agriculteur)
Enfant	> 12 ans	externe
		demi-pensionnaire
		interne
	< 12 ans	externe
		demi-pensionnaire
Activités supplémentaires dans l'habitation		
Adulte supplémentaire		employé travaillant au domicile (ex : ouvrier agricole)
		client touristique (ex : gîte, maison d'hôte)
Enfant supplémentaire	< 12 ans	en accueil dans l'habitation (ex : activité d'assistante maternelle à domicile)

Par ailleurs, certaines habitations sont le lieu d'une activité professionnelle conduisant à une présence humaine supplémentaire :

- activité agricole avec des ouvriers agricoles saisonniers,
- activité touristique avec des hôtes à domicile,
- activité d'assistante maternelle avec de très jeunes enfants à domicile.

Pour chacune de ces situations, il s'agit d'évaluer la charge de pollution moyenne annuelle et ce, pour la matière organique caractérisée par le paramètre DCO.

Pour réaliser cette évaluation, des paramètres sont déterminés :

- j_s : le nombre de jours annuel de présence « standard » au domicile (exprimé en jour),
- ch_s : la charge de pollution « standard » journalière émise dans l'habitation par type de personne (adulte, enfant de plus de 12 ans, enfant de moins de 12 ans)
- j_a : le nombre de jours annuel de chaque activité (exprimé en jour),
- ch_a : la charge de pollution journalière émise par l'habitation pour chaque situation énoncée (Tableau 1).

On entend par :

- jour de présence « standard » à domicile : un jour complet passé au domicile (ex : WE, jour non travaillé, jour non scolarisé).
- charge de pollution « standard » journalière : la pollution émise dans l'habitation par personne un jour de présence « standard » à domicile.

Pour déterminer la charge journalière organique moyenne ($ch_{moy\ journ}$), une pondération par rapport au nombre de jours est effectuée selon la formule :

$$ch_{moy\ journ} = \frac{j_s * ch_s + j_a * ch_a}{365}$$

➤ **Périodes d'activités spécifiques ou de présence « standard »**

Tout d'abord, un calendrier (Tableau 2) fait la distinction entre :

- les périodes d'activités spécifiques :
 - hors de l'habitation (avec une émission de pollution moindre),
 - dans cette habitation (avec une émission de pollution supplémentaire),
- les périodes d'activités « standard » dans l'habitation.

Le rythme d'activité annuelle d'un adulte est décomposé en :

- 210 jours travaillés,
- 104 jours de week-end (52 semaines X 2 jours) et
- 51 jours de vacances (RTT, congés, jours fériés).

Le nombre de jours travaillés retenu correspond à une amplitude horaire journalière forte. Les éventuelles vacances hors du domicile principal ne sont pas décomptées. Ces deux hypothèses conduisent à surestimer la présence au domicile et les rejets annuels au niveau de l'habitation.

L'agriculteur travaillant à domicile a une activité salissante tous les jours de l'année.

Tableau 2 : Répartition des activités selon un calendrier annuel (en jours)

en jours			Activités spécifiques		Présence « standard » dans l'habitation		
			hors habitation	dans l'habitation			
Adulte	retraité				365		
	travaillant à l'extérieur	à 100 %	210		155		
		à 80 %	168		197		
		à 50 %	105		260		
	activité salissante à domicile (ex : agriculteur)			365			
					Cumul	vacances scolaires	week end
Enfant	externe ou en demi-pension interne > 12 ans		180		185	81	104
				72	113	81	32
Employé saisonnier agricole Client touristique Enfant en nourrice				selon temps de présence			

Le rythme d'activité annuelle d'un enfant se décompose en :

- 180 jours d'école (36 semaines d'école),
- 81 jours de vacances et
- 104 jours de week-end (52 semaines x 2).

L'enfant interne est présent au domicile pendant les vacances scolaires ; il rentre également au domicile familial le week-end des périodes scolaires (36 semaines par an) soit 72 jours.

Un employé saisonnier agricole, un hôte-touriste ou un enfant en nourrice est présent dans l'habitation selon le temps de présence mentionné dans les commentaires par l'agent préleveur.

➤ **Pollution domestique « standard » dans l'habitation**

Les sources de pollution d'une habitation se décomposent en :

- des eaux ménagères (hygiène corporelle, entretien du linge et alimentation),
- des eaux vannes (eaux des WC).

Un travail bibliographique récent (Eme et al., 2015) sur la caractérisation des eaux usées brutes conduit à retenir les principales hypothèses ci-dessous :

- la pollution des eaux ménagères (en DCO) représente 40 % de la pollution organique des eaux usées domestiques. Les différentes sources d'émission qui contribuent à cette pollution sont :
 - 5 % pour l'hygiène corporelle (en DCO),
 - 12 % pour l'entretien du linge (en DCO),
 - 23 % pour la cuisine et de la vaisselle (en DCO),
- la pollution des eaux vannes (en DCO) représente 60 % de la pollution organique des eaux usées domestiques.

Tableau 3 : Hypothèses retenues de proportion des sources d'émission de pollution organique des eaux usées domestiques (en DCO) selon l'âge des personnes en période de présence « standard » au domicile

En % (pour la DCO)		Hygiène corporelle	Entretien du linge	Cuisine	Toilettes	Total
Adulte		5	12	23	60	100
Enfant	de plus de 12 ans	5	12	23	60	100
	de moins de 12 ans	2,5	12	23	30	67,5

Cette répartition de la pollution organique (Tableau 3) s'applique à la pollution émise par un adulte. Elle est supposée être la même pour un enfant de plus de 12 ans. Pour un enfant de moins de 12 ans, il a été pris comme hypothèse :

- de réduire de moitié la pollution induite par l'hygiène corporelle et les eaux vannes ;
- de maintenir au même taux la pollution induite par l'entretien du linge (moins de poids de linge mais lavé plus fréquemment) et pour la cuisine et la vaisselle (moins de nourriture mais davantage de déchets).

➤ **Evolution de la pollution émise dans l'habitation lors des activités spécifiques par rapport à l'activité standard**

Hygiène corporelle et entretien du linge

L'hygiène corporelle et l'entretien du linge sont des activités qui se déroulent « à la maison » ; les activités « spécifiques » ne modifient généralement pas ces émissions de pollution.

Il existe pourtant quelques situations pour lesquelles des modifications peuvent être retenues :

- les activités à domicile de la profession agricole étant salissantes, il est proposé d'accroître, par rapport au standard, la charge polluante de l'hygiène corporelle de 25 % et celle de l'entretien du linge de 40 % ;
- l'enfant interne, présent le week-end, fait entretenir le linge de la semaine en 2 jours au lieu de 7 jours d'où un facteur d'accroissement de 350 % les jours de présence à domicile le week-end ;
- l'employé saisonnier agricole quitte son lieu de travail propre (hygiène corporelle sur place et hygiène à domicile est alors considéré comme étant à la marge) mais sans avoir lavé son linge sur place ;
- le très jeune enfant, accueilli en nourrice n'est généralement pas lavé chez elle. Son linge est entretenu en dehors de l'habitations de cette nourrice.

Préparation des repas et vaisselle

Les activités « spécifiques » modifient la pollution induite par la préparation des repas et la vaisselle. On fait l'hypothèse que les trois repas : petit déjeuner, déjeuner et dîner génèrent une pollution équivalente, qui, de plus, est la même pour un enfant et un adulte.

Les personnes travaillant à l'extérieur et les enfants demi-pensionnaires génèrent dans l'habitation la pollution liée à seulement 2 repas. Il en est de même pour l'hôte qui se promène dans la journée.

Pour l'employé agricole saisonnier et l'enfant en garde chez une nourrice, le nombre de repas pris dans l'habitation se limite à un seul.

Tableau 4 : Hypothèses retenues de proportion des sources d'émission selon les activités spécifiques

En % (pour la DCO)		Hygiène corporelle	Entretien du linge	Repas	Sanitaires	Total	
Adulte	retraité	5	12	23	60	100	
	travaillant à l'extérieur	5	12	$\frac{2}{3} \cdot 23$	$\frac{3}{4} \cdot 60$	77,3	
	activité salissante à domicile (ex : agriculteur)	$1,25 \cdot 5$	$1,4 \cdot 12$	23	60	106,1	
Enfant	>12 ans	externe	5	12	23	60	100
		en demi-pension	5	12	$\frac{2}{3} \cdot 23$	$\frac{3}{4} \cdot 60$	77,3
		interne en week-end	5	$3,5 \cdot 12$	23	60	130
	<12 ans	externe	$\frac{1}{2} \cdot 5$	12	23	$\frac{1}{2} \cdot 60$	67,5
		en demi-pension	$\frac{1}{2} \cdot 5$	12	$\frac{2}{3} \cdot 23$	$\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot 60$	52,3
Employé saisonnier agricole		5	0	$\frac{1}{3} \cdot 23$	$\frac{1}{4} \cdot 60$	27,7	
Hôte touriste		5	12	$\frac{2}{3} \cdot 23$	$\frac{3}{4} \cdot 60$	77,3	
Enfant en nourrice		0	0	$\frac{2}{3} \cdot 23$	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot 60$	15,2	

Eaux vannes

Les activités « spécifiques » modifient la pollution induite par l'usage des sanitaires. Pour information, la pollution carbonée journalière (DCO) est presque dix fois plus importante dans les fèces que les urines

alors que la pollution azotée est, à l'inverse, plus importante dans les urines (quatre fois) que les fèces (Eme et al., 2015).

On propose de retenir l'hypothèse qu'une activité « spécifique » réduit de 25 % la charge « standard » des eaux vannes si l'absence de l'habitation couvre plus de six heures consécutives (travail à l'extérieur, enfant demi-pensionnaire, client-touriste).

Les activités supplémentaires à domicile (employé agricole et enfant en nourrice) sont considérées comme des activités salariées, l'hypothèse retenue est la suivante : 25 % des eaux vannes « standard » sont émises sur place.

Le travailleur saisonnier est supposé se doucher sur place et consommer un repas préparé sur place.

Ainsi le Tableau 4 résume les proportions retenues pour chacune des situations d'activités spécifiques rencontrées.

Un jeune enfant en ½ pension générerait ainsi un peu plus que la moitié de la pollution d'un adulte (52 %) alors que ce taux serait de 77 % pour une personne travaillant à l'extérieur.

➤ Estimation des charges polluantes journalières réelles exprimées pour le paramètre DCO

La dernière étape, pour l'évaluation d'une charge journalière moyennée à l'année utilise les données temporelles du Tableau 2 et les données de proportion du Tableau 4. Pour déterminer le coefficient de correction attaché à chaque situation, il suffit d'affecter les coefficients précédemment déterminés à chaque situation puis d'effectuer une pondération vis-à-vis du temps selon la formule :

$$ch_{moy\ jour} = \frac{j_s * ch_s + j_a * ch_a}{365}$$

Tableau 5 : Détermination du facteur correctif à partir des proportions définies

			Activités spécifiques		Présence « standard »		Facteur correctif
			jours	facteur	jours	facteur	
Adulte	retraité		0	-	365	1	1
	travaillant à l'extérieur	à 100 %	210	0,773	155	1	0,87
		à 80 %	168		197		0,90
		à 50 %	105		260		0,93
activité salissante à domicile (ex : agriculteur)		365	1,053			1,05	
Enfant	> 12 ans	externe	180	1	185	1	1
		en demi-pension	180	0,773	185		0,89
		interne	72	1,300	113		0,57
	< 12 ans	externe	180	0,675	185	0,675	0,67
		en demi-pension	180	0,675	185	0,52	0,60
Employé saisonnier agricole			selon	0,277			
Client touristique			temps de	0,773			
Enfant en nourrice			présence	0,157			

Les facteurs correctifs ainsi identifiés diminuent les charges polluantes, et ce, principalement pour les jeunes enfants.

Un adulte travaillant à plein temps à l'extérieur génère à son domicile une pollution réduite de 13 % par rapport à une situation où il serait en permanence chez lui. Cette réduction modeste est le reflet des hypothèses retenues, favorisant la réduction la plus faible. Par exemple, aucune période de vacances hors du domicile n'est décomptée et la majorité de la pollution émise sur une journée se fait à l'intérieur de l'habitation.

Le Tableau 6 illustre l'impact de ces facteurs correctifs sur la totalité des habitants. Ils sont réalisés à partir des données validées (1286 données) selon le nombre d'habitant, renseigné dans les fiches lors des visites.

Tableau 6 : Résumé des données sur les habitants et les habitants recalculés

	Habitants	Habitants recalculés
Moyenne	3,4	3,0
Médiane	3,0	2,7
Minimum	1,0	0,2
Maximum	8,0	7,4
Effectif	1286	1284

Ce nombre d'habitants varie de 1 à 8 avec une médiane de 3. La moitié des foyers ont entre 2 et 4 habitants. Le calcul des facteurs de correction réalisé entraîne une réduction de 10 % de la médiane.

➤ **Impact des estimations des charges polluantes journalières**

Ces estimations modifient les taux de charge reçus par l'installation et essentiellement lorsque des enfants sont présents au foyer.

Par exemple, pour une famille de 4 personnes composée :

- d'un couple dont l'un travaille à 100 % à l'extérieur, l'autre à 80 %,
- de 2 enfants, demi-pensionnaires âgés de 10 et 15 ans,

et possédant une installation de capacité nominale de 5 EH, le taux de charge théorique de l'installation est le ratio entre 4 personnes et 5 EH soit 80 %.

En tenant compte des estimations précédentes, la famille génère :

- pour l'adulte qui travaille à l'extérieur à 100 %, une pollution équivalente à 0,87 personne,
 - pour l'adulte qui travaille à l'extérieur à 80 %, une pollution équivalente à 0,90 personne,
 - pour l'enfant demi-pensionnaire âgé de 15 ans, une pollution équivalente à 0,89 personne,
 - pour l'enfant demi-pensionnaire âgé de 10 ans, une pollution équivalente à 0,60 personne,
- soit un total de à 3,26 personnes. Le taux de charge calculé de l'installation s'établit ainsi à 65 %.

Annexe 5 : Méthodes d'analyse et limites de quantifications des 18 laboratoires par paramètre

MES (18 laboratoires)		
Nb de laboratoires	Norme	LQ (mg/L)
18	NF EN 872	2

18 laboratoires utilisent la LQ de 2 mg/L

DCO (18 laboratoires)		
Nb de laboratoires	Norme	LQ (mg/L)
1	ISO 15705	6
2		9
3		10
1		30
1	NF T 90-101	20
10		30

LQ la plus haute de 30 mg/L pour 11 laboratoires

DBO ₅ (11 laboratoires)		
Nb de laboratoires	Norme	LQ (mg/L)
2	NF EN 1899-1 ou NF EN 1899-2	1
2	NF EN 1899-1	2
5		3
2		5

LQ la plus haute de 5 mg/L pour 2 laboratoires

N-NH ₄ ⁺ (18 laboratoires)		
Nb de laboratoires	Norme	LQ (mg/L)
1	NF EN ISO 11732	0,04
1		0,1
1		0,4
1		0,5
2		0,78
2	NF ISO 15923-1	0,04
1		0,05
1	NF-T 90-015-1	0,39
2		0,5
1		0,8
3		1
1	NF-T 90-015-2	0,02
1		0,05

LQ la plus haute de 1 mg/L pour 3 laboratoires

N-NO ₃ ⁻ (18 laboratoires)		
Nb de laboratoires	Norme	LQ (mg/L)
4	NF EN ISO 10304-1	0,2
5		0,5
3	NF EN ISO 13395	0,2
1		0,4
3		0,5
1		0,6
1		0,68

LQ la plus haute de 0.68 mg/L pour 1 laboratoire

NK (18 laboratoires)		
Nb de laboratoires	Norme	LQ (mg/L)
7	NF EN ISO 25663	0,5
11		1

LQ la plus haute de 1 mg/L pour 11 laboratoires

Annexe 6 : Nombre de valeurs de chaque paramètre chimique par facteurs explicatifs

Tableau 7 : Nombre de valeurs de chaque paramètre chimique par type de prélèvements

	Ponctuel	Bilan 24h
MES	773	506
DCO	773	508
DBO ₅	237	472
NK	548	492
N-NH ₄ ⁺	763	434
N-NO ₃ ⁻	772	497

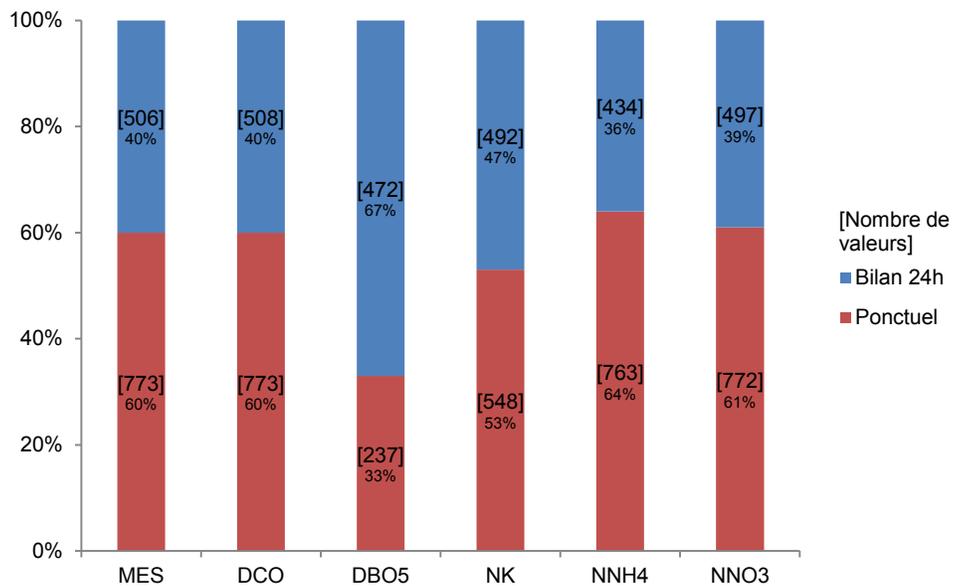


Figure 1 : Proportion de chaque paramètre chimique par type de prélèvements

Tableau 8 : Nombre de valeurs de chaque paramètre chimique par classes d'âge

	< 2 ans	2 ans – 4 ans	> 4 ans
MES	473	569	237
DCO	475	569	237
DBO ₅	204	333	172
NK	330	497	213
N-NH ₄ ⁺	405	558	234
N-NO ₃ ⁻	464	568	237

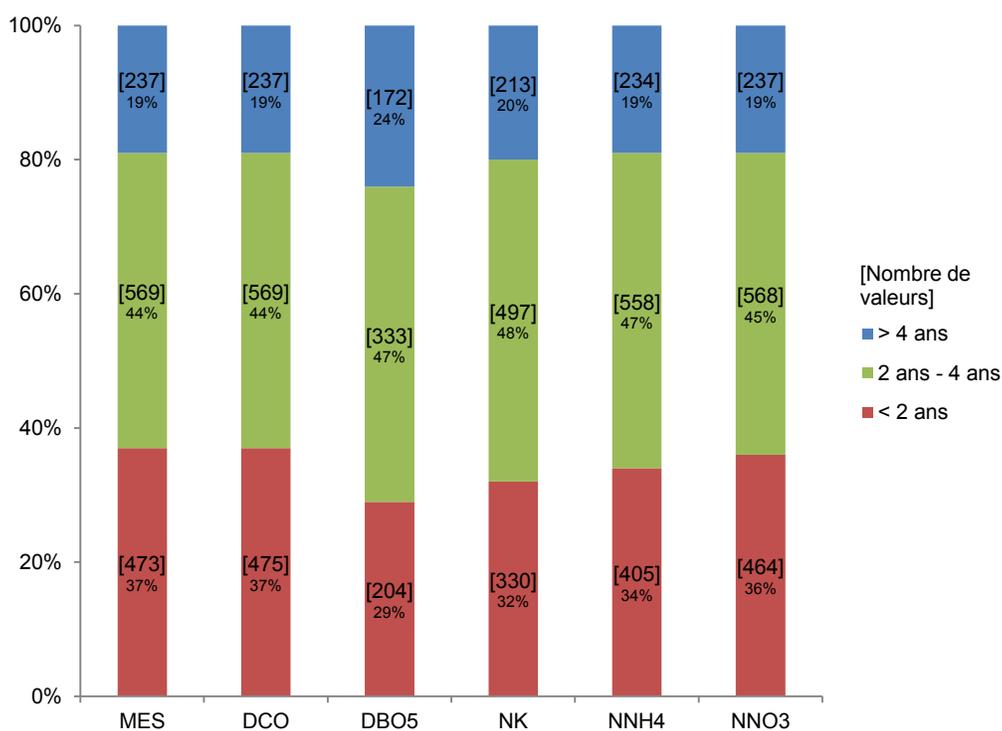


Figure 2 : Proportion de chaque paramètre chimique par classes d'âge

Tableau 9 : Nombre de valeurs de chaque paramètre chimique par classes de taux de charge

	< 30 %	30 % - 70 %	> 70 %
MES	120	824	333
DCO	120	825	334
DBO ₅	71	483	153
NK	105	692	241
N-NH ₄ ⁺	112	771	213
N-NO ₃ ⁻	119	820	328

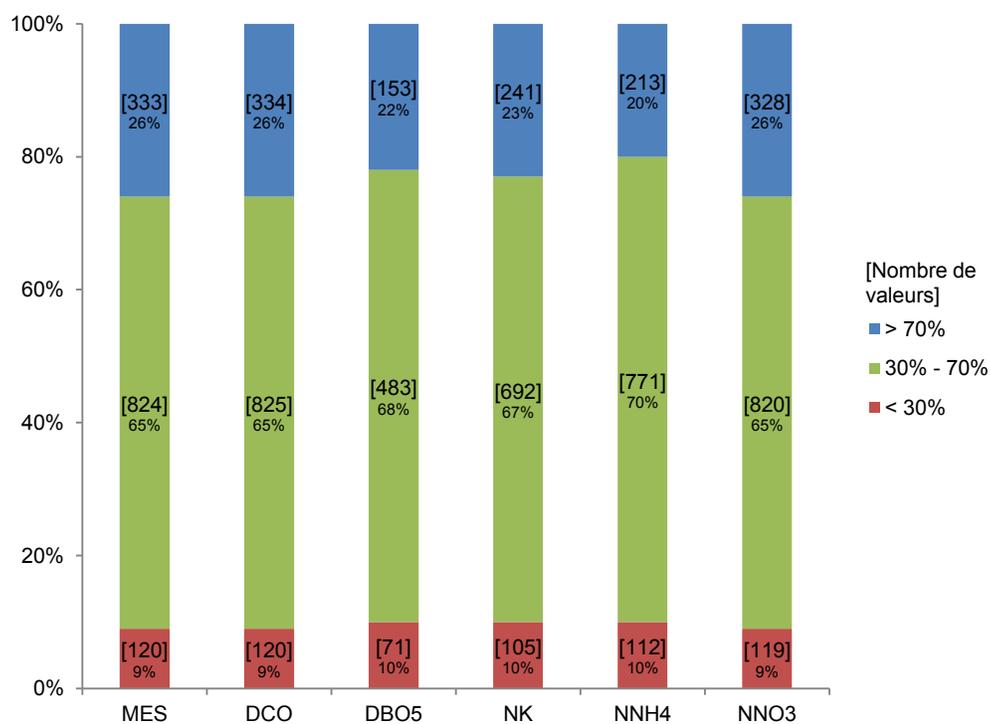


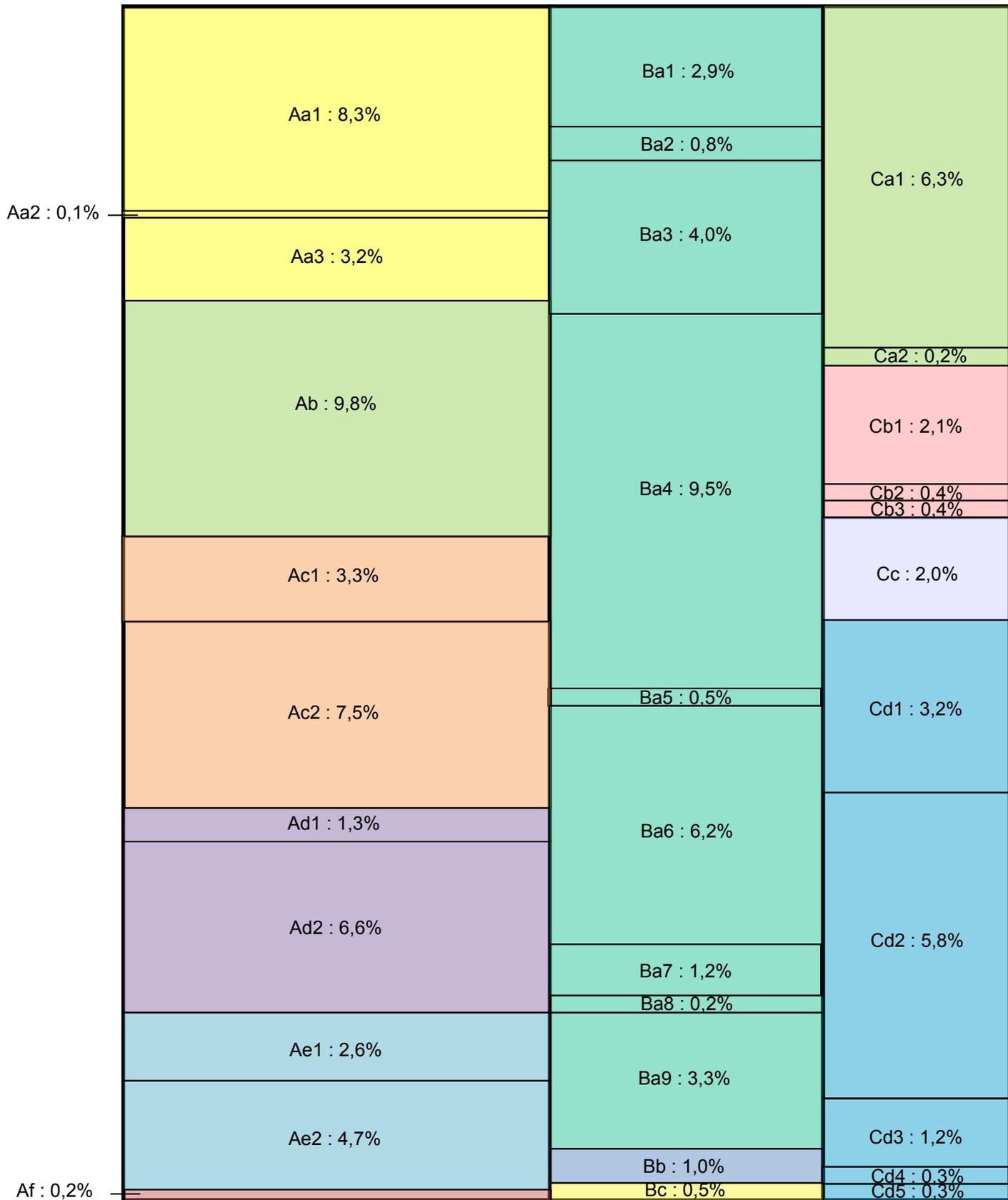
Figure 3 : Proportion de chaque paramètre chimique par taux de charge

Annexe 7 : Proportion de chaque dispositif parmi les 1286 prélèvements validés

CFSF (47,6%)

CFI (30,2%)

CL (22,2%)

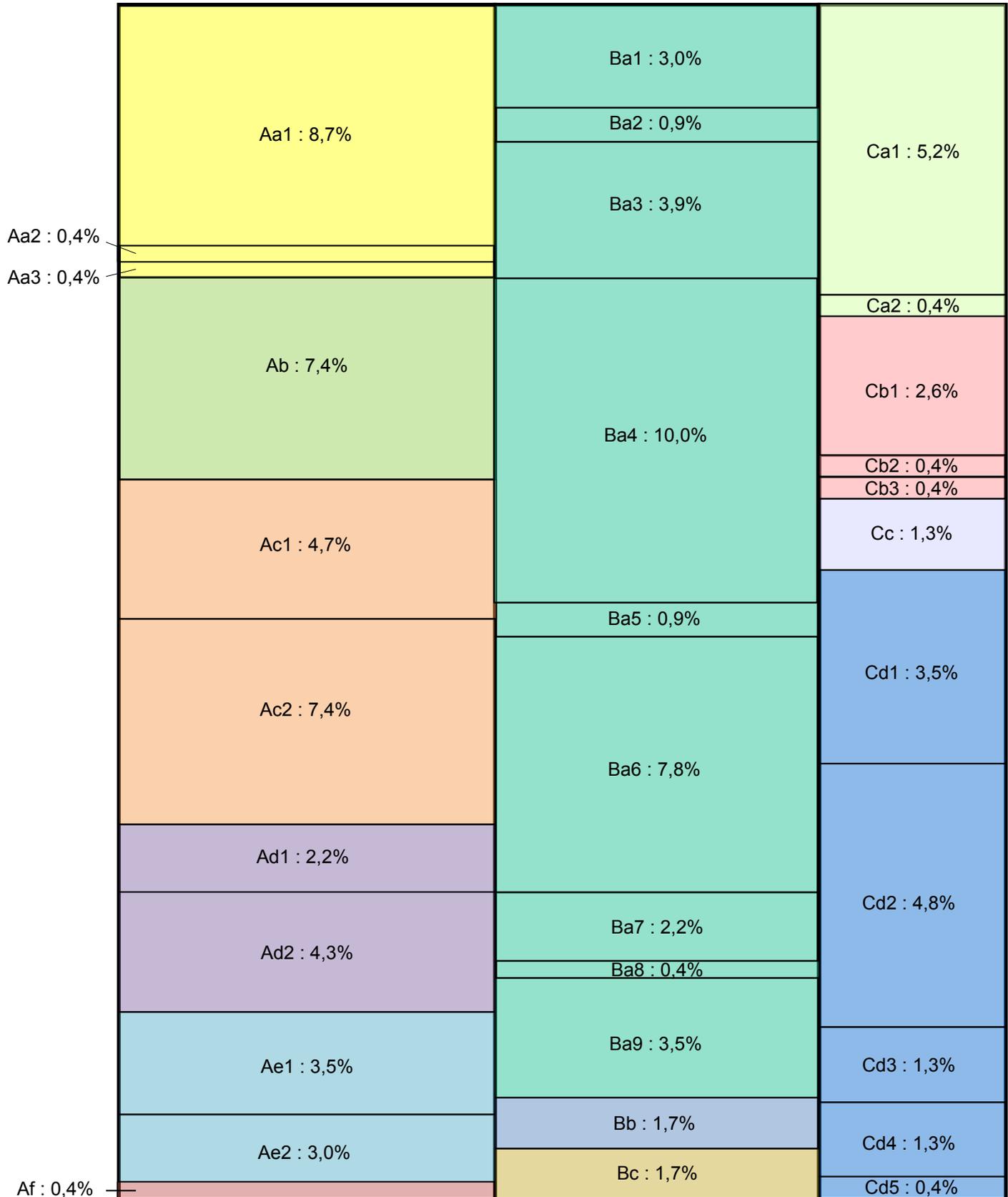


Annexe 8 : Proportion de chaque dispositif parmi les 231 installations

CFSF (42,4%)

CFI (35,9%)

CL (21,6%)



Annexe 9 : Aide à l'interprétation des principaux paramètres de qualité de traitement mesurés dans le suivi in situ

Chaque prélèvement d'eaux usées traitées par une installation fait l'objet d'analyse d'un minimum de quatre paramètres :

- DCO,
- MES,
- N-NH₄⁺ et
- N-NO₃⁻.

Un cinquième paramètre est utilisé pour définir des seuils de traitement en assainissement, il s'agit de la DBO₅. Ce paramètre n'a pas fait l'objet d'analyse systématique dans le cas de cette étude.

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) représente la quantité d'oxygène consommée par un oxydant puissant pour détruire la matière organique, par voie chimique. La quantité globale d'oxygène nécessaire pour dégrader la matière organique et certains sels minéraux oxydables est alors mesurée.

La DBO₅ (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques (biodégradables) par voie biologique au bout de 5 jours.

Elle permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées.

Dans un rejet d'installation, DCO et DBO₅ quantifient la pollution organique résiduelle après traitement. Cette pollution organique résiduelle entraîne une consommation en oxygène au sein du milieu récepteur.

Les MES (Matières En Suspension) représentent la quantité de pollution particulaire (organique et minérale), c'est à dire non dissoute dans l'eau. Les MES sont responsables de l'encrassement de l'aire dédiée à l'infiltration des eaux traitées ou d'une baisse de pénétration de la lumière d'un exutoire hydraulique. Mesurées dans les eaux usées traitées d'une d'installation, elles quantifient la pollution particulaire résiduelle après traitement.

Les matières azotées : l'azote est un élément dont la (ou les) forme(s) reflète(nt) un certain type de pollution. Les formes de l'azote sont nombreuses et les principales à retenir dans ce contexte sont :

NK : azote Kjeldahl, ensemble des formes réduites de l'azote, il correspond à l'azote organique et ammoniacal (N-NH₄⁺) ;

N-NH₄⁺ : azote ammoniacal, forme réduite et dissoute de l'azote résultant de la transformation (ammonification) des composés d'origine biologique (protéines, peptides, acides aminés...).

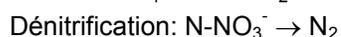
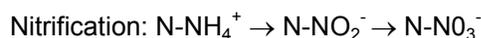


Une faible concentration en N-NH₄⁺ est considérée comme un bon indicateur de la capacité d'oxygénation du système (processus de nitrification) ; l'ammonium est toxique dans le milieu aquatique ;

N-NO₃⁻ : azote nitrique, forme oxydée de l'azote.

De fortes concentrations en azote nitrique constituent un bon indicateur de la capacité d'oxygénation du système (processus de nitrification).

L'azote nitrique peut à son tour être transformé, dans certaines conditions précises (milieu anoxique avec une source carbonée), et passer à l'état gazeux (N₂) – processus de dénitrification.



NGL : azote global, c'est la somme totale des formes azotées ($\text{NK} + \text{N-NO}_3^-$).

➤ **Relations entre les divers paramètres physico-chimiques d'une eau usée traitée en station d'épuration**

d'après Duchêne et al. (2002)

❖ MES, DCO, DBO_5 et N-NH_4^+

Les MES étant majoritairement constituées de biomasse, la relation entre les MES et la DCO (ou DBO_5) est évidente du fait du caractère organique des floccs bactériens.

La nitrification (transformation par oxydation de Norg et N-NH_4^+ en N-NO_3^-) intervient toujours alors que la matière organique (DCO ou DBO_5) est bien éliminée. Cela signifie qu'un rejet de station d'épuration collective faiblement concentré en azote ammoniacal (quelques mg/L de N-NH_4^+) est associé à de faibles concentrations en matières organiques ($\text{DCO} < 100 \text{ mg/L}$) dans les rejets.

Une double exigence de qualité (N-NH_4^+ et MES) assure que les autres paramètres (DCO, DBO_5) atteignent effectivement les valeurs caractéristiques d'un bon degré de traitement.

❖ NK, N-NH_4^+ et N-NO_3^-

- Les formes réduites (Norg)

L'azote réduit est composé d'une part non biodégradable (Norg. réfractaire) dont la concentration varie en fonction de la dilution des eaux usées brutes. L'ammonification étant rapide dans toutes les familles de procédés d'épuration, cette part d'azote réfractaire est stable et de concentration faible (de l'ordre du mg/L).

Il reste également une part d'azote biodégradable, associée aux MES constituées essentiellement de boues d'origine biologique. Il est admis que les MES rejetées contiennent 6 % d'azote organique.

- Les formes réduites (N-NH_4^+)

L'azote ammoniacal est la forme réduite de l'azote résultant de la transformation (ammonification).

La concentration résiduelle est le reflet du degré de nitrification : Une faible concentration en N-NH_4^+ est considérée comme un bon indicateur de la capacité d'oxygénation du système.

- Les formes oxydées (N-NO_3^-)

L'ensemble des cultures fixées, fonctionnent de manière préférentielle en produisant un effluent nitrifié. Dans ces conditions, les concentrations en azote nitrique sont naturellement élevées dans les eaux usées traitées (de l'ordre de 100 mg/L en fonctionnement optimal).

La dénitrification en CL et CFI est nécessaire, au moins partiellement, dans l'optique du bon fonctionnement durable du procédé.

En effet, si la dénitrification n'est pas maîtrisée, la réduction des nitrates en azote gazeux se produit spontanément dans le clarificateur avec deux types de conséquences :

- soit le dégazage (souvent au-delà de 10 mg/L de N-NO_3^-) est suffisamment important pour entraîner avec l'effluent épuré un départ de boues,
- soit la création de flottants pérennes qui, tôt ou tard, conduiront à un départ de boues.

Dans ces conditions, les concentrations en azote nitrique sous forme nitrates sont naturellement faibles dans l'effluent traité.

➤ **Quelles particularités des familles ?**

La Figure 4 illustre le traitement de la pollution dissoute (carbonée en rouge et azotée en vert) et l'évolution des concentrations associées en faisant l'hypothèse d'un fonctionnement optimal des diverses familles de traitement. Ce fonctionnement optimal se traduit dans l'eau usée traitée par des concentrations résiduelles en divers polluants ($\text{DCO}_{\text{soluble}}$, N-NH_4^+ et N-NO_3^-). Il s'agit par l'intermédiaire de cette figure d'illustrer sommairement les évolutions prépondérantes en présence d'oxygène, puis en absence d'oxygène alors qu'une fraction résiduelle carbonée est encore présente.

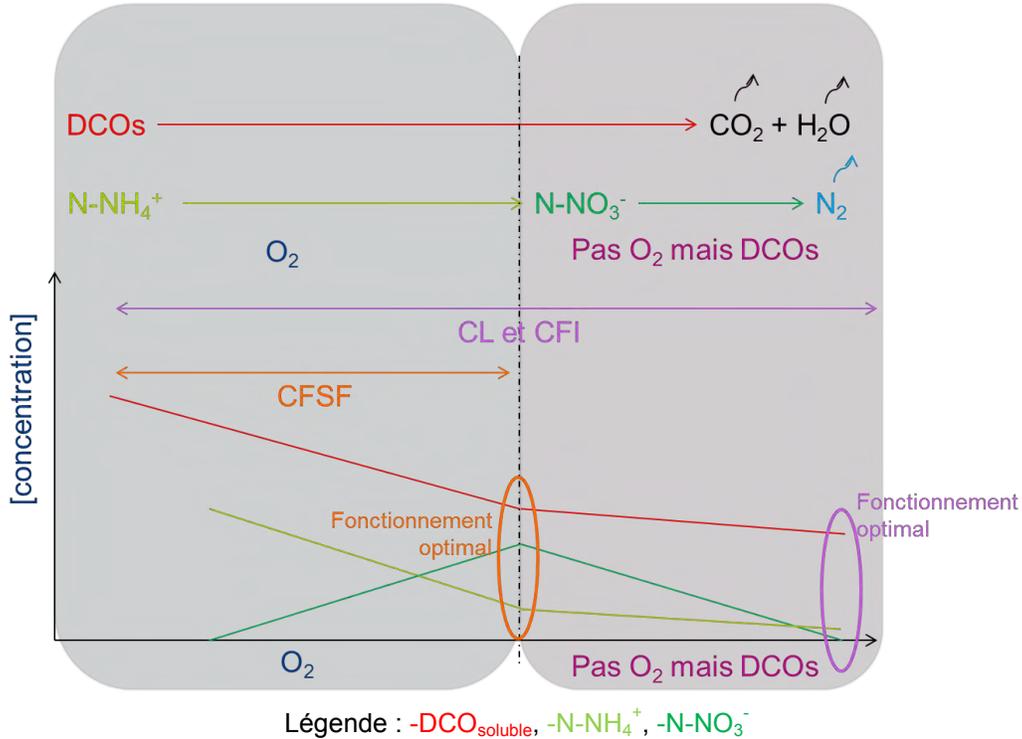


Figure 4 : Représentation schématique du traitement de la pollution dissoute

Dans le cas des CFSF, la majorité de la réaction biologique a lieu en milieu aérobie. Le traitement de la matière azotée débute toujours après celui de la matière carbonée. L'objectif étant de nitrifier la totalité de l'ammonium contenu dans les eaux usées brutes, de très fortes concentrations en N-NO_3^- sont contenues dans les eaux usées traitées. Dans le cas de la filière « végétaux » suivie, le traitement anoxique devrait également permettre une dénitrification.

Pour les CFI et CL, généralement la totalité du traitement de l'azote se déroule dans le réacteur biologique principal selon les conditions d'oxygénation (alternance des phases aérobie et anoxie). Ainsi la dénitrification est contrôlée d'où une teneur en N-NO_3^- beaucoup plus faible dans l'eau traitée que sur une installation à CFSF.

La concentration en N-NO_3^- est forte au détriment de celle en N-NH_4^+ pour la famille des Cultures Fixées sur Support Fin. Une faible concentration illustre un degré de dénitrification pour les familles des Cultures Libres et des Cultures Fixées Immergées.

➤ **Quelles valeurs seuils retenir ?**

Pour la matière carbonée, les valeurs seuils retenues et présentées en introduction du Chapitre 3 ont été

élaborées à partir des seuils réglementaires.

Pour les formes azotées, voici les hypothèses qui ont conduit à retenir les valeurs seuils pour les formes azotées mentionnées dans le Tableau 10 ci-dessous. Ces valeurs sont concordantes avec les valeurs seuils retenues pour le traitement de la matière organique :

- Concentrations dans les eaux usées brutes : 630 mg/L de DBO₅ et 145 mg/L de NK (cf. Annexe 10).
- L'azote réduit, consommé par le développement bactérien est évalué à 5 % de la DBO₅ dégradée, calculée à partir des deux concentrations seuils fixées ci-dessus (35 ou 70 mg/L).
- Les MES résiduelles (30 ou 85 mg/L) contiennent 6 % d'azote.

On considère comme « inacceptable » un abattement en NK (incluant la consommation bactérienne) de l'ordre de 42 % (taux de nitrification de 35 %).

Pour les dispositifs nitrifiants, la performance est « acceptable » si les concentrations en azote N-NO₃⁻ sont supérieures aux concentrations en azote N-NH₄⁺ (Dubois et al., 2016).

Pour les dispositifs dénitrifiants, la performance est « acceptable » dès que le taux de dénitrification dépasse 65 %, avec un abattement global de l'azote (incluant la consommation bactérienne) de l'ordre de 57 %. Avec une hypothèse de concentration en eau usée brute de 145 mg/L, un tel rendement de dénitrification correspond à une concentration résiduelle en N-NO₃⁻ de 30 mg/L. La concentration résiduelle de 63 mg/L de N_{global} conduit à calculer par différence une concentration en NK inférieure à 33 mg/L.

Le Tableau 10 présente les classes de qualité associées au traitement de l'azote et les seuils de concentrations associés pour NK, N-NH₄⁺ et N-NO₃⁻.

Tableau 10 : Définition des classes de qualité exprimées en concentration (en mg/L) selon les paramètres caractéristiques de l'azote

	Acceptable	Médiocre	Inacceptable
Nitrification	NK < 90 ou N-NH ₄ ⁺ ≤ 85		NK ≥ 90 ou N-NH ₄ ⁺ > 85
	ET		
	N-NO ₃ ⁻ > N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻ < N-NH ₄ ⁺	
Nitrification et Dénitrification	NK < 33 ou N-NH ₄ ⁺ ≤ 30	NK < 90 ou N-NH ₄ ⁺ ≤ 85	
	ET		
	N-NO ₃ ⁻ ≤ 30	N-NO ₃ ⁻ > 30	

Annexe 10 : Ordres de grandeur des concentrations des eaux usées brutes en assainissement domestique des petites collectivités ou en ANC pour un foyer

➤ Ordre de grandeur des concentrations d'une eau usée brute (avant traitement)

En assainissement collectif, la qualité des eaux usées domestiques transitant dans les réseaux de collecte, avant traitement en station d'épuration est relativement connue. Le Tableau 11 fournit des valeurs de concentrations pour l'assainissement collectif (Mercoiret, 2010) ainsi que des premiers ordres de grandeur des concentrations en Assainissement Non Collectif (Dubois, confidentiel).

Tableau 11 : Concentrations des eaux usées en mg/L avant traitement, en assainissement collectif ou en assainissement non collectif

en mg/L		MES	DCO	DBO5	NK	N-NH4+	N-NO3-
AC	moyenne	288	646	265	67	55	non mesuré car absent
	borne supérieure	696	1341	570	123	98	
	borne inférieure	53	122	39	14	12	
ANC	moyenne	766	1461	629	145	96	
	max	3200	4053	1893	328	252	
	min	164	326	110	29	17	
Valeur retenue dans cette étude pour fixer les seuils des gammes de qualité des paramètres azotés				630	145	-	

Annexe 11 : Résultats de l'analyse statistique des installations pour les paramètres MES, DCO et DBO₅.

Vue d'ensemble de la qualité des eaux traitées

L'âge moyen des installations lors du dernier prélèvement est de 3 ans et 6 mois. La capacité nominale moyenne des installations est de 5,5 EH. Le taux de charge moyen recalculé est de 54,8 %.

Tableau 12 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ en mg/L (vue d'ensemble)

en mg/L	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	60	143	22
Médiane	23	94	11
Maximum	1600	1691	174
Nombre de valeurs	231	231	144

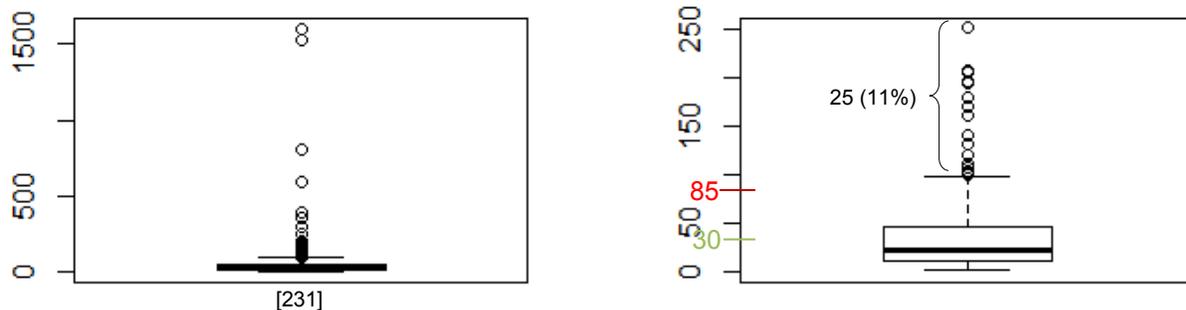


Figure 5 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre MES (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

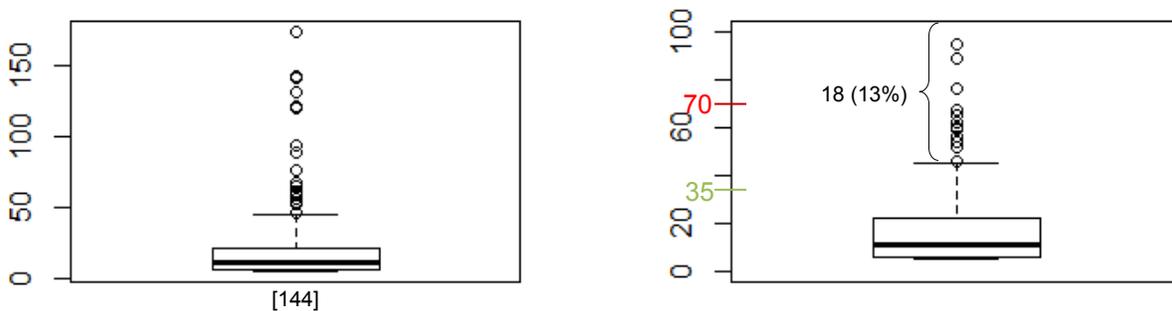


Figure 6 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

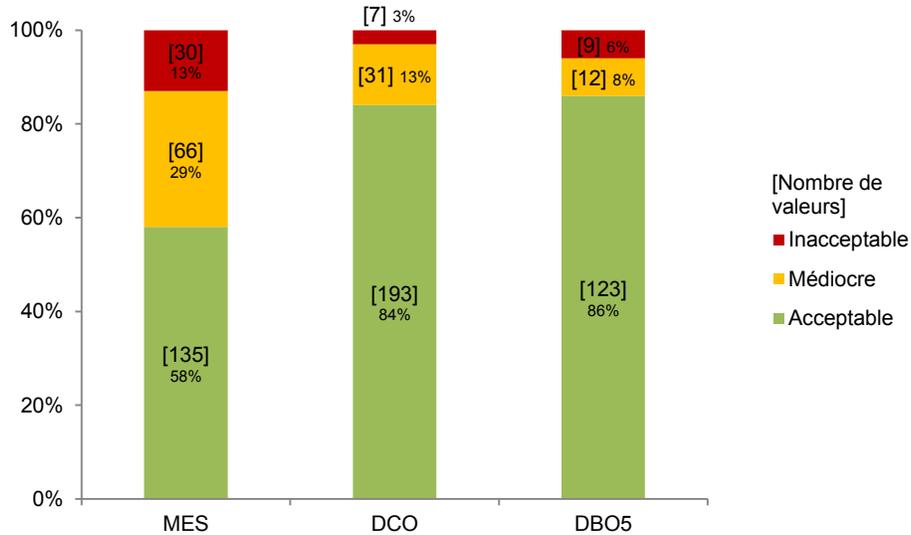


Figure 7 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO₅ (ensemble des données)

Tableau 13 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ (en mg/L) selon les familles

en mg/L	Famille CFSF			Famille CFI			Famille CL		
	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	25	91	13	36	133	21	167	261	40
Médiane	16	79	10	21	108	11	52	147	18
Minimum	LQ			LQ			6	40	LQ
Maximum	193	370	65	251	605	131	1600	1691	174
Nombre de valeurs	98	98	57	83	83	56	50	50	31

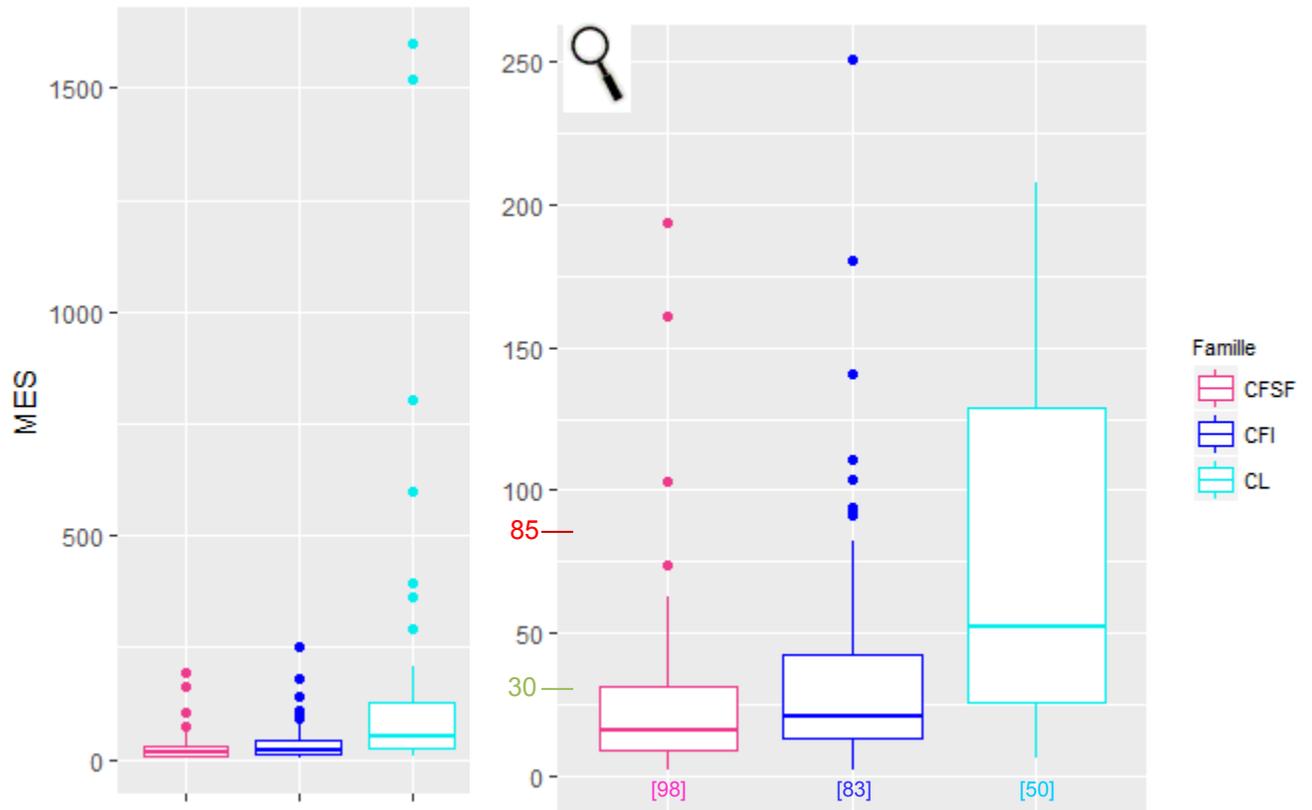


Figure 8 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les familles (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

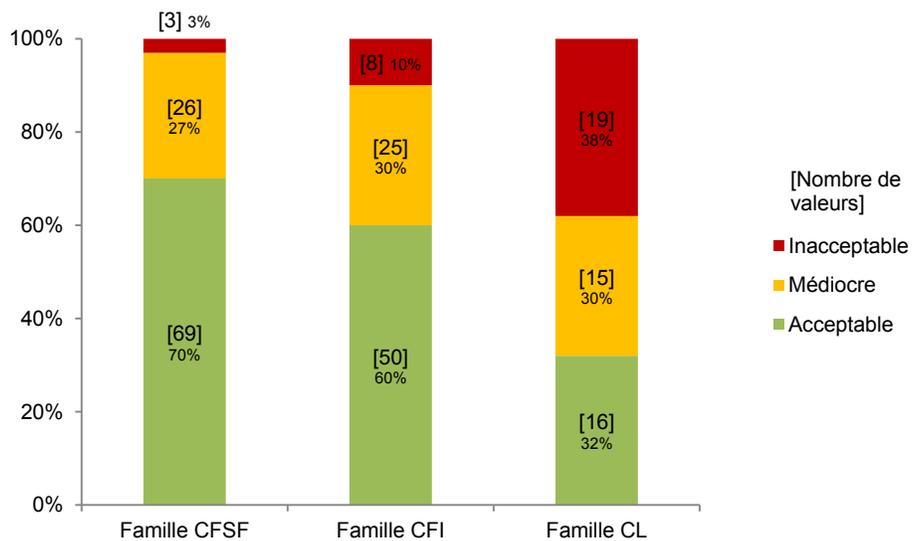


Figure 9 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, du paramètre MES

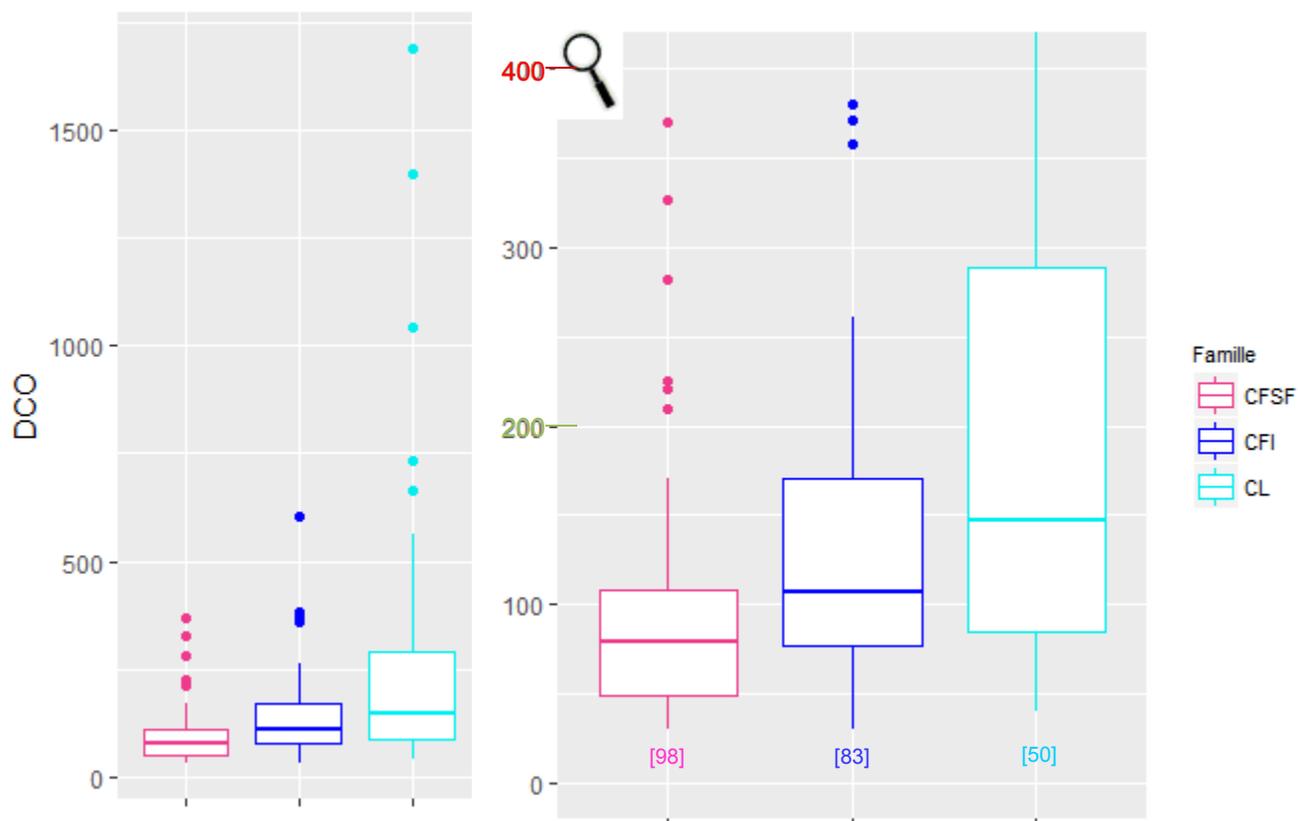


Figure 10 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les familles (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

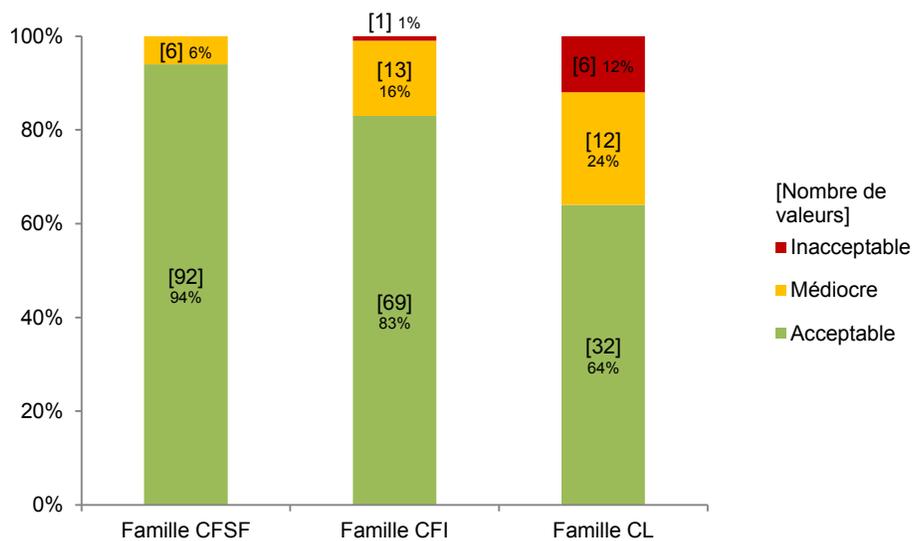


Figure 11 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, du paramètre DCO

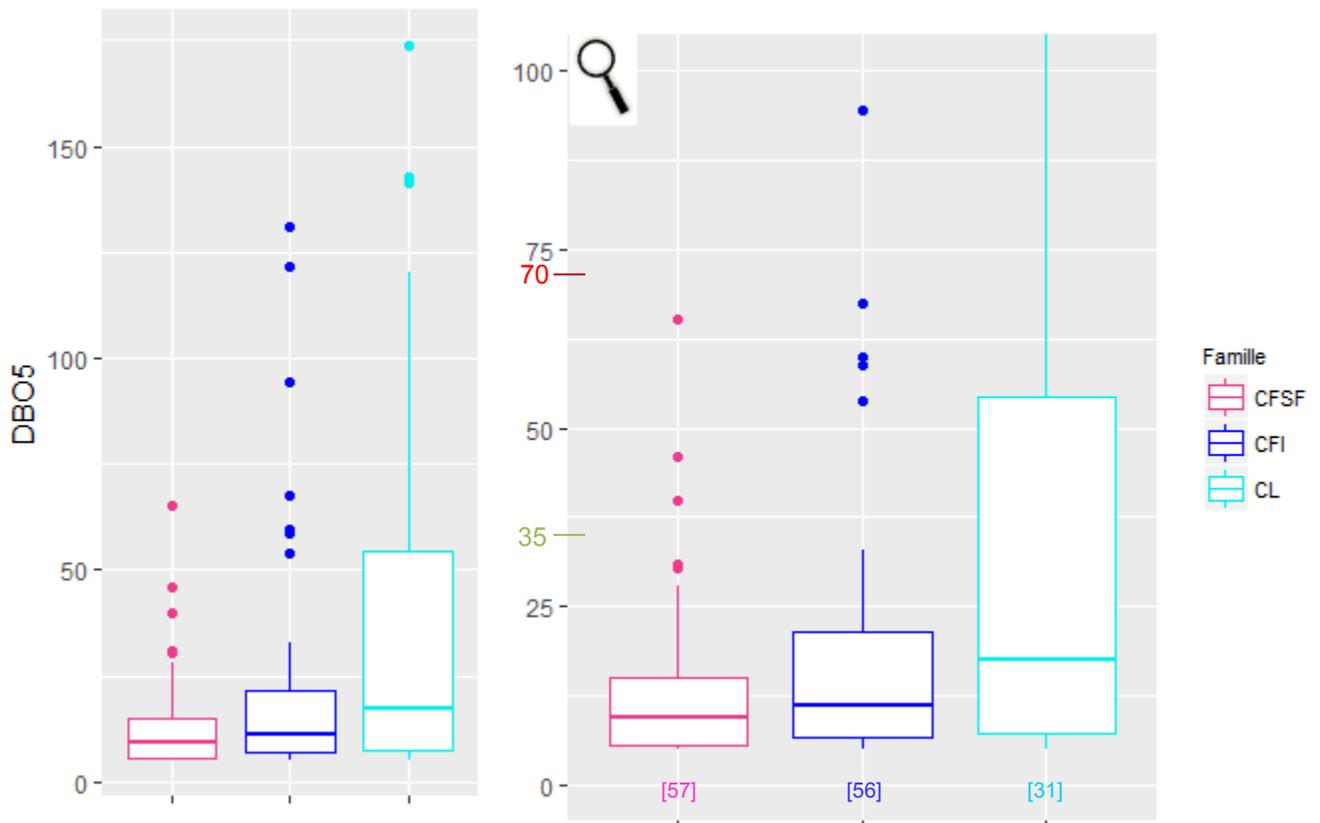


Figure 12 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les familles (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

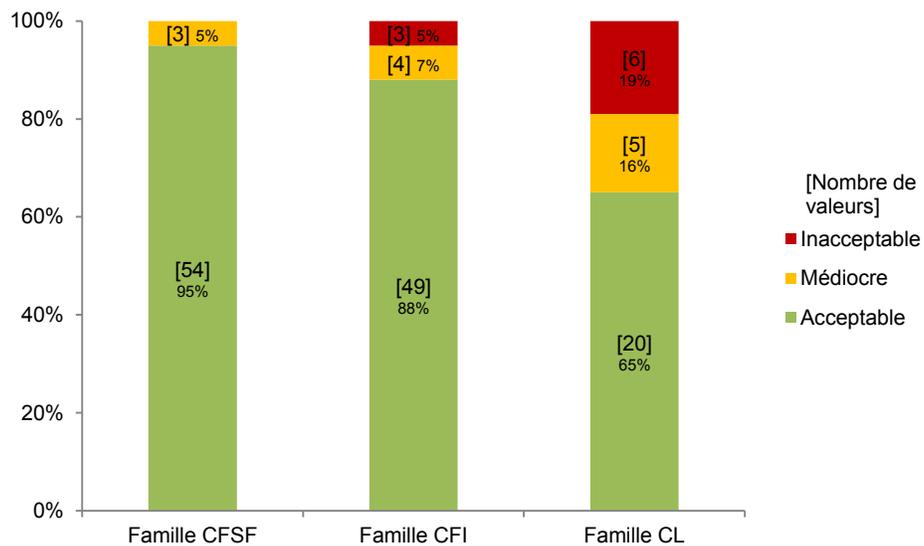


Figure 13 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les familles, du paramètre DBO₅

Qualité des eaux usées traitées pour la famille des Cultures Fixées sur Support Fin

Tableau 14 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ en mg/L (famille CFSF)

en mg/L	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	25	91	13
Médiane	16	79	10
Maximum	193	370	65
Nombre de valeurs	98	98	57

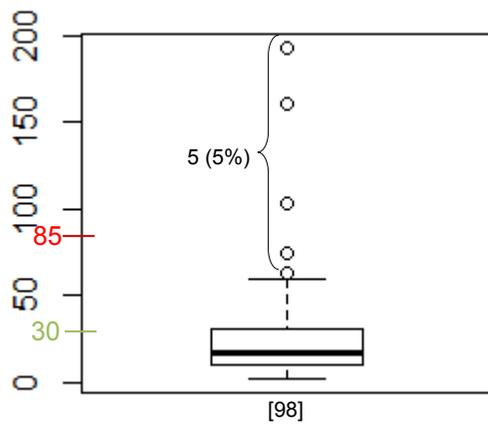


Figure 14: Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre MES pour la famille CFSF

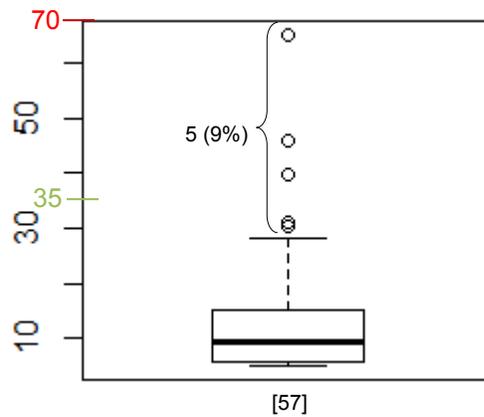


Figure 15: Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ pour la famille CFSF

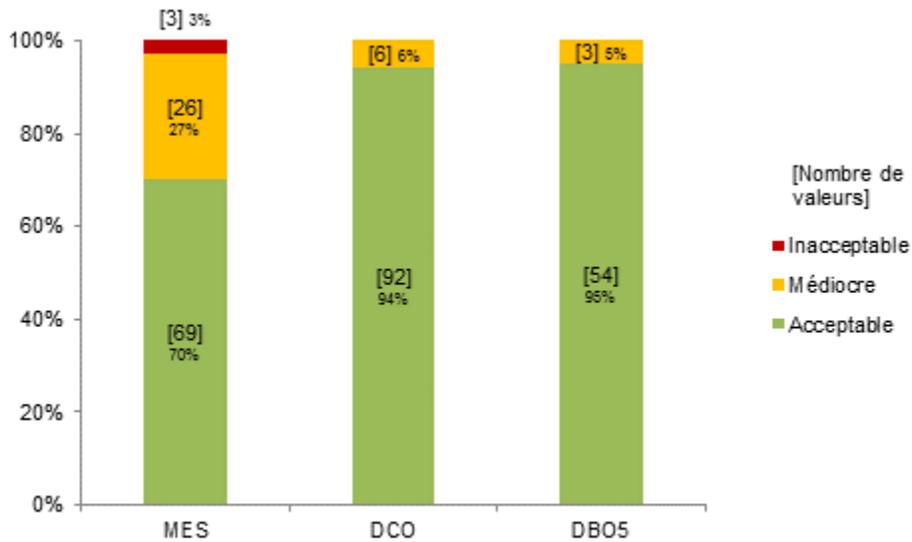


Figure 16 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO₅ (famille CFSF)

Tableau 15 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ (en mg/L) selon les quatre filières de la famille des CFSF

en mg/L	Sable			Végétaux			Copeaux de coco			Laine de roche			Zéolithe			Ecorces de pin		
	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	15	54	7	7	61	8	28	85	12	27	142	23	40	107	18	59	282	
Médiane	10	47	6	7	52	6	20	81	9	21	124	15	28	93	17	59	282	
Minimum		LQ			LQ		6	42	LQ	8	63	10	10	37	LQ	59	282	
Maximum	39	110	13	18	118	20	63	159	28	74	370	65	193	327	46	59	282	
Nombre de valeurs	22	22	14	17	17	10	15	15	7	15	15	7	28	28	19	1	1	

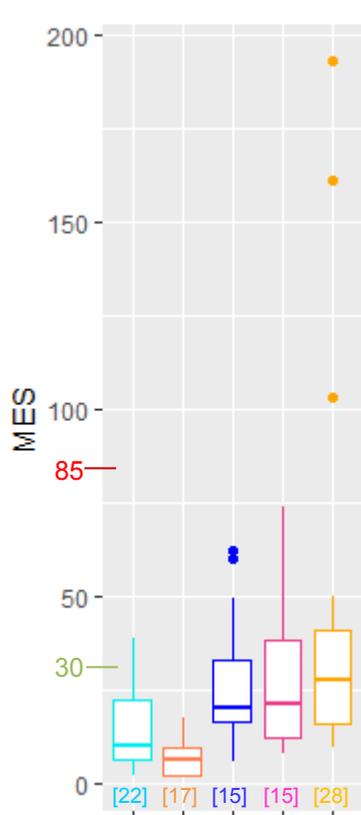


Figure 17 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les filières de la famille CFSF

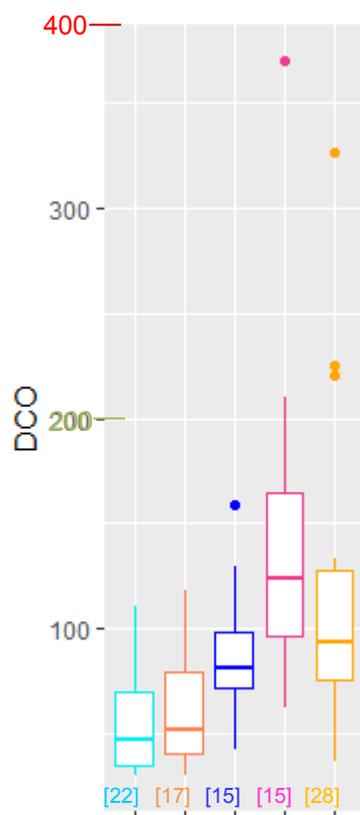


Figure 18 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les filières de la famille CFSF

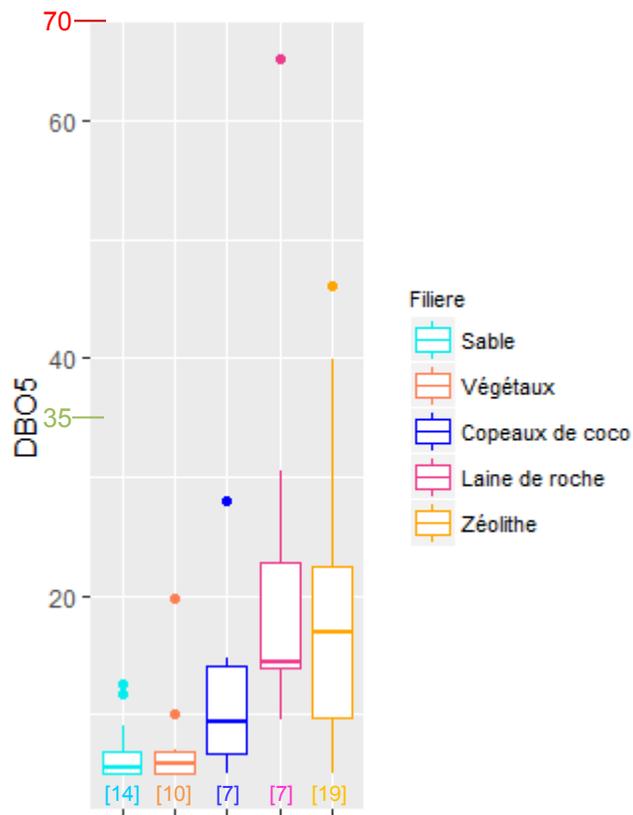


Figure 19 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les filières de la famille CFSF

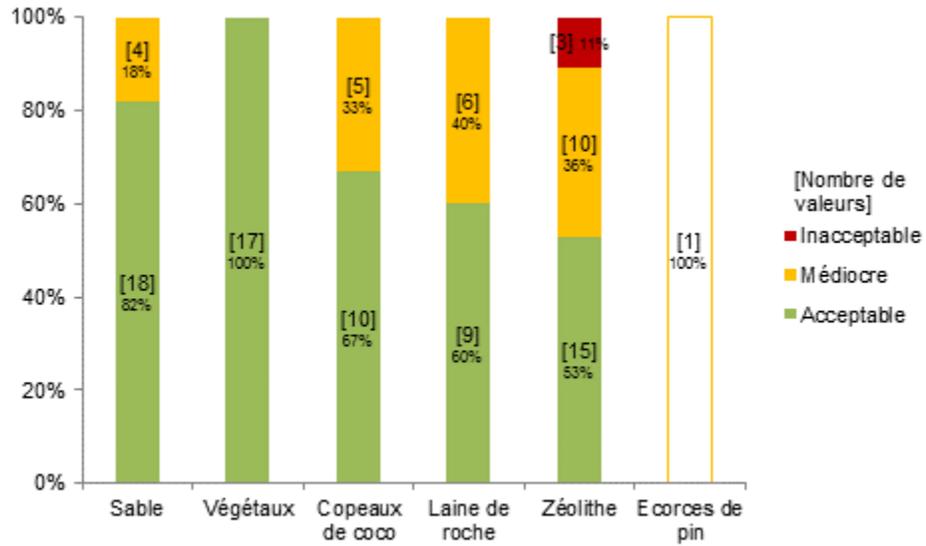


Figure 20 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFSF, du paramètre MES

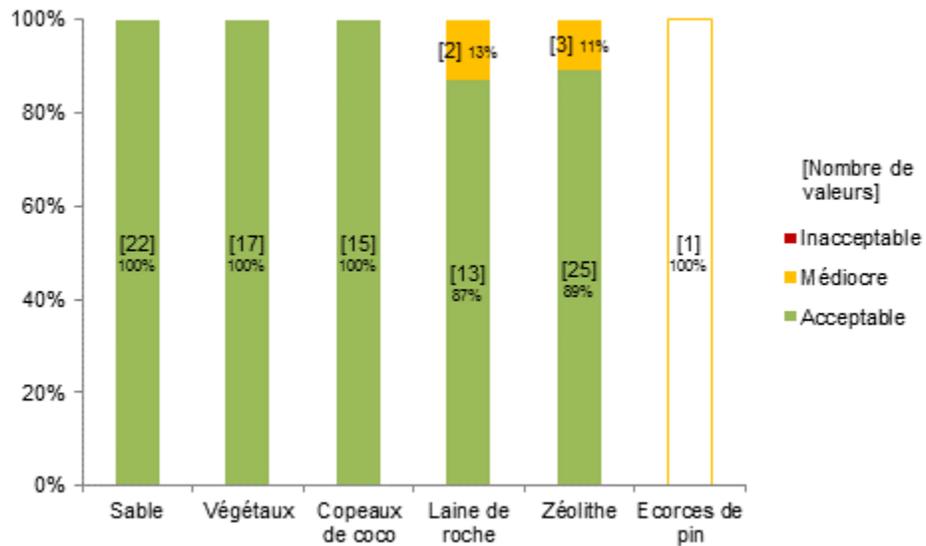


Figure 21 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFSF, du paramètre DCO

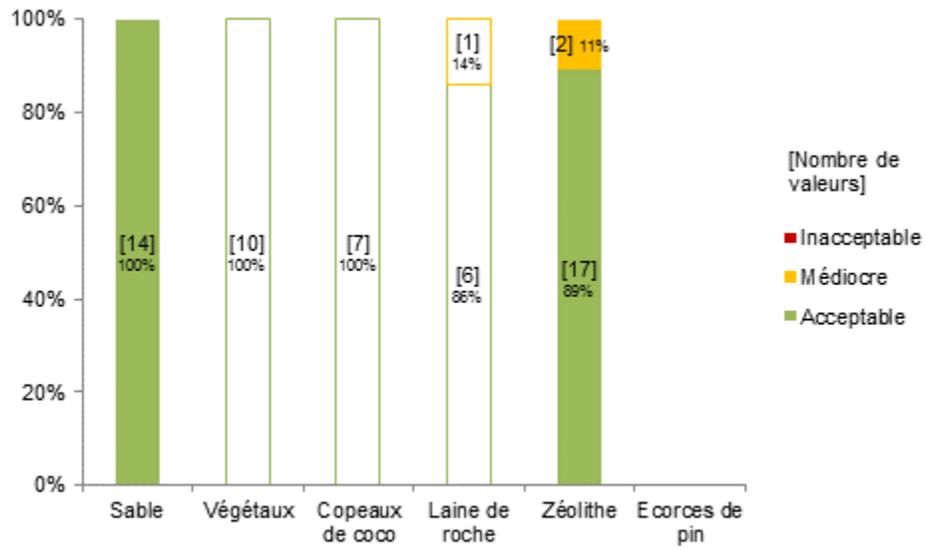


Figure 22: Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFSF, du paramètre DBO₅

Qualité des eaux usées traitées pour la famille des Cultures Fixées Immergées

Tableau 16 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ en mg/L (famille CFI)

en mg/L	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	36	133	21
Médiane	21	108	11
Maximum	251	605	131
Nombre de valeurs	83	83	53

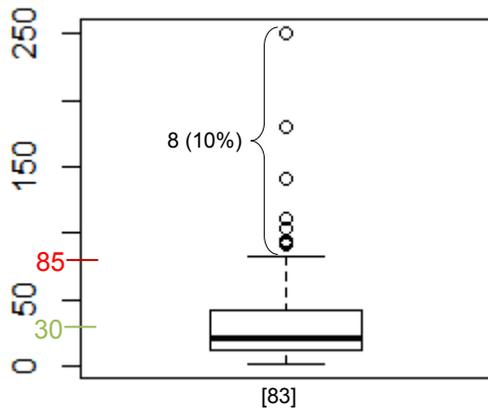


Figure 23 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre MES pour la famille CFI

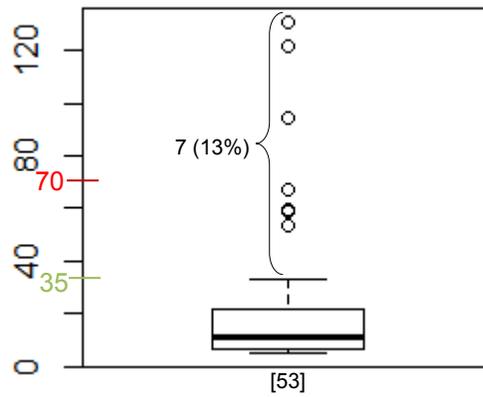


Figure 24 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ pour la famille CFI

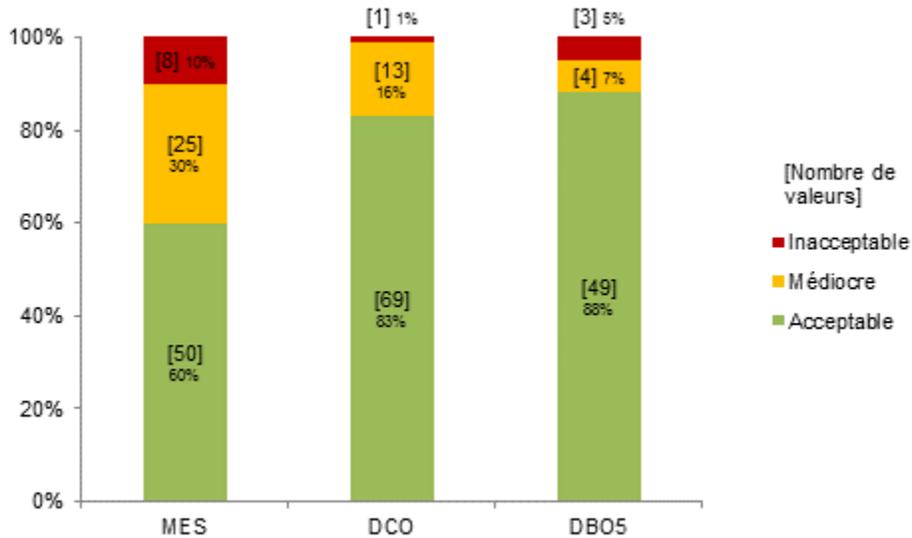


Figure 25 : Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO₅ (famille CFI)

Tableau 17 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ (en mg/L) selon les quatre filières de la famille des CFI

en mg/L	Lit fixe			Lit fluidisé			Disques biologiques		
	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	36	136	23	46	134	7	15	83	9
Médiane	23	109	12	34	160	7	15	84	6
Minimum		LQ		6	44	LQ	10	76	LQ
Maximum	250	605	131	111	171	9	18	88	18
Nombre de valeurs	75	75	50	4	4	2	4	4	4

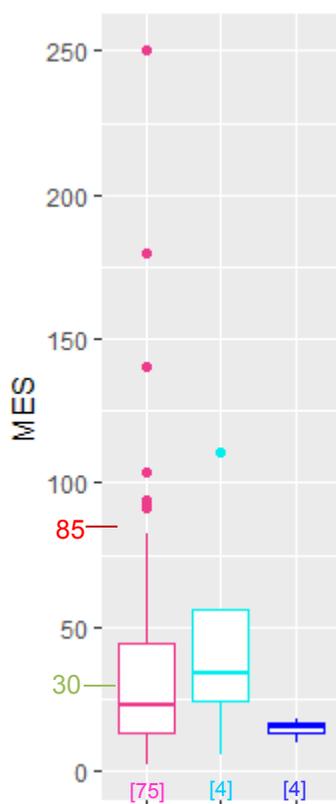


Figure 26 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les filières de la famille CFI

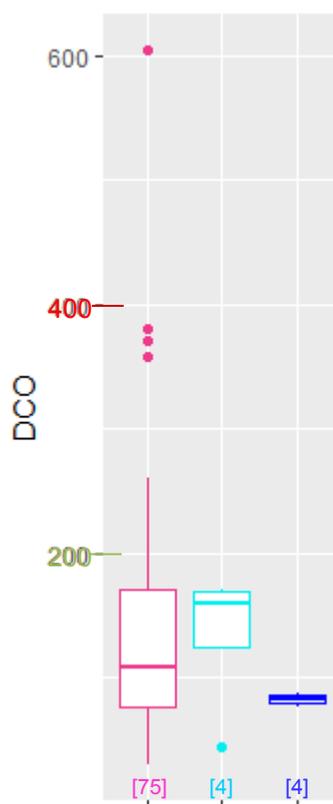


Figure 27 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les filières de la famille CFI

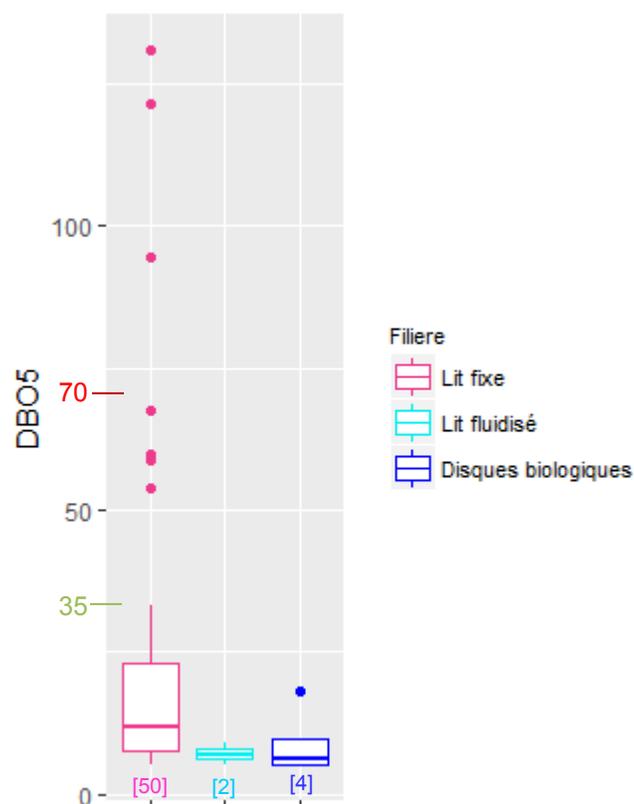


Figure 28 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les filières de la famille CFI

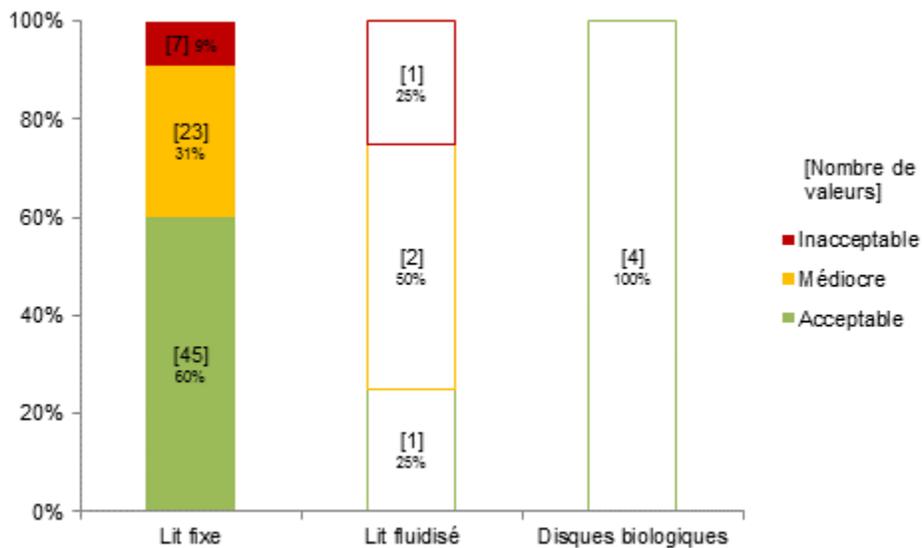


Figure 29 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFI, du paramètre MES

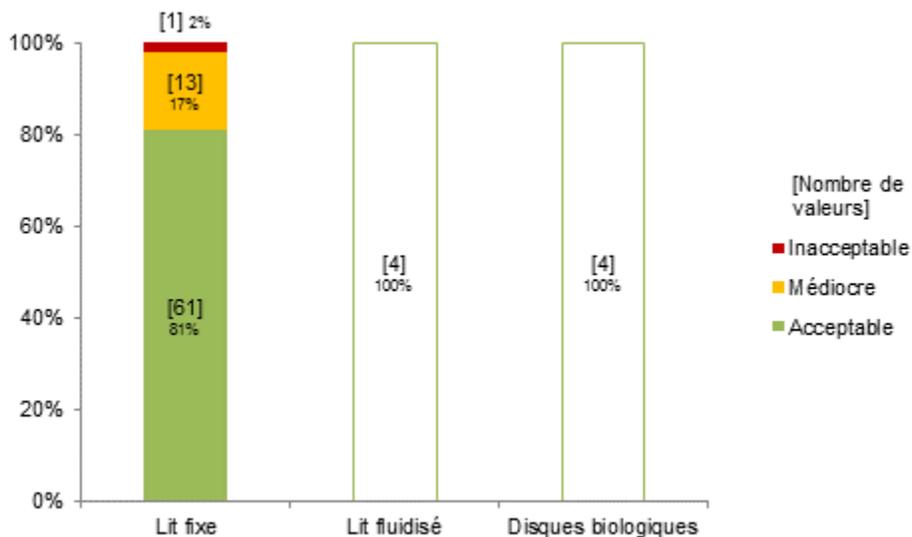


Figure 30 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFI, du paramètre DCO

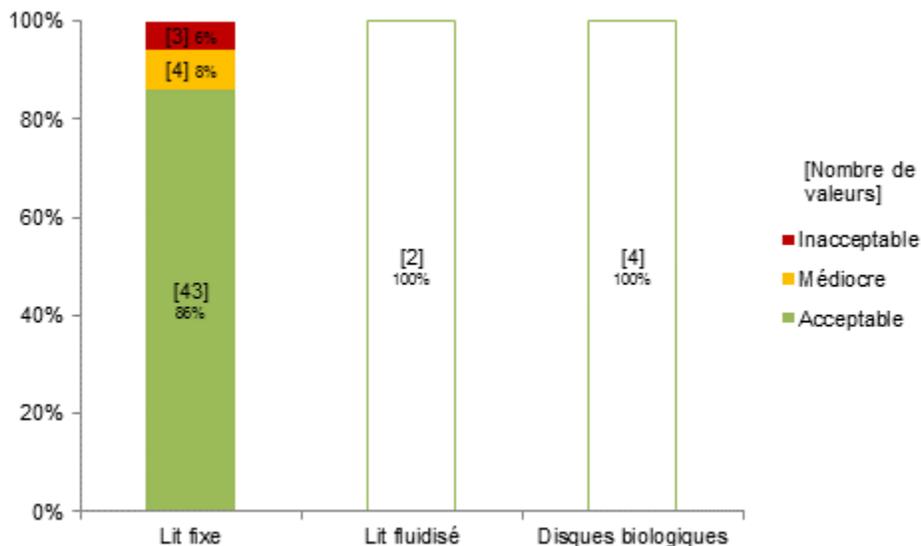


Figure 31 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CFI, du paramètre DBO₅

Qualité des eaux usées traitées pour la famille des Cultures Libres

Tableau 18 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ en mg/L (famille CL)

en mg/L	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	167	261	40
Médiane	52	147	18
Minimum	6	40	LQ
Maximum	1600	1691	174
Nombre de valeurs	50	50	31

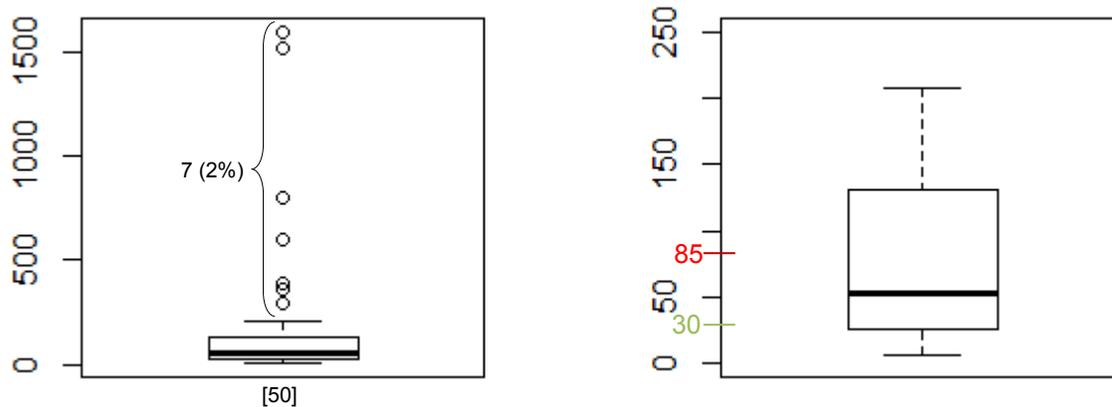


Figure 32 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre MES de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

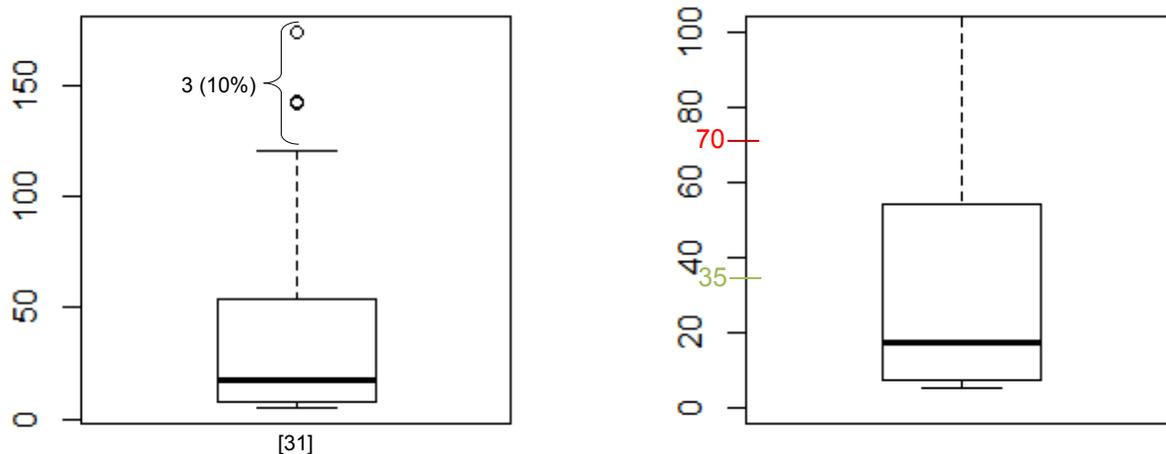


Figure 33 : Distribution de toutes les concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

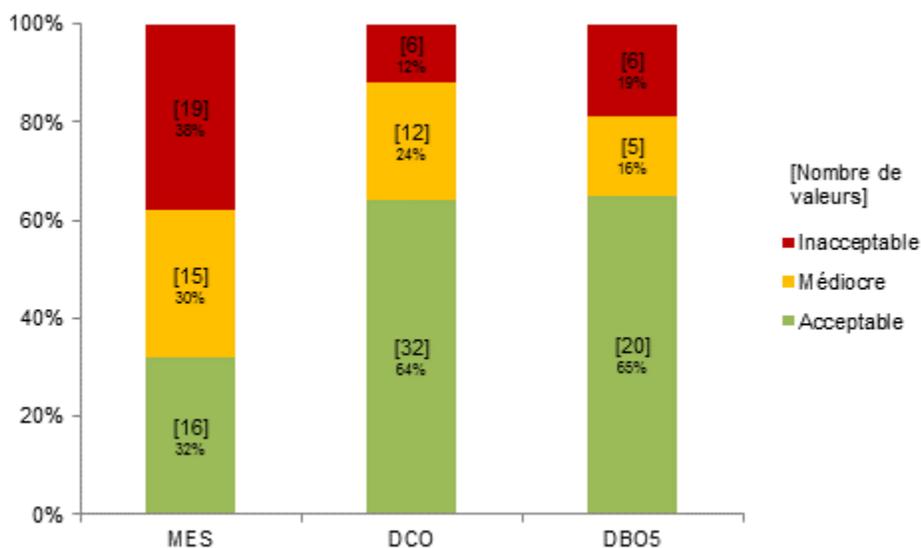


Figure 34: Répartition, dans chaque classe de qualité, des trois paramètres MES, DCO et DBO₅ (famille CL)

Tableau 19 : Concentrations des paramètres MES, DCO et DBO₅ (en mg/L) selon les quatre filières de la famille des CL

en mg/L	SBR			Traitement complémentaire			Classique			Sans décanteur primaire		
	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅	MES	DCO	DBO ₅
Moyenne	35	106	10	275	375		281	402	54	335	456	68
Médiane	30	90	7	196	245		86	213	45	179	338	52
Minimum	7	44	LQ	30	146		6	40	6	80	165	15
Maximum	85	317	35	599	733		1521	1691	120	1600	1398	174
Nombre de valeurs	26	26	13	3	3		8	8	7	13	13	11

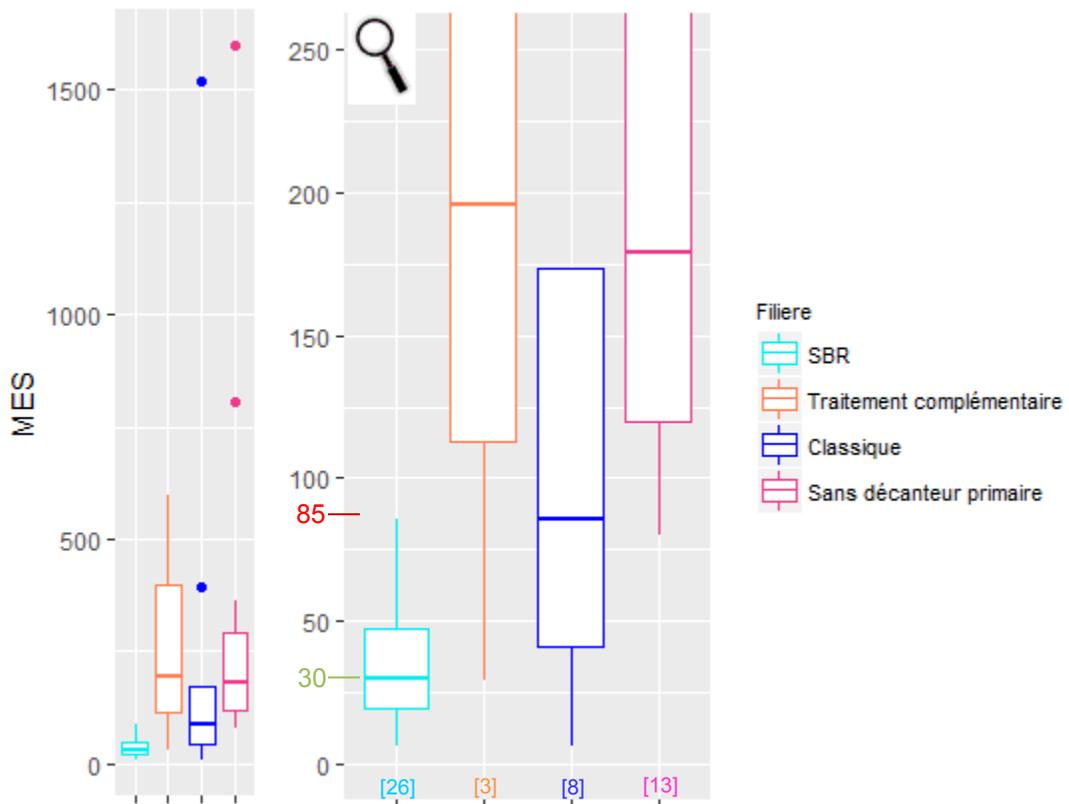


Figure 35: Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les filières de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

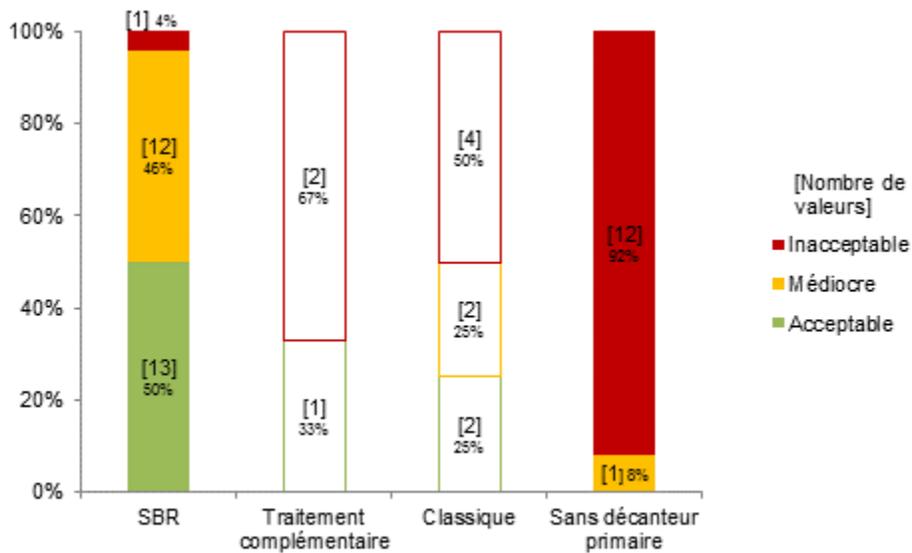


Figure 36 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CL, du paramètre MES

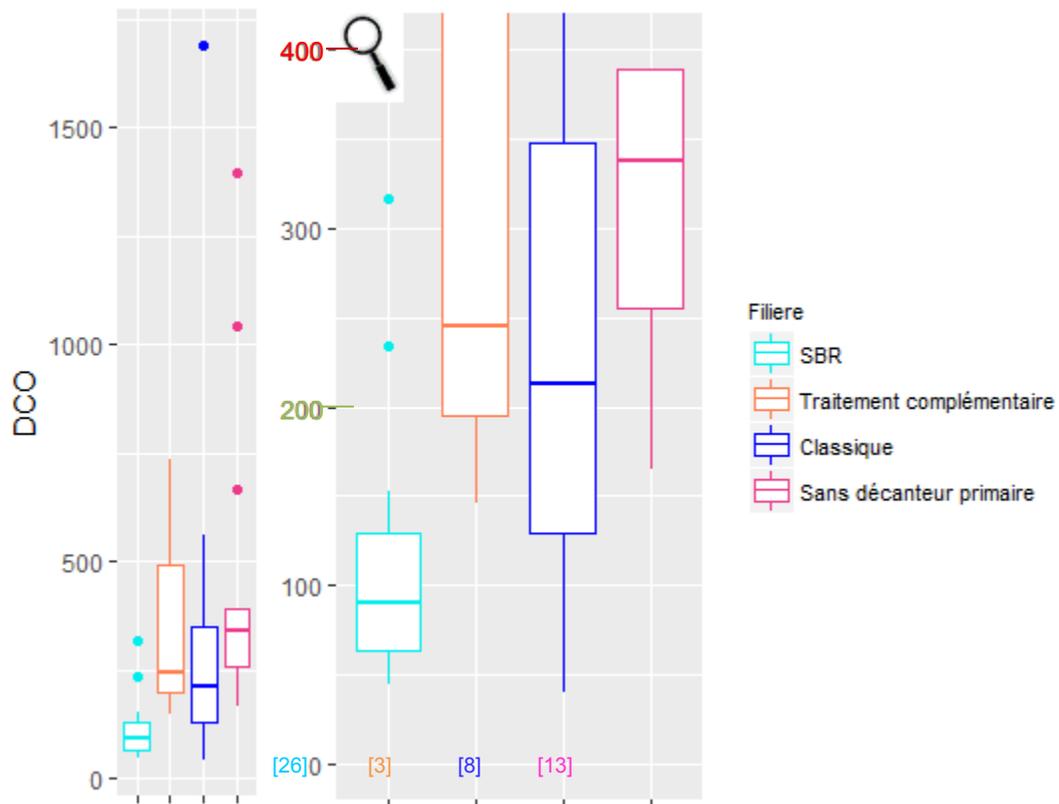


Figure 37: Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les filières de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

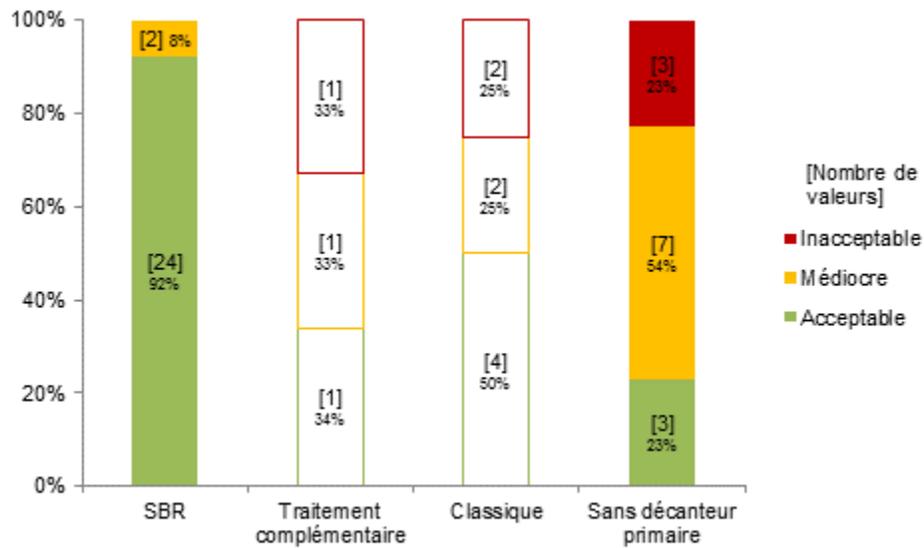


Figure 38 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CL, du paramètre DCO

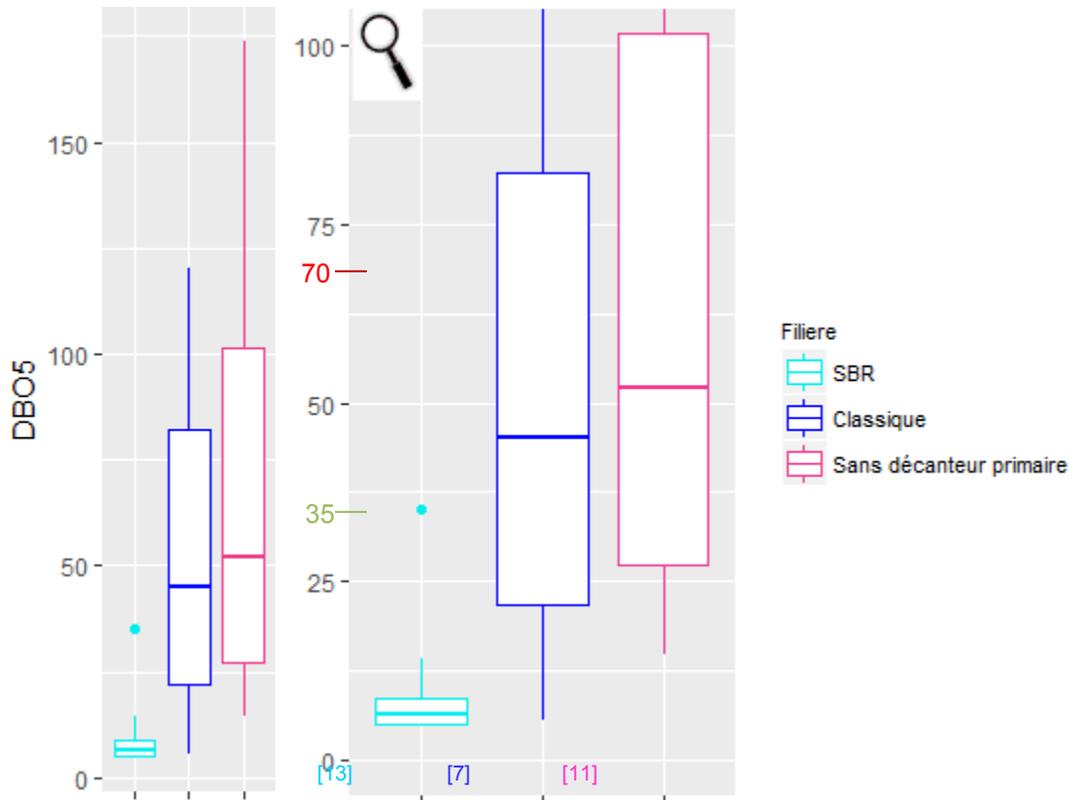


Figure 39 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les filières de la famille CL (à gauche) et zoom de 0 à 100 mg/L (à droite)

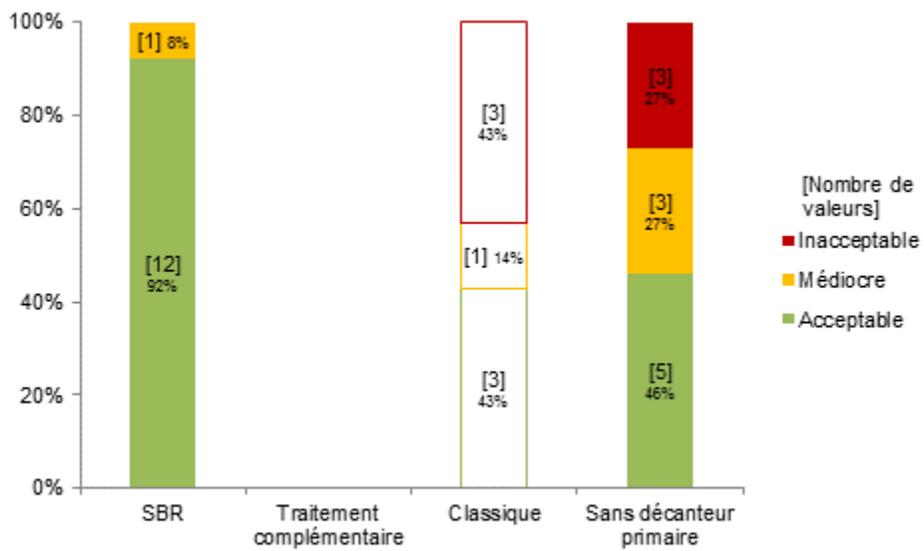


Figure 40 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les filières de la famille CL, du paramètre DBO₅

Annexe 12 : Influence du facteur « type de prélèvement » sur la variation de la qualité des eaux usées traitées pour les filières de la famille des CFI

Dans l'analyse statistique relative aux deux filières de la famille des CFI : « lit fixe » et « lit fluidisé », le « type de prélèvement » est identifié comme le seul facteur d'influence significatif de la qualité des eaux usées traitées. Cette annexe fournit les résultats détaillés de cette analyse.

Tableau 20 : Identification des facteurs d'influence (dont filières de la famille CFI) sur la concentration des paramètres MES et DCO

Facteurs d'influence	Influence significative identifiée	Variables dépendantes
Type de prélèvement	oui	MES, DCO
Filières de la famille CFI	non	MES, DCO
Age	non	MES, DCO
Taux de charge	non	MES, DCO

Tableau 21 : Quantification de l'influence du type de prélèvement sur les médianes des paramètres MES et DCO pour les filières de la famille CFI

	Prélèvement	
	Ponctuel	Bilan 24h
MES	Référence	- 52 %
DCO		- 28 %

Le Tableau 22 présente les moyennes, médianes, minima, maxima et nombre de valeurs associées aux deux types de prélèvement pour les variables dépendantes MES et DCO.

Tableau 22 : Concentrations des paramètres MES et DCO (en mg/L) selon le type de prélèvement pour les filières de la famille CFI

en mg/L		Ponctuel	Bilan 24h
MES	Moyenne	46	24
	Médiane	24	11
	Minimum	LQ	LQ
	Maximum	820	360
	Nombre de valeurs	248	133
DCO	Moyenne	158	104
	Médiane	109	80
	Minimum	LQ	LQ
	Maximum	1300	685
	Nombre de valeurs	248	133

Des représentations graphiques en boîte à moustaches et histogramme, paramètre par paramètre étoffent les descriptions numériques.

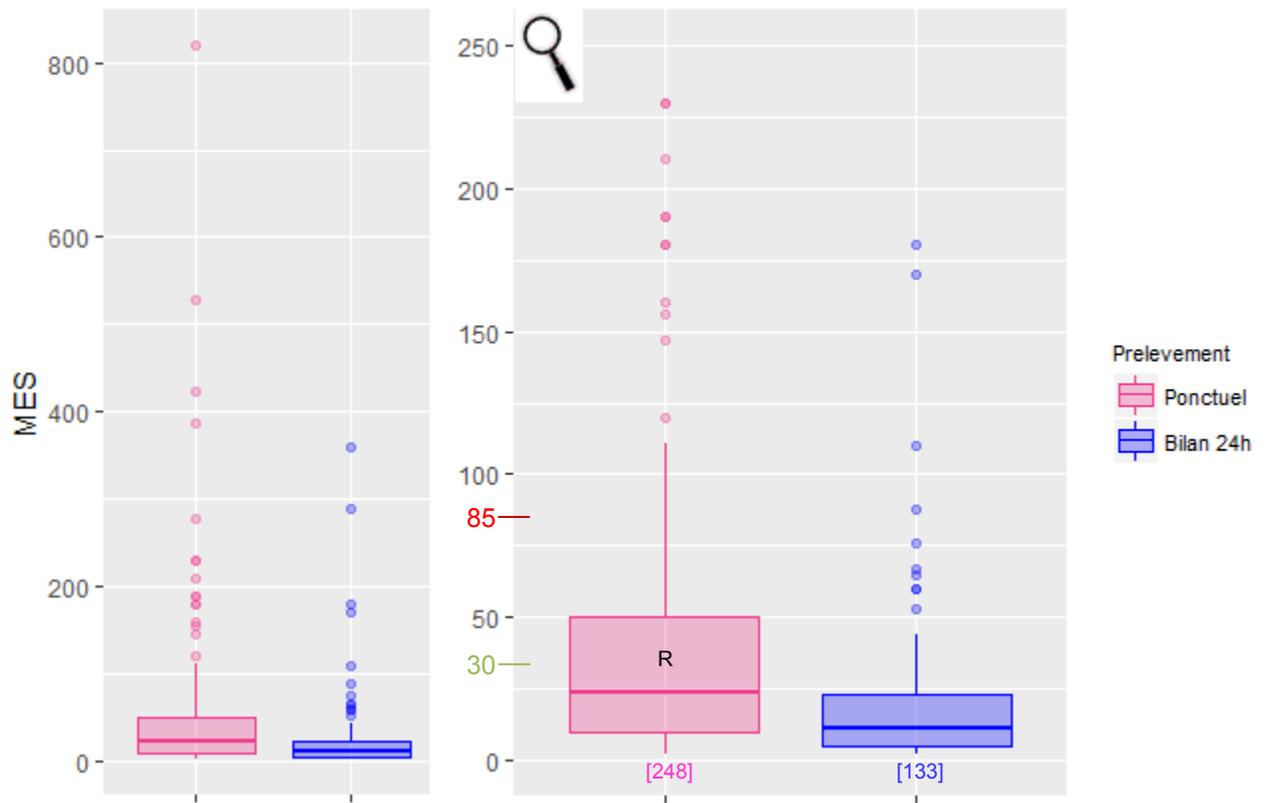


Figure 41 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon le type de prélèvement (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite) pour les filières de la famille CFI

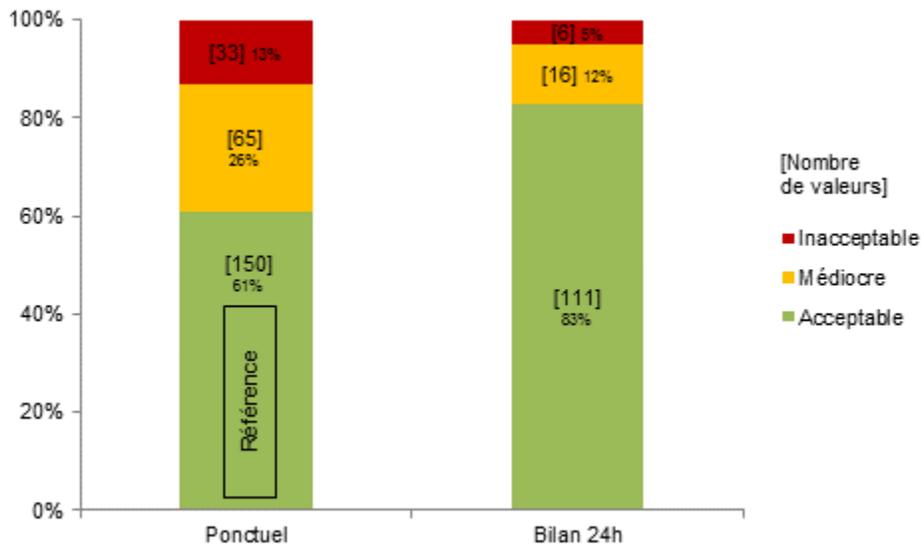


Figure 42 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon le type de prélèvement, du paramètre MES pour la filière CFI

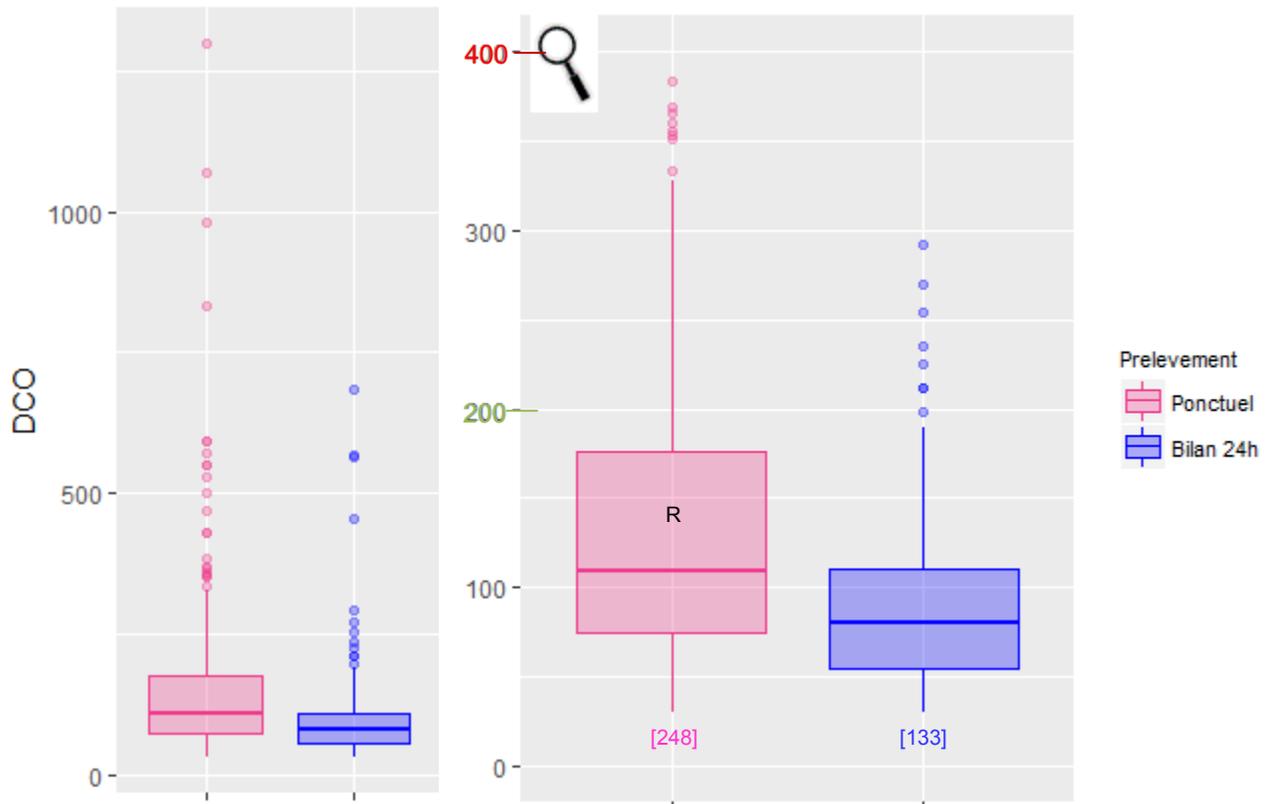


Figure 43 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon le type de prélèvement (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite) pour les filières de la famille CFI

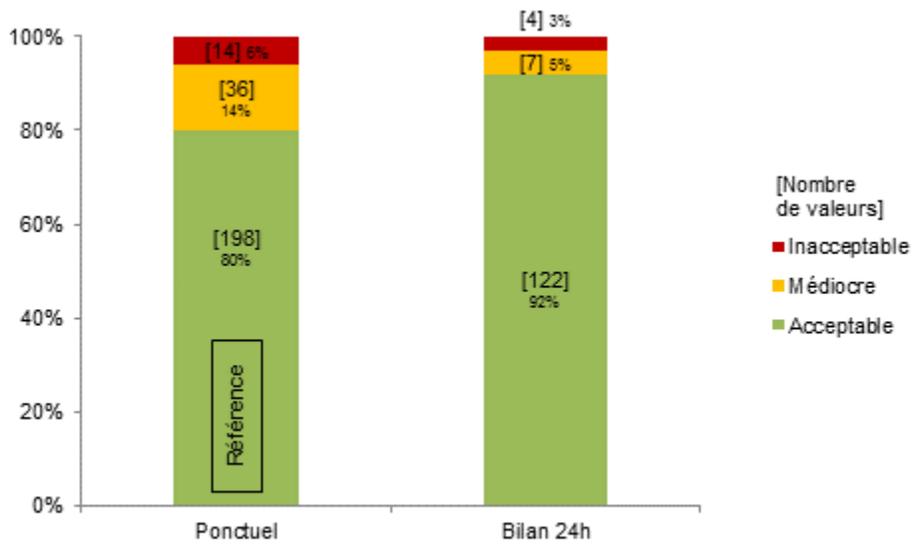


Figure 44 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon le type de prélèvement, du paramètre DCO pour les filières de la famille CFI

Annexe 13 : Qualité globale des eaux usées traitées

Valeurs individuelles des 80èmes percentiles des paramètres MES, DCO et DBO5 et classe de qualité des paramètres azotés par famille, filières et dispositifs

PARAMETRES		80 ^{ème} percentile			20 ^{ème} percentile	Classe globale	
		MES	DCO	DBO ₅	Azotés		
FAMILLE							
CFSF		31	121	14	vert		
CFI		49	174	20	vert		
CL		127	290	60	vert		
FILIERE							
CFSF	Végétaux	14	79	5,3	vert		
	Sable	18	53	6	vert		
	Copeaux de coco	30	107	14	vert		
	Zéolithe	68	178	30	vert		
	Laine de roche	44	181	48	orange		
	Ecorces de pin	-	-	-	-		
CFI	Disques biologiques	-	-	-	-		
	Lit fixe	49	177	20	vert		
	Lit fluidisé	84,6	181	-	vert		
CL	SBR	48	130	14	vert		
	Traitement complémentaire	136	265	-	orange		
	Classique	129	319	82	vert		
	Sans décanteur primaire	270	647	103	vert		
DISPOSITIF							
CFSF	Végétaux	Ab	14	79	5	vert	
	Sable	Aa1	19	58	7	vert	
	Copeaux de coco	Ad1	43	148	-	vert	
		Ad2	28	103	13	vert	
	Zéolithe	Ac1	111	223	29	vert	
		Ac2	62	170	29	vert	
	Laine de roche	Ae1	63	222	49	orange	
		Ae2	24	160	-	orange	
CFI	Lit fixe	Ba1	8	85	6	vert	
		Ba3	42	194	78	vert	
		Ba4	59	233	23	vert	
		Ba6	58	180	32	vert	
		Ba7	56	193	-	vert	
		Ba9	29	144	16	vert	
	Lit fluidisé	Bb	84,6	181	-	orange	
CL	SBR	Cd1	56	132	10	vert	
		Cd2	49	123	24	vert	
		Cd3	34	86	-	vert	
	Traitement complémentaire	Cc	136	265	-	orange	
	Classique	Cb1	129	319	82	orange	
	Sans décanteur primaire	Ca1	288	673	103	vert	

Annexe 14 : résultats pour les 12 dispositifs dont le nombre de données est restreint

Pour rappel, ces résultats concernent les dispositifs présentés dans le Tableau 23.

Tableau 23 : Nombre de prélèvements ou d'installations suivies des 12 dispositifs aux données restreintes

Famille		CFSF			CFI		
Filière		Sable		Ecorces de pin	Lit fixe		
Dispositif		Aa2	Aa3	Af1	Ba2	Ba5	Ba8
Nombre	de prélèvements	1	41	3	10	6	3
	d'installations suivies	1	1	1	2	3	1

Famille		CFI		CL				
Filière		Disques biologiques		Sans décanteur primaire	Classique		SBR	
Dispositif		Bc1		Ca2	Cb2	Cb3	Cd4	Cd5
Nombre	de prélèvements	7		3	5	5	4	4
	d'installations suivies	4		1	1	1	3	1

Tableau 24: Paramètres MES, DCO, DBO₅ et formes azotées des trois dispositifs de la famille des CFSF

Famille CFSF		Sable											
		Aa2						Aa3					
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
		Moyenne	21	51	9	11	7	15	10	36	5	4	4
Médiane	21	51	9	11	7	15	5	33	5	4	3	63	
Minimum	21	51	9	11	7	15		LQ		LQ	LQ	31	
Maximum	21	51	9	11	7	15	45	63	10	13	11	80	
Nombre de valeurs	1	1	1	1	1	1	41	41	41	41	41	41	
Famille CFSF		Ecorces de pin											
		Af											
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
		Moyenne	59	282	-	69	38	42					
		Médiane	66	247	-	57	47	40					
		Minimum	11	235	-	49	15	LQ					
		Maximum	100	365	-	100	54	86					
		Nombre de valeurs	3	3	0	3	3	3					

Tableau 25: Paramètres MES, DCO, DBO₅ et formes azotées des quatre dispositifs de la famille des CFI

Famille des CFI		Lit Fixe											
		Ba2						Ba5					
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
Moyenne	19	110	-	27	31	27	8	59	6	15	17	37	
Médiane	18	110	-	25	25	23	8	59	6	4	2	35	

Minimum	LQ	51	-	3	LQ	5	LQ	34	LQ	2	LQ	4	
Maximum	56	183	-	45	66	59	18	82	8	72	64	69	
Nombre de valeurs	10	10	0	8	10	10	6	6	6	6	4	6	
	Ba8												
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻							
Moyenne	19	81	-	4	2	9							
Médiane	13	85	-	3	1	10							
Minimum	5	61	-	3	LQ	8							
Maximum	39	96	-	5	3	10							
Nombre de valeurs	3	3	0	3	3	3							
	Disques biologiques												
	Bc												
	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻							
Moyenne	16	85	12	12	8	27							
Médiane	14	82	7	8	6	13							
Minimum	LQ	36	LQ	3	LQ	11							
Maximum	44	140	37	29	22	54							
Nombre de valeurs	7	7	6	7	7	7							

Tableau 26 : Paramètres MES, DCO, DBO₅ et formes azotées des cinq dispositifs de la famille des CL

Famille CL		SBR											
		Cd4					Cd5						
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
	Moyenne	53	151	-	14	10	54	26	234	-	60	43	40
	Médiane	43	122	-	16	12	67	22	141	-	37	30	47
	Minimum	26	72	-	4	LQ	3	18	111	-	13	10	LQ
	Maximum	99	290	-	20	13	81	43	541	-	153	104	65
	Nombre de valeurs	4	4	0	4	4	4	4	4	0	4	4	4
		Classique											
		Cb2					Cb3						
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
	Moyenne	7	73	-	12	11	24	1521	1691	11	95	19	41
	Médiane	3	94	-	2	1	9	104	101	11	11	1	54
	Minimum	LQ	-	-	LQ	-	-	16	62	11	4	LQ	-
	Maximum	15	101	-	29	26	72	7230	7740	11	338	82	66
	Nombre de valeurs	5	5	0	5	5	5	5	5	1	5	5	5
		Sans décanteur primaire											
		Ca2											
		MES	DCO	DBO ₅	NK	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻						
	Moyenne	107	373	-	127	109	1						
Médiane	63	352	-	141	117	1							
Minimum	58	242	-	96	80	LQ							
Maximum	200	526	-	143	129	2							
Nombre de valeurs	3	3	0	3	3	3							

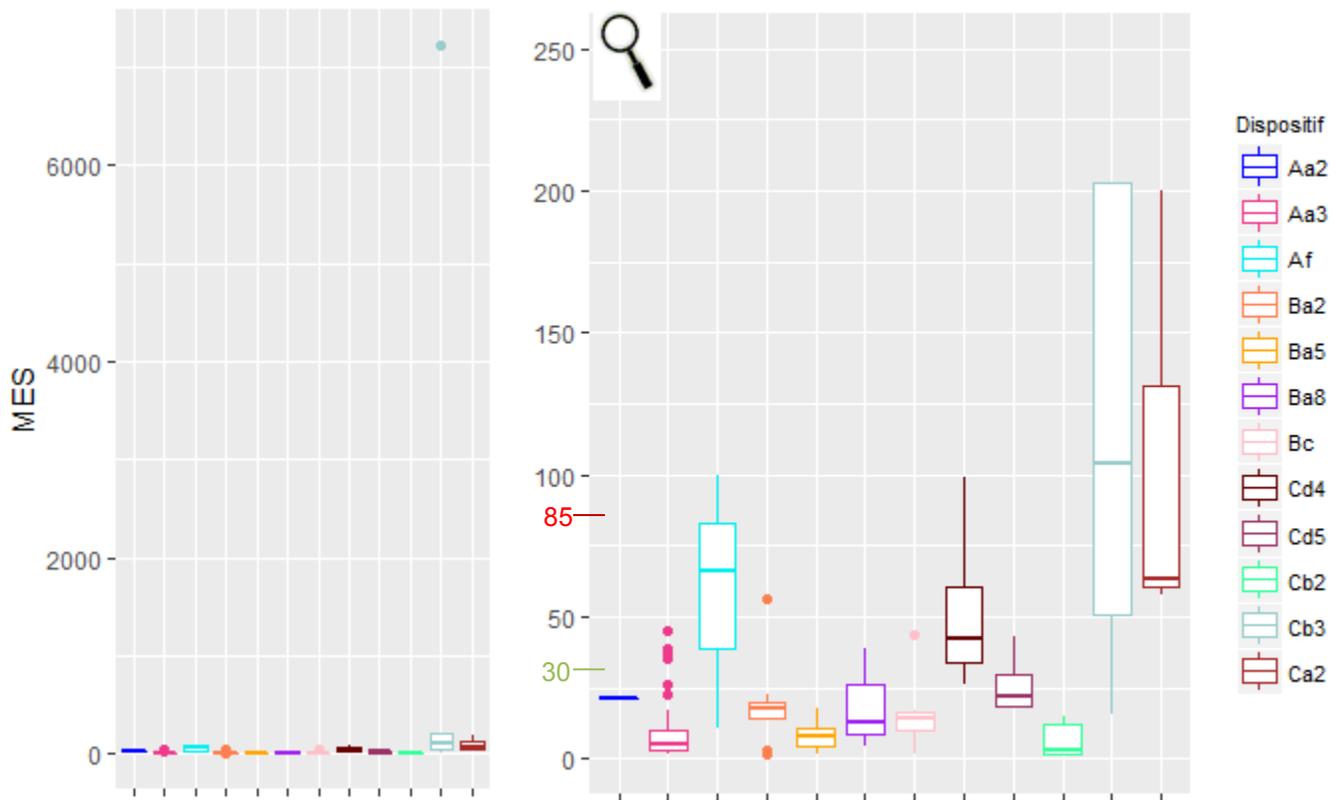


Figure 45 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre MES selon les dispositifs (à gauche) et zoom de 0 à 250 mg/L (à droite)

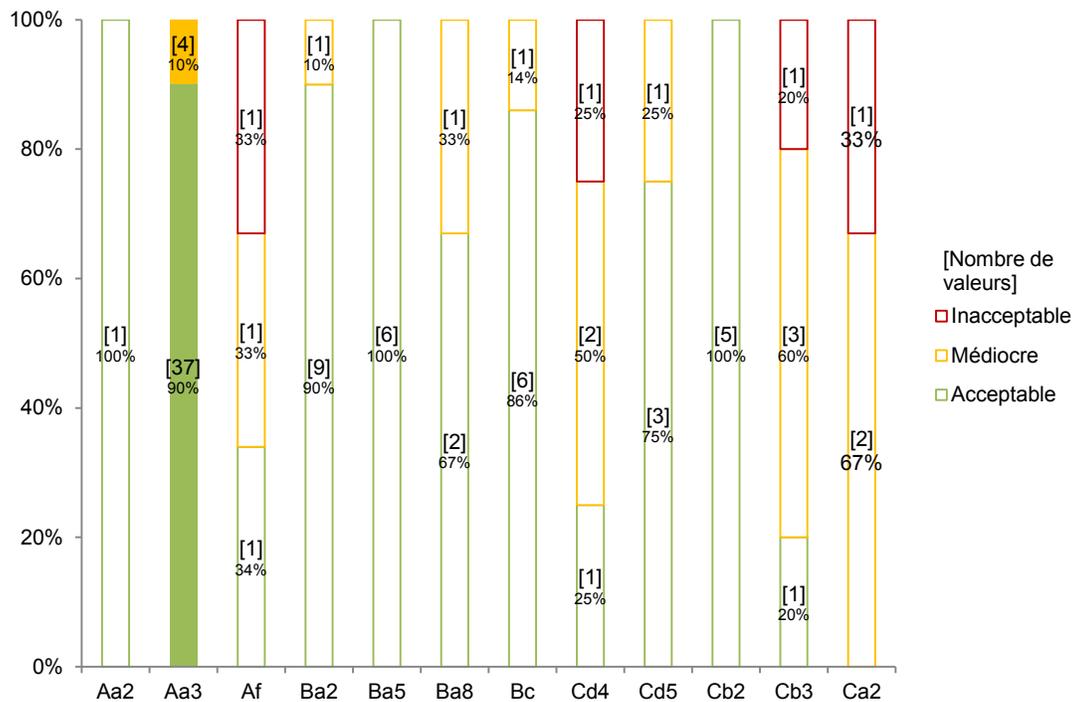


Figure 46 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, du paramètre chimique MES

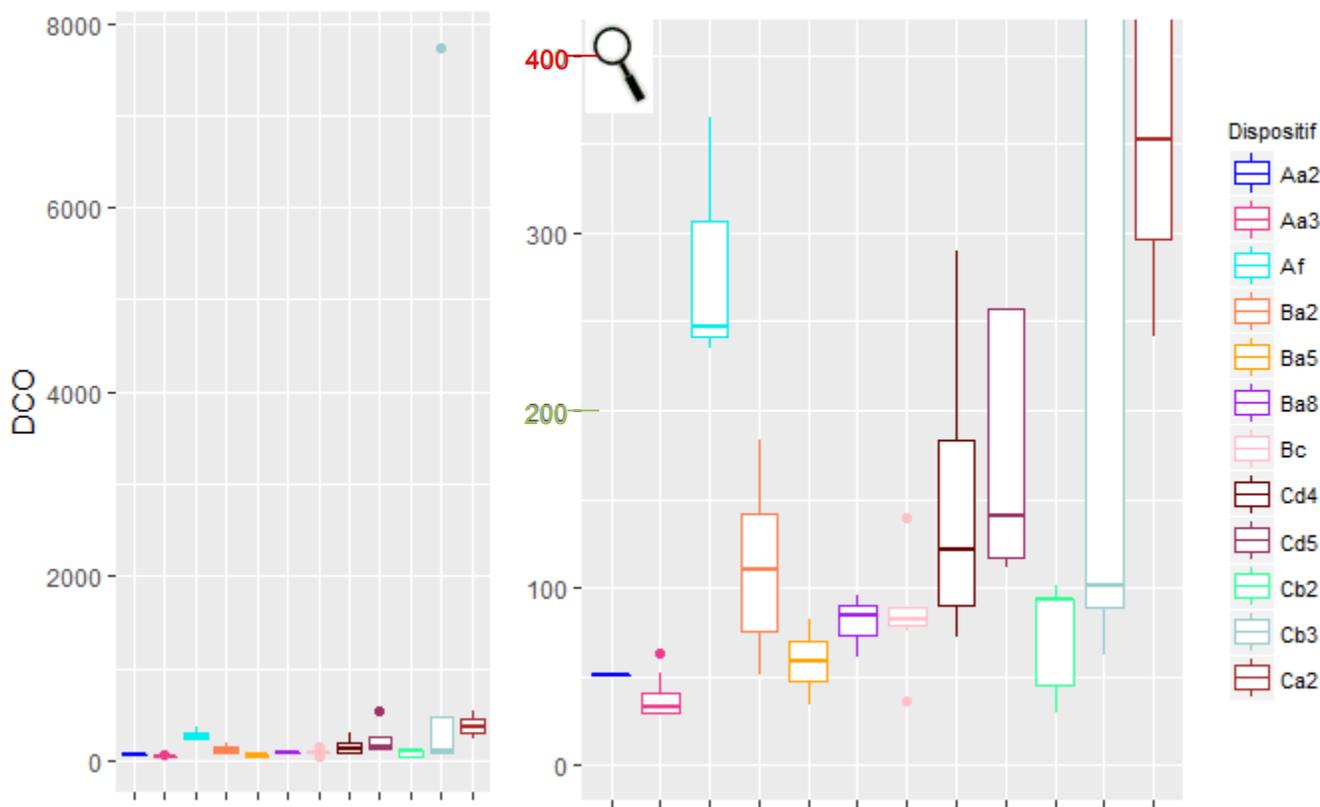


Figure 47 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DCO selon les dispositifs (à gauche) et zoom de 0 à 400 mg/L (à droite)

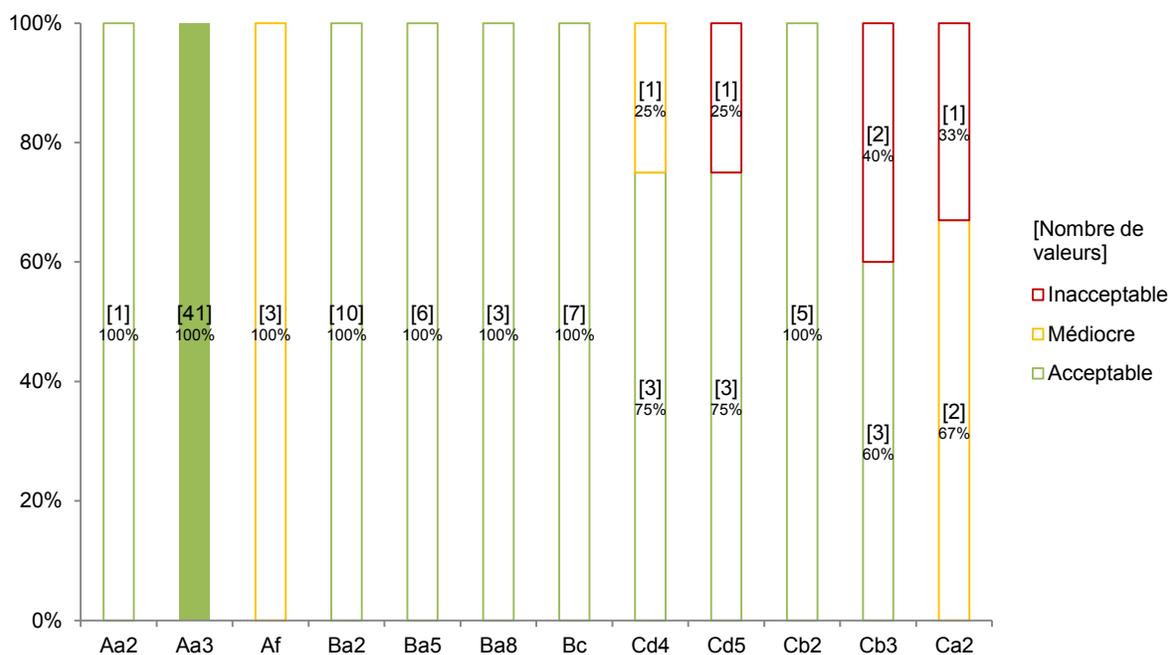


Figure 48 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, du paramètre chimique DCO

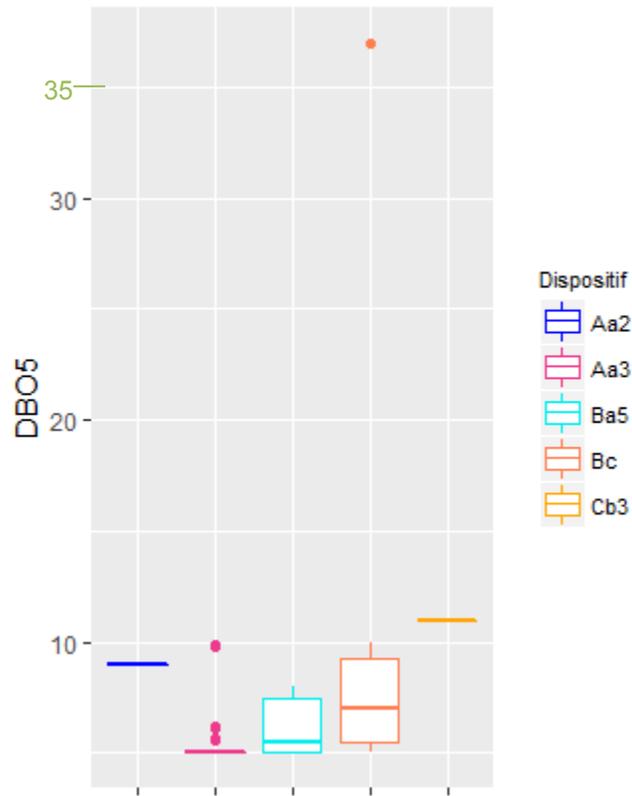


Figure 49 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre DBO₅ selon les dispositifs

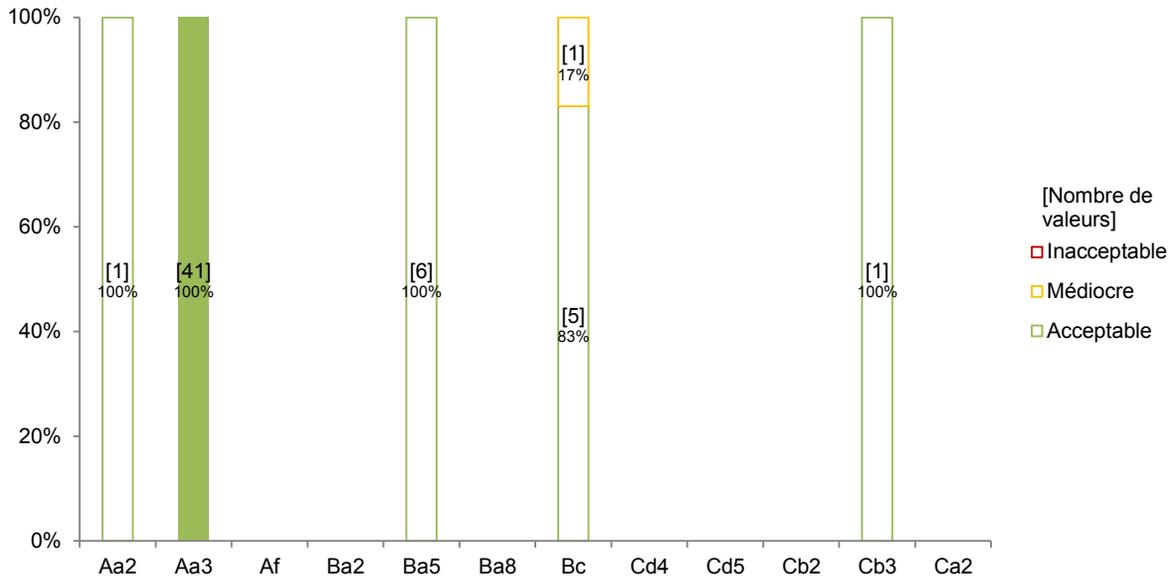


Figure 50 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, du paramètre chimique DBO₅

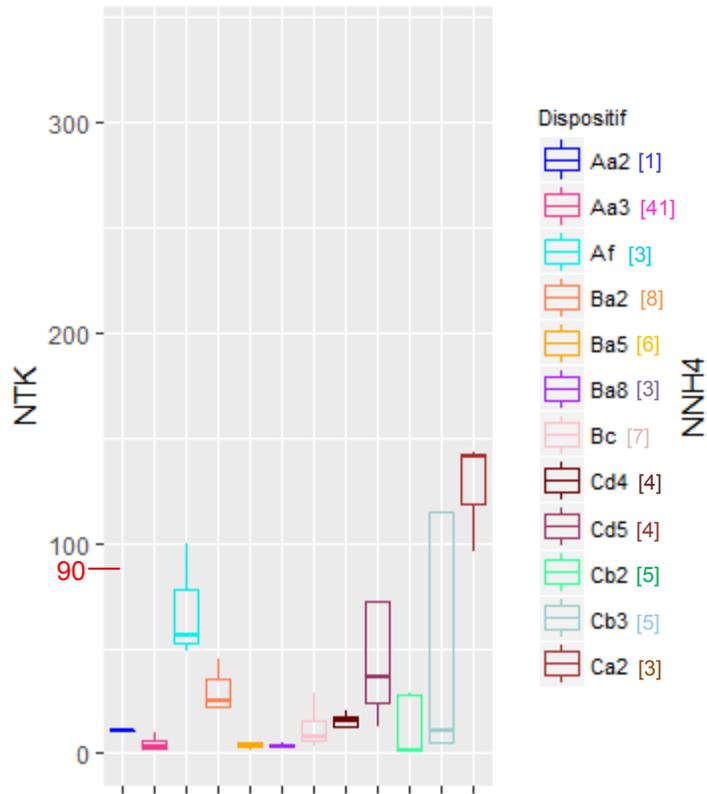


Figure 51 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre NK selon les dispositifs

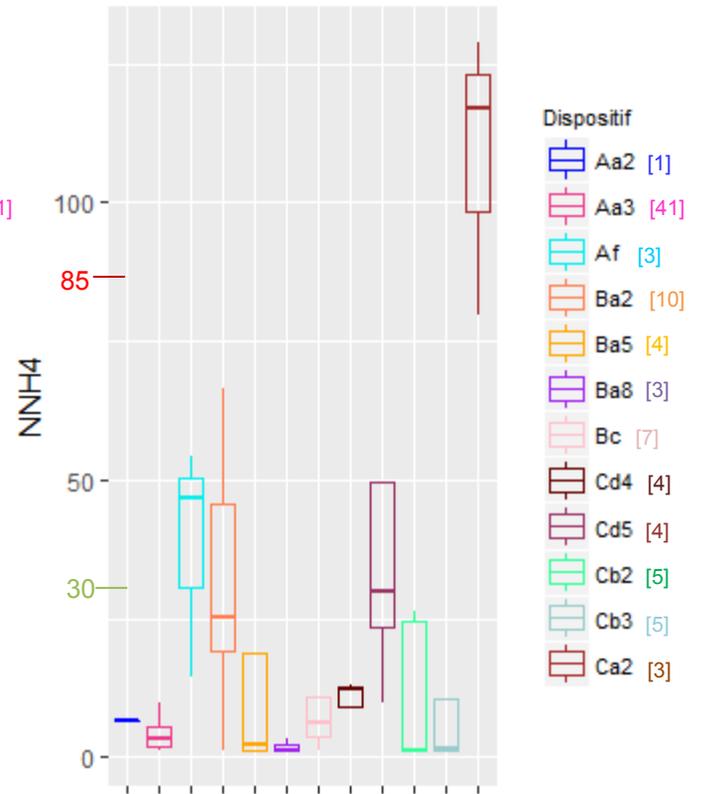


Figure 52 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NH_4^+$ selon les dispositifs

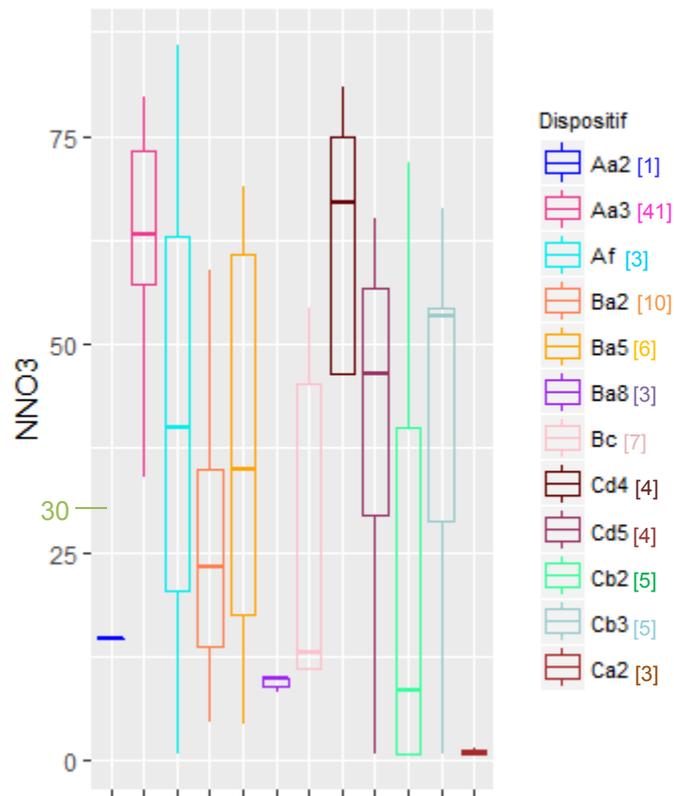


Figure 53 : Distribution des concentrations (en mg/L) du paramètre $N-NO_3^-$ selon les dispositifs

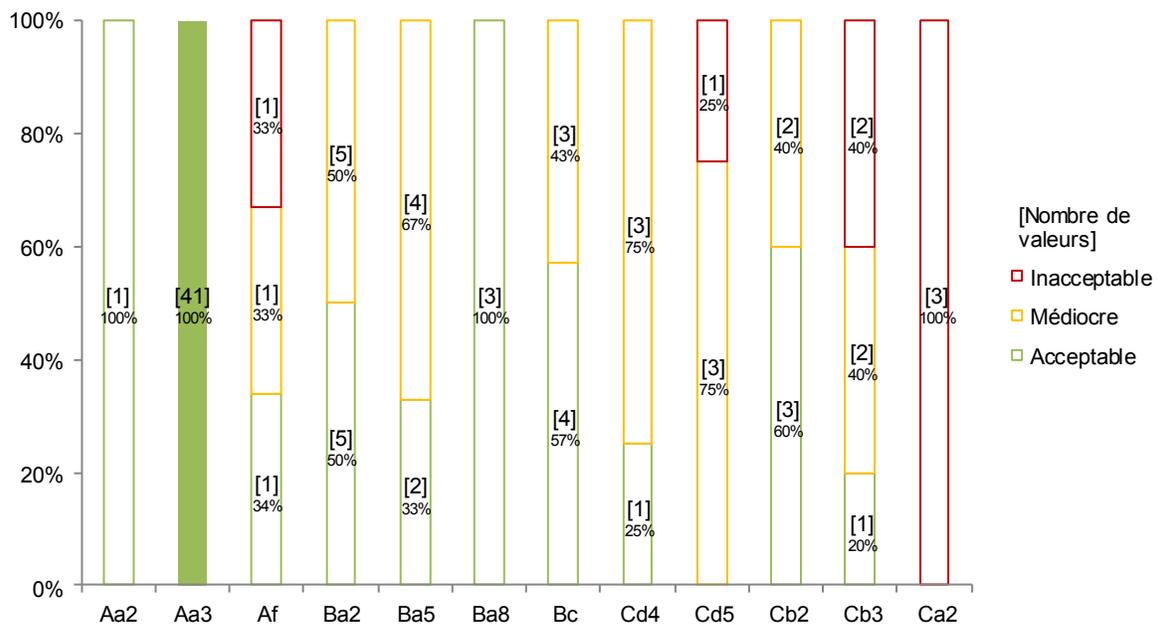


Figure 54 : Répartition dans chaque classe de qualité, selon les dispositifs, des paramètres azotés

Annexe 15 : Analyse des opérations de vidange

Ce sont 219 installations pour lesquelles les opérations de vidange ont été répertoriées. Ce ne sont pas systématiquement les mêmes que celles pour lesquelles on dispose d'éléments pour les opérations d'entretien « curatif ».

Les règles retenues sont décrites en Chapitre 2.6, p 50, ainsi que la méthodologie permettant d'analyser ces opérations de vidange.

Les règles retenues sont basées selon les postulats suivants :

Pour une installation ayant un taux de charge élevé (> 80 %) :

- Le propriétaire trouve acceptable de réaliser une opération de vidange tous les 4 ans,
- Le propriétaire ne trouve pas acceptable de réaliser,
 - plus d'une opération de vidange tous les 4 ans (fréquence trop forte),
 - moins d'une opération de vidange tous les 4 ans (fréquence trop faible).

Ces règles d'acceptabilité de fréquence de vidange ont été définies à dire d'expert, en se positionnant à la place du propriétaire de l'installation, soucieux d'une maintenance optimum, sans lien aucun avec les éventuelles garanties commerciales dont chaque dispositif peut éventuellement bénéficier. Ces affirmations donnent le même degré d'acceptabilité aux fréquences trop rares qu'aux fréquences trop importantes. Une analyse plus fine, réalisée dans cette partie, permet de distinguer les deux situations.

Ces règles ne peuvent s'appliquer à la filière des végétaux car la fréquence de vidange est plus élevée. En effet, le curage du 1er étage est réalisé après une dizaine d'années de fonctionnement pour un dispositif à pleine charge

C'est par ces règles décrites en chapitre 2.6, p 50 que sont définies des degrés d'acceptabilité de fréquence de vidange en trois catégories : « inacceptable », « médiocre », « acceptable » relatée au Tableau 27. Ce degré d'acceptabilité est fonction du taux de charge de l'installation, de son âge et nombre d'opérations de vidange effectuées depuis sa mise en service. Pour les installations classées comme ayant une fréquence de vidange « médiocre », deux cas sont possibles : elles n'ont pas été assez vidangées (dans ce cas, la case est colorée en jaune clair) ou elles ont été trop vidangées (la case est colorée en jaune foncé). Il en va de même pour les installations dont la fréquence de vidange est « inacceptable » : les cases sont colorées en bleu clair pour les installations pas assez vidangées et en bleu foncé pour les installations trop vidangées.

Tableau 27 : Règles « floues » pour les opérations de vidange selon les trois classes du taux de charge

Taux de charge élevé (> 80 %)	Age - Nb d'opérations de vidange	Jeune (< 1 an)	Moyen (3 ans – 5 ans)	Elevé (> 7 ans)
	0 opération	Acceptable (10)	Médiocre (5)	Inacceptable (0)
	1 opération	Médiocre (5)	Acceptable (10)	Médiocre (5)
	2 opérations ou plus	Inacceptable (0)	Médiocre (5)	Acceptable (10)
Taux de charge moyen (40 % - 60 %)	Age - Nb d'opérations de vidange	Jeune (< 1 an)	Moyen (3 ans – 5 ans)	Elevé (> 7 ans)
	0 opération	Acceptable (10)	Acceptable (10)	Médiocre (5)
	1 opération	Inacceptable (0)	Médiocre (5)	Acceptable (10)
	2 opérations ou plus	Inacceptable (0)	Médiocre (5)	Médiocre (5)

Taux de charge faible (< 20 %)	Age - Nb d'opérations de vidange	Jeune (< 1 an)	Moyen (3 ans – 5 ans)	Elevé (> 7 ans)
	0 opération	Acceptable (10)	Acceptable (10)	Acceptable (10)
	1 et 2 opérations ou plus	Inacceptable (0)	Inacceptable (0)	Médiocre (5)

a. Analyse des opérations de vidange pour chacune des 3 familles

L'analyse porte sur 219 installations en nombres variables selon les familles étudiées : de 43 à 95 installations. L'analyse porte sur des effectifs équivalents pour la famille des CFSF (95 installations) et celles des CFI (81 installations). L'effectif est d'environ de moitié pour la famille des CL (43 installations). Ces 219 installations ont cumulé 82 opérations de vidange ; certaines installations n'ont eu aucune vidange, le maximum rencontré sur une installation s'établit à 6 vidanges.

Le Tableau 28 regroupe le contexte de l'analyse (effectif, âge en fin de suivi) et fournit les résultats obtenus par les règles précitées et ce, pour chaque famille. L'outil utilise la logique floue pour analyser la situation de chaque famille et lui attribuer une note dite « inférée² ». C'est à partir de ces notes « inférées » qu'est définie la moyenne de chaque famille.

Les opérations de vidange sont connues pour des dispositifs dont les gammes d'âge sont étendues : de 1 mois à plus de 12 ans. Les médianes sont équivalentes pour les trois familles, elles dépassent légèrement 3 années et attestent de la jeunesse du parc suivi.

Les taux de charge recalculés des dispositifs couvrent une amplitude large : de 10 % à 120 % pour les deux familles CFI et CL. Le taux de charge de plus de 200 % est retrouvé dans la famille des CFSF. Les médianes restent dans le même ordre de grandeur (50 %) même si elle est légèrement supérieure pour la famille des CFSF (57 %).

Tableau 28 : Analyse des opérations liées à la vidange par la logique floue pour les 3 familles

Familles	Nombre d'installations	Age en fin de suivi (années)		Taux de charge (%)		Nombre d'installations avec des opérations aux fréquences:		
		Gamme	Médiane	Gamme	Médiane	Acceptable	Médiocre	Inacceptable
CFSF	95	[0,8 ; 12,6]	3,4	[17,4 ; 213]	57	69	22	3
CFI	81	[0,1 ; 6,2]	3,1	[12,5 ; 118]	50	58	21	2
CL	43	[0,3 ; 5,3]	3,1	[14,5 ; 110]	50	24	15	4

L'ensemble de ces résultats est visualisé sous forme d'histogramme en Figure 55. Le même jeu de couleurs que celui du Tableau 27 est utilisé pour distinguer, parmi les installations ayant une fréquence de vidange « médiocre » ou « inacceptable », celles qui n'ont pas été assez vidangées et celles qui l'ont trop été.

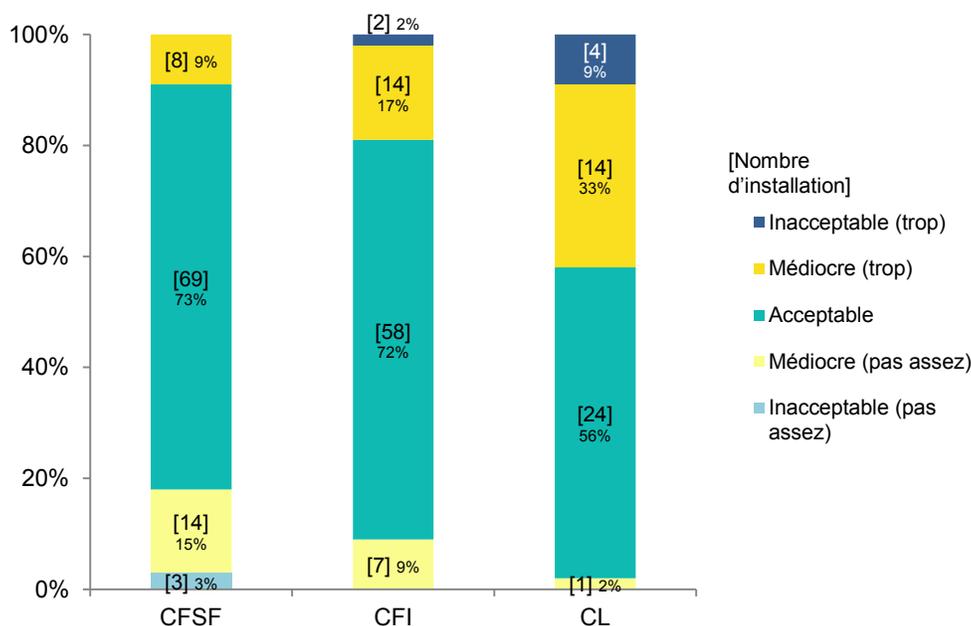


Figure 55 : Répartition des installations par famille selon leurs fréquences de vidange « acceptable », « médiocre » (trop ou pas assez) ou « inacceptable » (trop ou pas assez)

Dans des fréquences d'acceptabilité « médiocre » ou « inacceptable », la majorité des installations des CFSF suivies n'a pas été assez vidangée ; à l'inverse, les installations des CFI et CL l'ont été trop souvent.

b. Analyse des opérations de vidange pour chacune des 13 filières

L'analyse porte sur des installations dont l'effectif est variable selon les filières étudiées (de 1 à 73 installations par filières).

Le Tableau 29 regroupe le contexte de l'analyse (effectif, âge en fin de suivi) et fournit les résultats obtenus par les règles précitées et ce, pour chaque filière.

Tableau 29 : Analyse des opérations de vidange par la logique floue pour les 13 filières

Familles	Filières	Nombre d'installations	Age en fin de suivi (années)		Taux de charge %		Nombre d'installations avec des opérations aux fréquences:		
			Gamme	Médiane	Gamme	Médiane	Acceptable	Médiocre	Inacceptable
CFSF	Sable	21	[0,9 ; 8,8]	4,3	[26,4 ; 213]	58,7	12	8	1
	Végétaux	18	[2,3 ; 5,2]	2,9	[20 ; 95,4]	45,5	18	0	0
	Zéolithe	27	[0,8 ; 12,6]	3,8	[20 ; 88,2]	52,6	17	8	2
	Copeaux de coco	15	[1,3 ; 4,8]	2,6	[17,4 ; 93,5]	61,0	12	3	0
	Laine de roche	12	[0,8 ; 5,4]	3,0	[40 ; 93,5]	70,4	9	3	0
	Ecorces de pin	1		1,2		37,2	1	0	0
CFI	Lit fixe	73	[0,1 ; 6,2]	3,2	[12,5 ; 118]	50,0	51	20	2
	Lit fluidisé	4	[1,3 ; 2,5]	1,8	[33,3 ; 64]	36,9	4	0	0

	Disques biologiques	4	[2,7 ; 4,1]	2,9	[20 ; 104,4]	67,9	3	1	0
CL	Sans décanteur I	10	[0,8 ; 5,2]	4,0	[28,6 ; 74,8]	48,6	3	6	1
	Classique	8	[0,3 ; 5,3]	3,7	[40 ; 110,3]	65,8	5	2	1
	Trait. Compl.	2	[0,5 ; 3,1]	1,8	[40 ; 54,8]	47,4	1	1	0
	SBR	23	[0,8 ; 5,3]	3,0	[14,5 ; 89,7]	45,7	15	6	2

L'ensemble des résultats obtenus pour les filières ayant au moins 3 installations est visualisé sous forme d'histogramme en Figure 56.

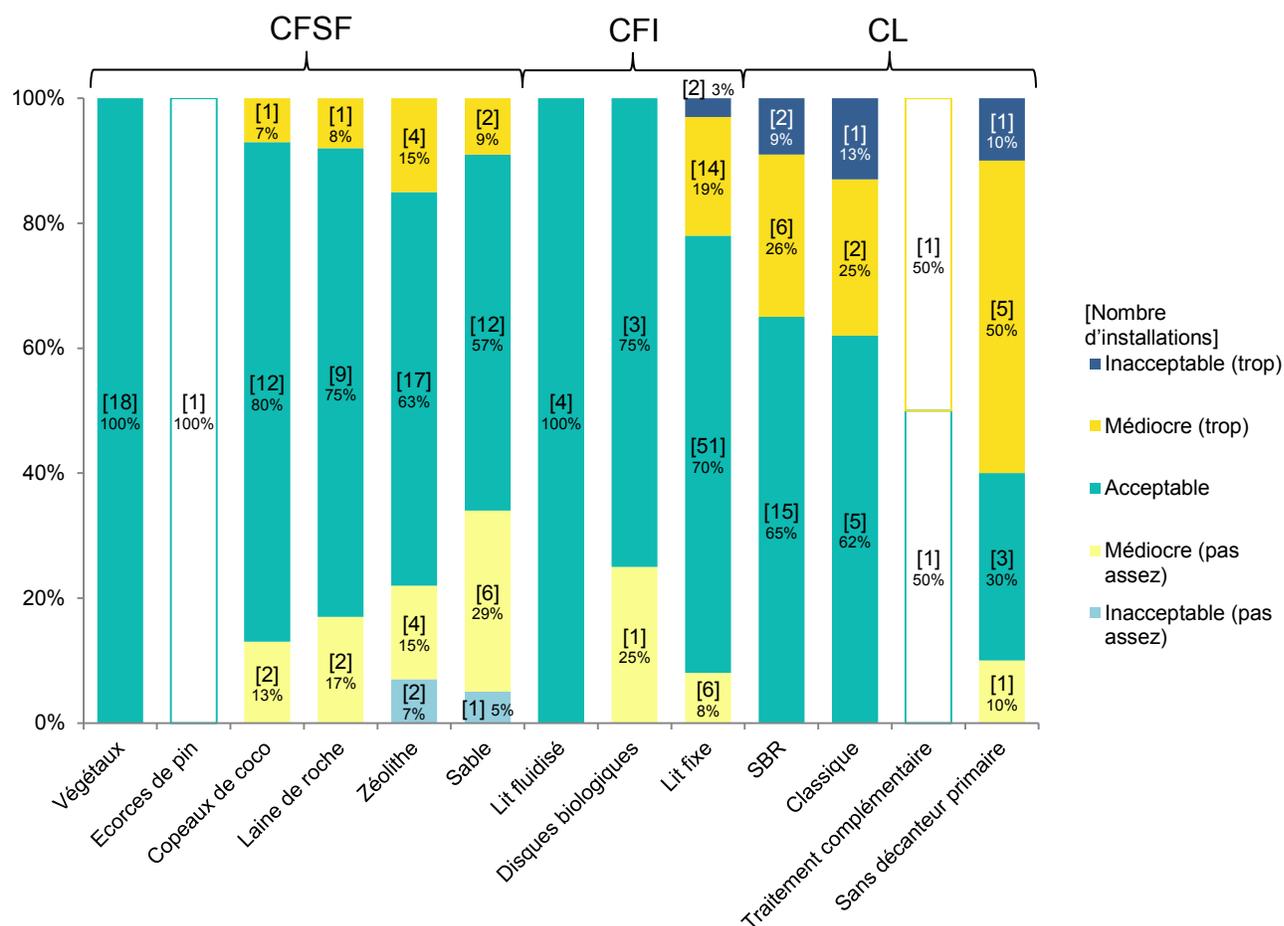


Figure 56 : Répartition des installations par filière selon leurs fréquences de vidange « acceptable », « médiocre » (trop ou pas assez) ou « inacceptable » (trop ou pas assez)

Dans des fréquences d'acceptabilité « médiocre » ou « inacceptable », la majorité des installations des filières de la famille des CFSF n'a pas été assez vidangée ; à l'inverse, les installations des filières de la famille des CFI et CL l'ont été trop souvent.

c. Analyse des opérations de vidange pour chacun des 32 dispositifs

L'analyse porte sur des installations dont l'effectif est variable selon les filières étudiées (de 1 à 20 installations par dispositifs)

Le Tableau 30 regroupe le contexte de l'analyse (effectif, âge en fin de suivi) et fournit les résultats obtenus par les règles précitées et ce, pour chaque dispositif.

Tableau 30 : Analyse des opérations de vidange par la logique floue pour les 33 dispositifs

Familles	Filières	Dispositifs	Nombre installations	Age en fin de suivi (années)		Taux de charge (%)		Nombre d'installations avec des opérations aux fréquences:		
				Gamme	Médiane	Gamme	Médiane	Acceptable	Médiocre	Inacceptable
CFSF	Sable	Aa1	20	[0,9 ; 8,8]	4,4	[26,4 ; 213]	58,7	11	8	1
		Aa2	1		2,6		70,4	1	0	0
		Aa3	1		1,0		37,4	1	0	0
	Végétaux	Ab1	18	[2,3 ; 5,2]	2,9	[20 ; 95,4]	45,5	18	0	0
	Zéolithe	Ac1	9	[0,8 ; 6,5]	3,8	[20 ; 88,2]	58,4	6	3	0
		Ac2	18	[1,2 ; 12,6]	3,6	[29,3 ; 88]	52,4	11	5	2
	Copeaux de coco	Ad1	7	[1,3 ; 3,7]	2,4	[17,4 ; 94]	57,8	6	1	0
		Ad2	8	[1,9 ; 4,8]	4,0	[30,7 ; 88]	67,0	6	2	0
	Laine de roche	Ae1	7	[0,8 ; 5,4]	3,4	[40 ; 73,5]	70,4	6	1	0
		Ae2	5	[1,4 ; 4,3]	2,8	[40 ; 93,5]	84,2	3	2	0
Ecorce de pin	Af1	1		1,2		37,2	1	0	0	
CFI	Lit fixe	Ba1	7	[2,1 ; 6,2]	5,0	[21,2 ; 110]	57,3	4	3	0
		Ba2	2	[2,8 ; 4]	3,4	[56,9 ; 59,3]	58,1	1	1	0
		Ba3	11	[1,8 ; 5,3]	3,0	[13 ; 118,5]	61,8	7	4	0
		Ba4	20	[0,1 ; 5]	3,3	[29,4 ; 92]	53,7	11	8	1
		Ba5	3	[2,0 ; 3,2]	3,2	[34,8 ; 58,7]	40,0	3	0	0
		Ba6	17	[0,8 ; 4,9]	3,0	[16,7 ; 89,2]	33,3	14	2	1
		Ba7	5	[0,8 ; 3,3]	1,9	[16,7 ; 88]	34,4	4	1	0
		Ba8	1		1,3		58,7	1	0	0
		Ba9	7	[1,8 ; 6,1]	3,4	[17,4 ; 83]	50,0	6	1	0
	Lit fluidisé	Bb1	4	[1,3 ; 2,5]	1,8	[33,3 ; 64]	36,9	4	0	0
Disques biologiques	Bc1	4	[2,7 ; 4,1]	2,9	[20 ; 104,4]	67,9	3	1	0	
CL	Sans décanteur I	Ca1	9	[0,8 ; 5,2]	4,0	[28,6 ; 70,4]	48,1	2	6	1
		Ca2	1		1,3		74,8	1	0	0
	BA classique	Cb1	6	[0,3 ; 5,3]	3,8	[50 ; 110,3]	76,9	4	2	0
		Cb2	1		3,7		40,0	1	0	0

		Cb3	1	1,6		60,0		0	0	1
	Trait. Compl.	Cc1	2	[0,5 ; 3,1]	1,8	[40 ; 54,8]	47,4	1	1	0
SBR		Cd1	6	[0,8 ; 3,0]	2,3	[14,5 ; 70,4]	35,6	5	1	0
		Cd2	10	[2,4 ; 5,3]	3,6	[22 ; 58,2]	46,5	5	4	1
		Cd3	5	[2,0 ; 3,8]	2,7	[33,3 ; 83,5]	50,0	4	0	1
		Cd4	1		1,9		31,0	1	0	0
		Cd5	1		1,8		89,7	0	1	0

L'ensemble des résultats obtenus pour les dispositifs ayant au moins 3 installations est visualisé sous forme d'histogramme en Figures 57 à 59.

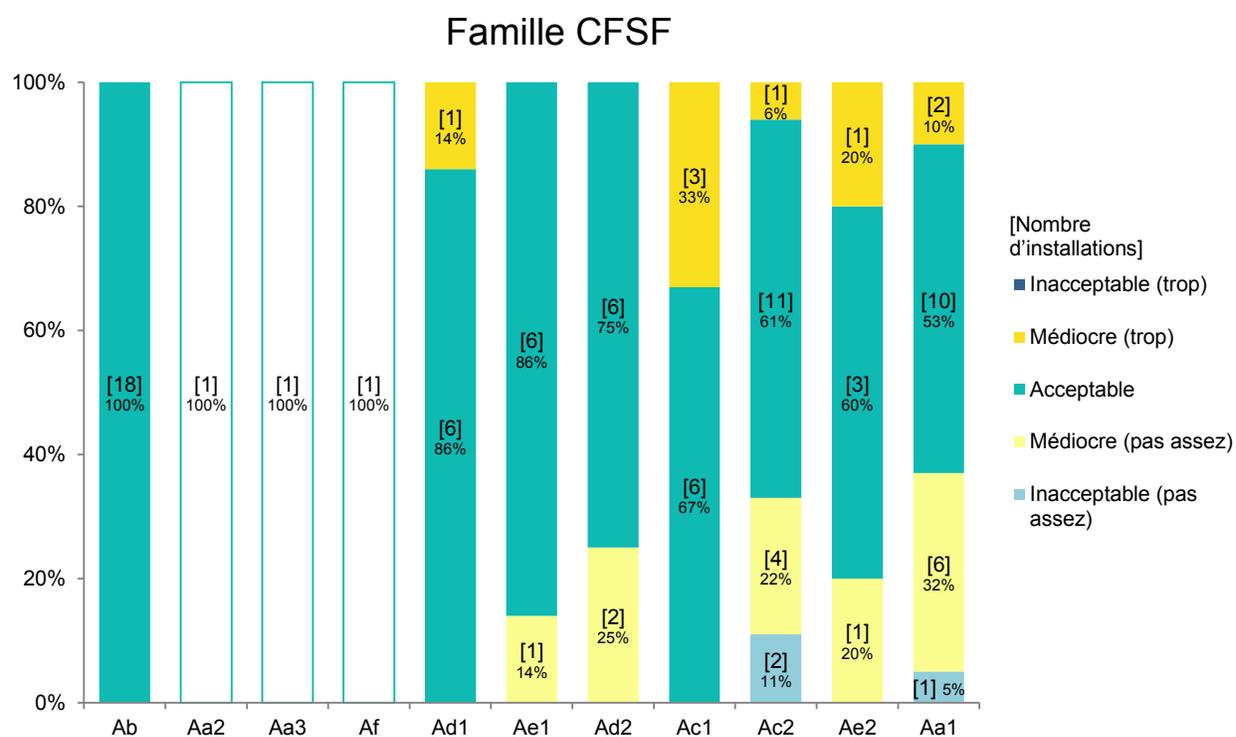


Figure 57 : Répartition des installations des CFSF par dispositif selon leurs fréquences de vidange « acceptable », « médiocre » (trop ou pas assez) ou « inacceptable » (trop ou pas assez)

Famille CFI

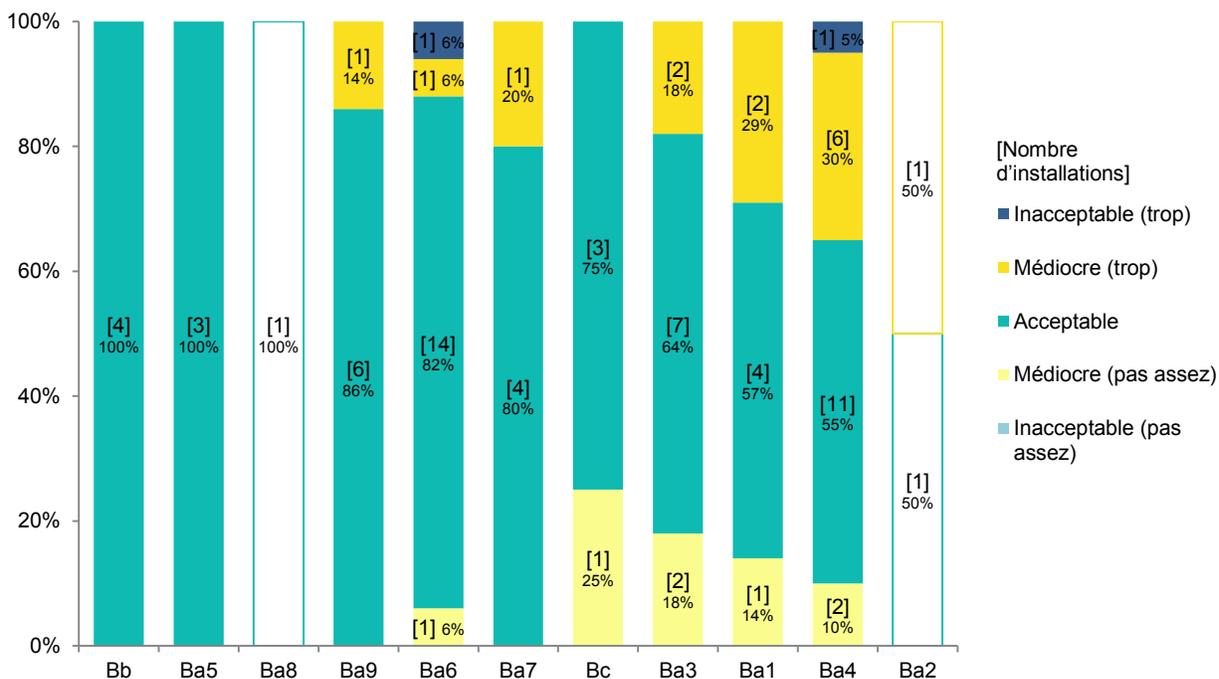


Figure 58 : Répartition des installations des CFI par dispositif selon leurs fréquences de vidange « acceptable », « médiocre » (trop ou pas assez) ou « inacceptable » (trop ou pas assez)

Famille CL

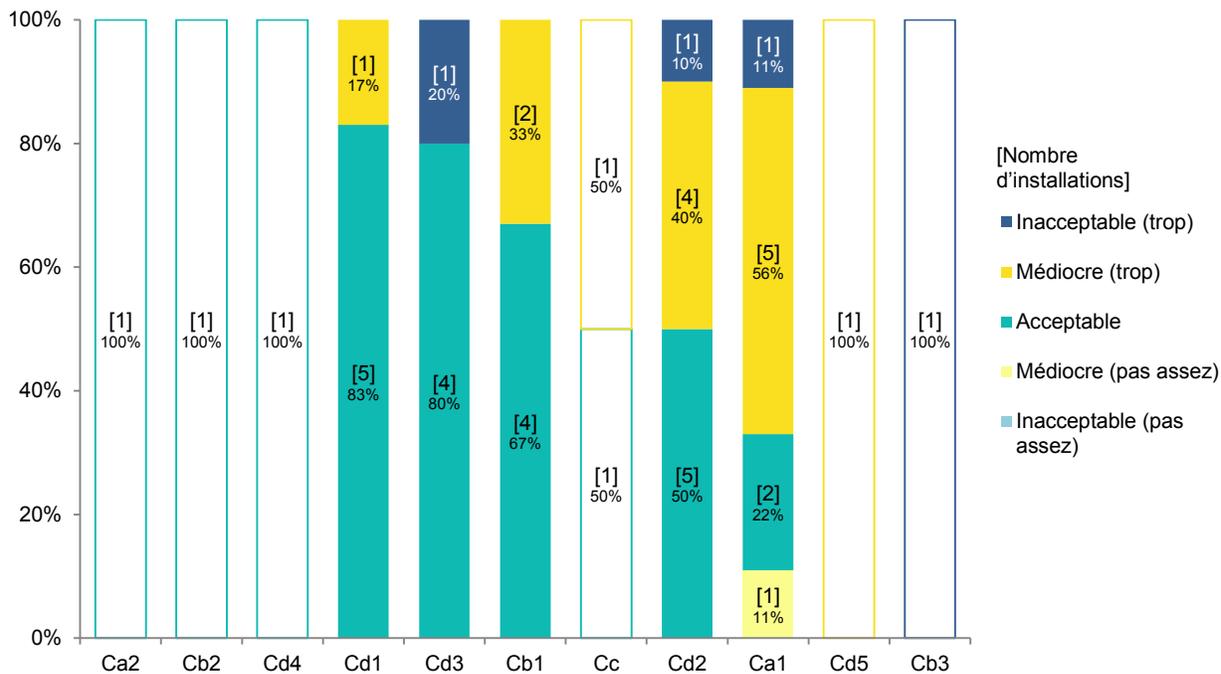


Figure 59 : Répartition des installations des CL par dispositif selon leurs fréquences de vidange « acceptable », « médiocre » (trop ou pas assez) ou « inacceptable » (trop ou pas assez)

Irstea

1, rue Pierre Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony

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.onema.fr